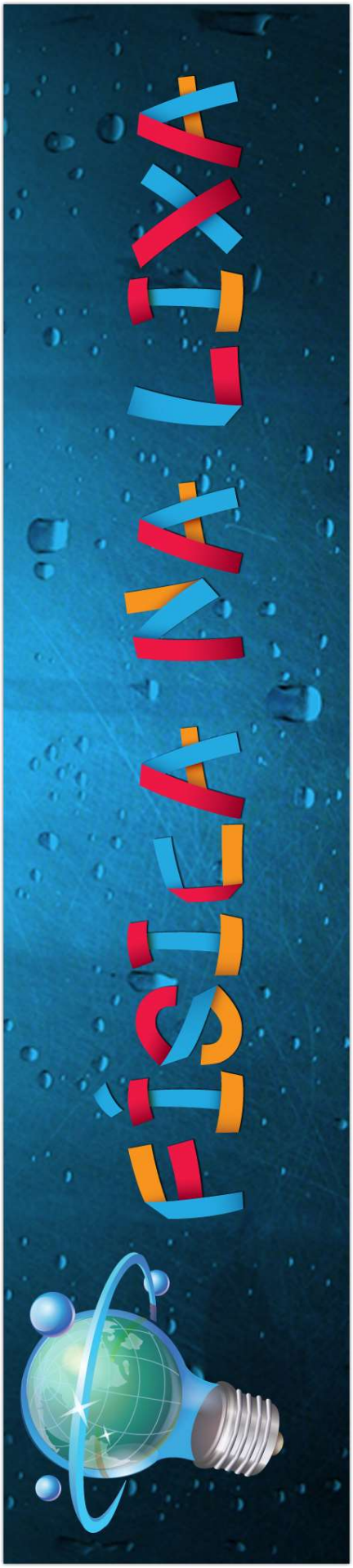



# Física e Química A

## EXAMES NACIONAIS
## &
## TESTES INTERMÉDIOS
## &
## ÉPOCA ESPECIAL

# Versão de 2023

**setembro de 2023**

**Física na Lixa**
fisicanalixa.blogspot.pt/

**Física & Arduino**
sites.google.com/aelixa.pt/fisicaearduino

**Física & Tracker**
sites.google.com/aelixa.pt/fisicaetracker

**Física & Modellus**
sites.google.com/aelixa.pt/fisicaemodellus

**1.** Leia atentamente as informações seguintes.

Mais de 70% da superfície da Terra está coberta por água, e 97% dessa água encontra-se nos oceanos.
A água dos oceanos é uma solução aquosa extremamente complexa (Tabelas 1 e 2). Há cerca de $1{,}5 \times 10^{21}$ L de água salgada nos oceanos, dos quais 3,5% (em massa), em média, é matéria dissolvida.

**Tabela 1**

| Composição média da água dos oceanos | |
|---|---|
| **Ião** | **Concentração mássica / g dm$^{-3}$** |
| $C\ell^-$ | 19,22 |
| $Br^-$ | 0,07 |
| $HCO_3^-$ | 0,14 |
| $SO_4^{2-}$ | 2,51 |
| $Na^+$ | 10,70 |
| $K^+$ | 0,39 |
| $Mg^{2+}$ | 1,29 |
| $Ca^{2+}$ | 0,40 |

**Tabela 2**

**Compostos mais abundantes na água dos oceanos**

Cloreto de sódio
Cloreto de magnésio
Sulfato de magnésio
Sulfato de cálcio
Cloreto de potássio
Carbonato de cálcio
Brometo de potássio



**concentração crescente**

Define-se a salinidade de uma água do mar como a massa, em gramas, de sais dissolvidos num quilograma dessa água e expressa-se em partes por mil (‰). Embora a salinidade da água de um oceano varie consideravelmente de lugar para lugar, as proporções relativas dos elementos permanecem constantes.
Há séculos que se estudam processos de dessalinização da água salgada, para obtenção de água potável.
O método mais antigo de dessalinização é a destilação. A dessalinização por congelação, que tem estado a ser desenvolvida há vários anos, baseia-se no facto de que, quando uma solução aquosa congela, o sólido que se separa da solução é praticamente água pura. A dessalinização por osmose inversa é, actualmente, muito utilizada e é economicamente o processo mais viável.

**1.1.** Com base na informação apresentada, seleccione a alternativa **CORRECTA**.

**(A)** A massa de sódio que se encontra na água dos oceanos é cerca de cinco vezes maior do que a massa de magnésio.

**(B)** A água existente nos rios representa 3% da água existente na Terra.

**(C)** A massa de cloreto de sódio dissolvida nos oceanos é calculada por $\frac{3{,}5 \times 1{,}5 \times 10^{21}}{100}$ g.

**(D)** A salinidade média da água dos oceanos é 35 partes por mil.

**1.2.** Com base na informação apresentada, seleccione a alternativa **INCORRECTA**.

**(A)** O composto de fórmula química $MgC\ell_2$ está dissolvido na água do oceano.

**(B)** A dessalinização da água salgada por destilação e a dessalinização por congelação envolvem mudanças de fase.

**(C)** A dessalinização da água salgada por destilação é, dos três processos referidos, o mais económico.

**(D)** A salinidade diminui em zonas oceânicas que recebem grandes descargas de água de rios.

**1.3.** O esquema da figura 1 representa um processo simples de dessalinização da água salgada.

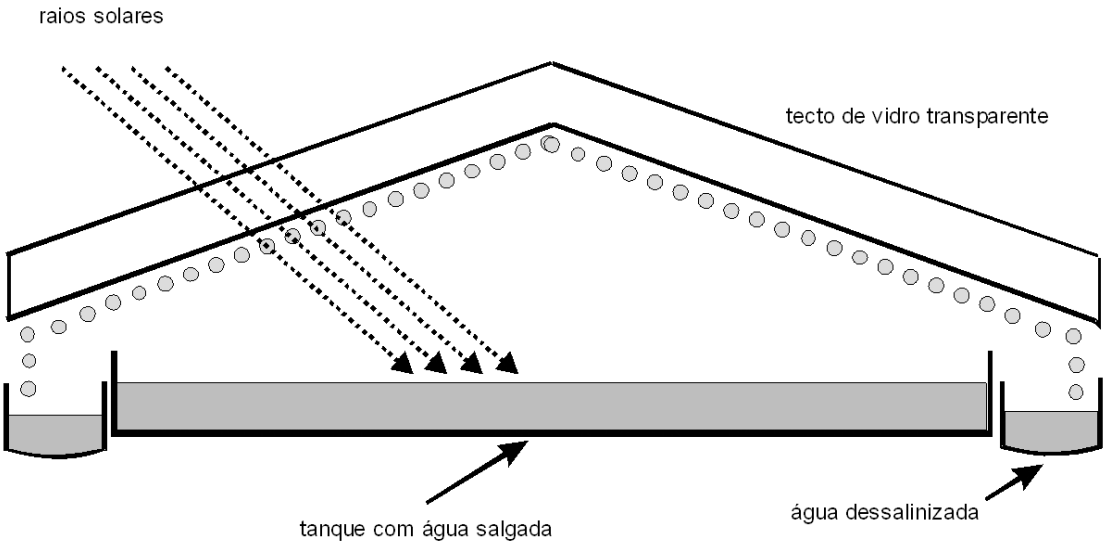



Fig. 1

**1.3.1.** Descreva num texto, com base no esquema da figura 1, como se obtém água dessalinizada através deste processo.

**1.3.2.** Apresente duas desvantagens da aplicação deste processo em grande escala.

**1.4.** Recolheu-se uma amostra de 5,0 $dm^3$ de água do oceano.

Calcule, com base nas informações apresentadas nas tabelas 1 e 2 e na Tabela Periódica, a massa de cloreto de sódio obtida por evaporação completa da água da amostra referida.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.5.** Para além de sais, também o $CO_2$ atmosférico se dissolve na água do oceano, dissolução essa que se pode traduzir pelo equilíbrio $CO_2(g) \rightleftarrows CO_2(aq)$.

Seleccione a alternativa que permite completar correctamente a frase seguinte.

A solubilidade do $CO_2$ na água é aumentada devido à ocorrência da reacção reversível traduzida pela equação…

**(A)** ... $CO_2(aq) + H_2O(\ell) \rightleftarrows 2\ HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$.

**(B)** ... $CO_2(aq) + 2\ H_2O(\ell) \rightleftarrows HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$.

**(C)** ... $CO_2(aq) + H_2O(\ell) \rightleftarrows HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$.

**(D)** ... $CO_2(aq) + 2\ H_2O(\ell) \rightleftarrows HCO_3^+(aq) + H_3O^+(aq)$.

**1.6.** O magnésio, Mg, e o bromo, Br, são extraídos comercialmente, em grande escala, da água do oceano.

Classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das afirmações seguintes. Consulte a Tabela Periódica.

**(A)** Os átomos de bromo e de flúor têm o mesmo número de electrões de valência.

**(B)** A configuração electrónica $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1\ 3p^1$ pode corresponder a um átomo de magnésio.

**(C)** O raio atómico do elemento bromo é superior ao raio iónico do anião brometo.

**(D)** A energia de primeira ionização do átomo de magnésio é inferior à energia de primeira ionização do átomo de cloro.

**(E)** Os electrões do átomo de magnésio, no estado de energia mínima, estão distribuídos por seis orbitais.

**(F)** Três electrões do átomo de bromo ocupam uma orbital cujos números quânticos, $n$, $\ell$ e $m_\ell$, têm, respectivamente, os valores 1, 0 e 0.

**(G)** Os electrões do átomo de bromo, no estado de energia mínima, estão distribuídos por orbitais de número quântico principal 1, 2, 3, 4 e 5.

**(H)** O magnésio e o bromo são elementos que pertencem, respectivamente, às famílias dos metais alcalino-terrosos e dos halogéneos.

**2.** Um método utilizado, no início do século XX, para sinalizar a presença de barcos-farol quando havia nevoeiro, consistia no seguinte: o barco-farol (A) emitia um sinal sonoro por uma sirene situada num ponto elevado do barco e, simultaneamente, outro sinal sonoro por um emissor (um gongo) situado debaixo de água. Ambos os sinais podiam ser detectados por outros barcos. Os tripulantes de um barco (B) que se encontrasse na vizinhança obtinham a distância ao barco-farol cronometrando o intervalo de tempo entre a chegada dos dois sinais sonoros (figura 2).

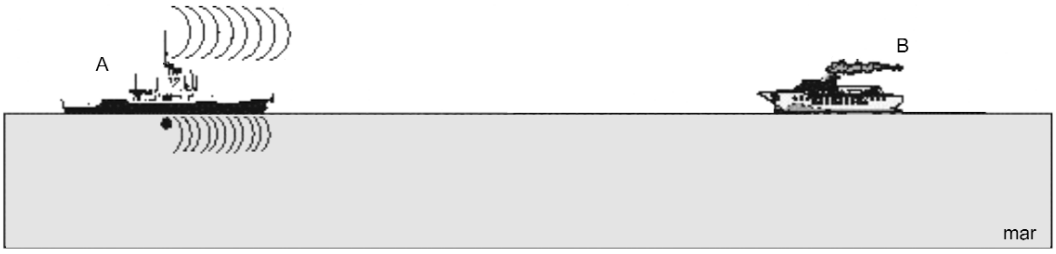



Fig. 2

**2.1.** Suponha que a temperatura do ar é de 20 ºC e que a temperatura da água do mar é de 25 ºC.

Calcule, utilizando dados da tabela 3 que considere apropriados, a distância entre os dois barcos se os dois sinais sonoros forem detectados pelo barco (B) com uma diferença de 9 s.

Despreze os efeitos dos ventos e das correntes marítimas na propagação do som.
Apresente todas as etapas de resolução.

**Tabela 3**

| Gases | |
|---|---|
| **Material** | **Velocidade do som / m $s^{-1}$** |
| Hidrogénio (0 °C) | 1286 |
| Hélio (0 °C) | 972 |
| Ar (20 °C) | 343 |
| Ar (0 °C) | 331 |
| Líquidos a 25 ºC | |
| **Material** | **Velocidade do som / m $s^{-1}$** |
| Glicerina | 1904 |
| Água do mar | 1533 |
| Água | 1493 |
| Mercúrio | 1450 |

**2.2.** Ondas sonoras utilizadas para detecção de objectos submersos (ondas de sonar) têm comprimento de onda da ordem de 30 cm. Ondas electromagnéticas com o mesmo comprimento de onda são utilizadas no radar.

Indique duas diferenças nas características destes dois tipos de onda.

**2.3.** Uma partícula de um meio em que se propaga uma onda efectua um movimento oscilatório harmónico simples. A equação que exprime a posição, $x$, da partícula que efectua este movimento, em função do tempo, $t$, é $x = 2{,}0 \times 10^{-2} \sin 24\pi t$ (SI).

Seleccione a alternativa **CORRECTA**.

**(A)** A amplitude do movimento é de 24 m.

**(B)** A frequência angular do movimento é de 24 $\pi$ rad $s^{-1}$.

**(C)** O período do movimento é de $2{,}0 \times 10^{-2}$ s.

**(D)** A frequência angular do movimento é de 24 $s^{-1}$.

**3.** O amoníaco é uma substância gasosa, à temperatura ambiente, de grande utilidade para a sociedade em geral.
Assim, para fornecer as indústrias e as actividades que dependem do amoníaco como matéria-prima, é necessário ter um processo industrial rendível para a sua produção, como é o caso do processo Haber-Bosch, que utiliza o azoto e o hidrogénio gasosos como reagentes, de acordo com o seguinte equilíbrio:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftarrows 2\,NH_3(g)$$

A figura 3 traduz a percentagem molar de amoníaco, em equilíbrio, na mistura gasosa obtida a partir de $N_2$ e $H_2$ para temperaturas no intervalo 400-600 ºC e a diferentes pressões.

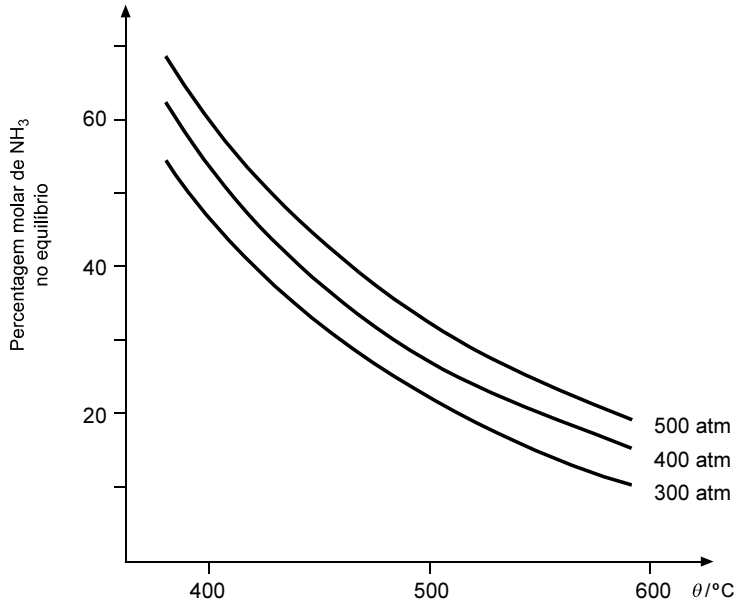



Fig. 3

**3.1.** De acordo com a informação apresentada, seleccione a alternativa **CORRECTA**.

**(A)** Para uma mesma temperatura, quando a mistura reaccional é comprimida, a percentagem molar de amoníaco obtida é menor.

**(B)** A síntese do amoníaco pelo método de Haber-Bosch é um processo endotérmico.

**(C)** Se ocorrer uma diminuição de temperatura, no sistema a pressão constante, a percentagem molar de amoníaco obtida é maior.

**(D)** Se ocorrer um aumento de pressão, no sistema a temperatura constante, o equilíbrio evolui no sentido inverso.

**3.2.** Num recipiente fechado de capacidade 2,00 L, a uma temperatura $T_A$, foram colocados 1,00 mol de $N_2(g)$ e 3,00 mol de $H_2(g)$. Sabe-se que, ao atingir o equilíbrio, existem 0,080 mol de $NH_3$, 0,96 mol de $N_2(g)$ e 2,88 mol de $H_2(g)$.

Calcule a constante de equilíbrio, $K_c$, à temperatura $T_A$.
Apresente todas as etapas de resolução, incluindo a expressão da constante de equilíbrio, $K_c$.

**3.3.** Um balão contém 4,48 $dm^3$ de amoníaco, $NH_3(g)$, em condições normais de pressão e temperatura (PTN).

Seleccione a alternativa que permite calcular o número de moléculas de amoníaco que existem no balão.

**(A)** $N = \frac{4,48}{22,4 \times 6,02 \times 10^{23}}$ moléculas

**(B)** $N = \frac{4,48}{22,4} \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas

**(C)** $N = 4,48 \times 22,4 \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas

**(D)** $N = \frac{22,4}{4,48} \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas

**3.4.** Suponha que trabalha como engenheiro(a) químico(a) numa unidade industrial de produção de amoníaco.

Explique, num texto, de acordo com a informação apresentada, como poderia optimizar a produção de amoníaco pelo processo de Haber-Bosch, tendo em conta a influência da temperatura e da pressão, bem como a utilização de um catalisador.

**3.5.** A configuração electrónica de um átomo de azoto, no estado de menor energia, pode ser representada por [He] $2s^2$ $2p^3$.
Seleccione a alternativa que completa correctamente a frase:

A geometria de uma molécula de amoníaco é...

**(A)** ... piramidal triangular, e o átomo central possui apenas três pares de electrões.

**(B)** ... piramidal triangular, e o átomo central possui três pares de electrões ligantes e um não ligante.

**(C)** ... triangular plana, e o átomo central possui apenas três pares de electrões.

**(D)** ... triangular plana, e o átomo central possui três pares de electrões ligantes e um não ligante.

**4.** Propôs-se a um grupo de alunos de uma Escola que criticassem e apresentassem sugestões sobre um projecto de uma pequena pista de treino para um desporto em que vários atletas se deslocam num trenó, ao longo de uma pista de gelo, procurando percorrê-la no mais curto intervalo de tempo possível.

A pista é constituída por três percursos rectilíneos, com diferentes comprimentos e declives, e por um percurso circular, como mostra a figura 4. Suponha que a trajectória do trenó no percurso circular é horizontal, existindo uma parede vertical de gelo que o mantém nessa trajectória. Na figura 4, o percurso circular BCD é apresentado em perspectiva.

O trenó deverá atingir o ponto F com velocidade nula e em segurança. Consideram-se desprezáveis todos os atritos no percurso ABCDE, bem como a resistência do ar na totalidade do percurso.

A massa total, *m*, do sistema *trenó* + *atletas* é de 300 kg, e o trenó parte do repouso no ponto A.

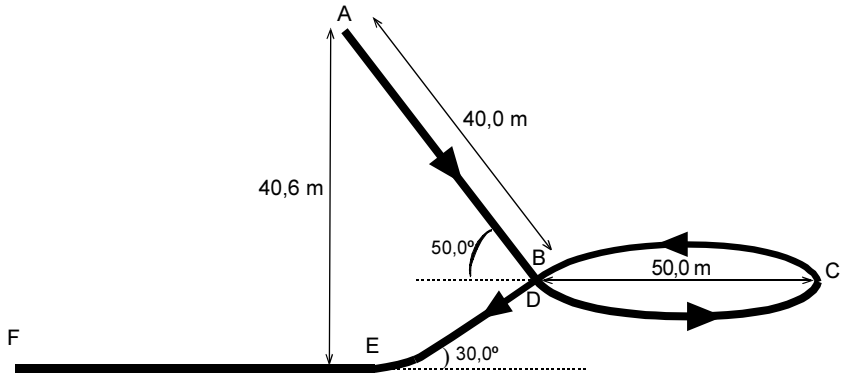



Fig. 4

**4.1.** Nas condições apresentadas, qual é a variação da energia potencial gravítica do sistema constituído pela Terra e *trenó* + *atletas*, no percurso entre os pontos A e E?

Seleccione a alternativa **CORRECTA**.

**(A)** $-9{,}19 \times 10^4$ J

**(B)** $+9{,}19 \times 10^4$ J

**(C)** $-1{,}22 \times 10^5$ J

**(D)** $+1{,}22 \times 10^5$ J

**4.2.** Por questões de segurança, o módulo da aceleração do trenó não deverá ultrapassar no percurso AB o valor $0{,}80\,g$, sendo $g$ o módulo da aceleração gravítica à superfície da Terra. No seu relatório, os alunos concluíram que, efectivamente, esta exigência foi cumprida.

Verifique esta conclusão, partindo de um argumento energético. Apresente todas as etapas de resolução.

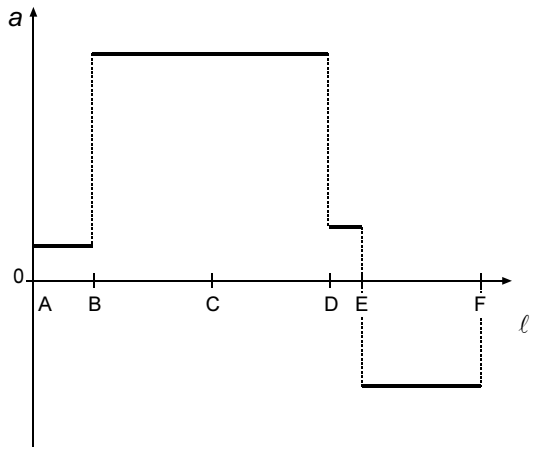
**4.3.** O módulo da velocidade, *v*, do trenó no ponto C é de 24,8 m $s^{-1}$.

O módulo da força centrípeta que actua no sistema no ponto C é $F_c = m\frac{v^2}{r}$, sendo *r* o raio da trajectória circular.

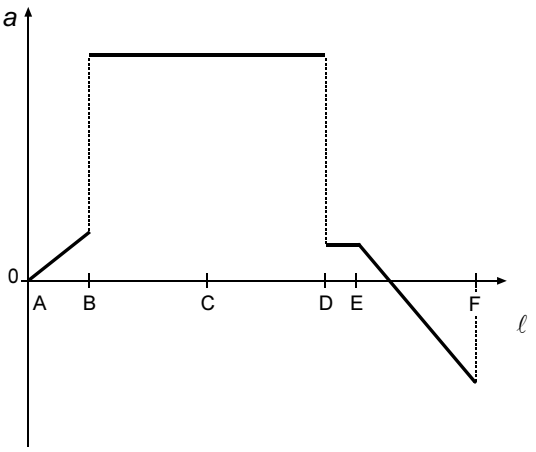
Calcule a aceleração do sistema *trenó* + *atletas* no ponto C, indicando o módulo, a direcção e o sentido. Apresente todas as etapas de resolução.

**4.4.** Qual dos seguintes gráficos melhor representa o valor da aceleração do sistema *trenó* + *atletas*, em função da posição, $\ell$, ao longo do percurso AF?

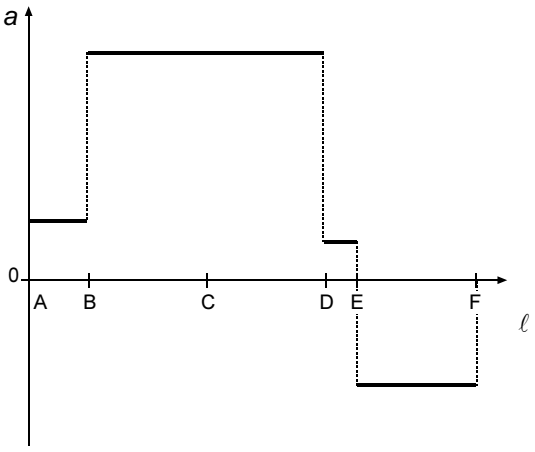
**(A)**



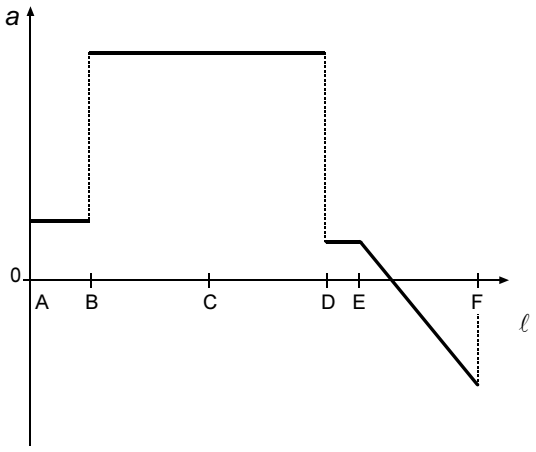

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**4.5.** Para que o trenó atinja o final da pista com velocidade nula, é necessária uma força de atrito constante muito intensa no percurso EF.

Qual é a modificação que se pode efectuar nesse percurso, EF, para que o trenó atinja a extremidade da pista com velocidade nula, mas sujeito a uma força de atrito de menor intensidade?

**4.6.** Ao escreverem o relatório, alguns alunos discutiram se o módulo da velocidade do trenó se manteria, ou não, constante no percurso horizontal circular BCD, tendo em conta que nesse percurso há forças a actuar no trenó.

Escreva um texto em que justifique a conclusão que terá prevalecido no relatório.

**FIM**

**1.** Leia atentamente o texto seguinte:

Há 10 ou 20 mil milhões de anos sucedeu o Big Bang, o acontecimento que deu origem ao nosso Universo. Toda a matéria e toda a energia que actualmente se encontram no Universo estavam concentradas, com densidade extremamente elevada (superior a $5 \times 10^{16}$ kg $m^{-3}$) – uma espécie de ovo cósmico, reminiscente dos mitos da criação de muitas culturas – talvez num ponto matemático, sem quaisquer dimensões. Nessa titânica explosão cósmica o Universo iniciou uma expansão que nunca mais cessou. À medida que o espaço se estendia, a matéria e a energia do Universo expandiam-se com ele e arrefeciam rapidamente. A radiação da bola de fogo cósmica que, então como agora, enchia o Universo, varria o espectro electromagnético, desde os raios gama e os raios X à luz ultravioleta e, passando pelo arco-íris das cores do espectro visível, até às regiões de infravermelhos e das ondas de rádio.

O Universo estava cheio de radiação e de matéria, constituída inicialmente por hidrogénio e hélio, formados a partir das partículas elementares da densa bola de fogo primitiva. Dentro das galáxias nascentes havia nuvens muito mais pequenas, que simultaneamente sofriam o colapso gravitacional; as temperaturas interiores tornavam-se muito elevadas, iniciavam-se reacções termonucleares e apareceram as primeiras estrelas. As jovens estrelas quentes e maciças evoluíram rapidamente, gastando descuidadamente o seu capital de hidrogénio combustível, terminando em breve as suas vidas em brilhantes explosões – supernovas – devolvendo as cinzas termonucleares – hélio, carbono, oxigénio e elementos mais pesados – ao gás interestelar, para subsequentes gerações de estrelas.

O afastamento das galáxias é uma prova da ocorrência do Big Bang, mas não é a única. Uma prova independente deriva da radiação de microondas de fundo, detectada com absoluta uniformidade em todas as direcções do cosmos, com a intensidade que actualmente seria de esperar para a radiação, agora substancialmente arrefecida, do Big Bang.

*In* Carl Sagan, *Cosmos*, Gradiva, Lisboa, 2001 (adaptado)

**1.1.** De acordo com o texto, seleccione a alternativa **CORRECTA**.

**(A)** A densidade do Universo tem vindo a aumentar.

**(B)** Os primeiros elementos que se formaram foram o hidrogénio e o hélio.

**(C)** O Universo foi muito mais frio no passado.

**(D)** O volume do Universo tem vindo a diminuir.

**1.2.** De acordo com o texto, seleccione, entre as alternativas apresentadas, a que corresponde a duas provas da existência do Big Bang.

**(A)** A existência de buracos negros e a expansão do Universo.

**(B)** A aglomeração das galáxias em enxames de galáxias e a diversidade de elementos químicos no Universo.

**(C)** O desvio para o vermelho da radiação das galáxias e a libertação de radiação gama aquando da formação do deutério.

**(D)** A expansão do Universo e a detecção de radiação cósmica de microondas.

**1.3.** Seleccione a alternativa que permite substituir correctamente a letra A, de forma que a seguinte equação traduza a fusão de um núcleo de deutério com um protão, com libertação de radiação gama.

$$ {}_{1}^{2}H^{+} + {}_{1}^{1}H^{+} \longrightarrow A + \gamma $$

**(A)** ${}_{2}^{4}He^{2+}$

**(B)** ${}_{2}^{3}He^{+}$

**(C)** ${}_{2}^{3}He^{2+}$

**(D)** ${}_{2}^{4}He^{+}$

**1.4.** As estrelas são muitas vezes classificadas pela sua cor. O gráfico da figura 1 representa a intensidade da radiação emitida por uma estrela, a determinada temperatura, em função do comprimento de onda da radiação emitida.

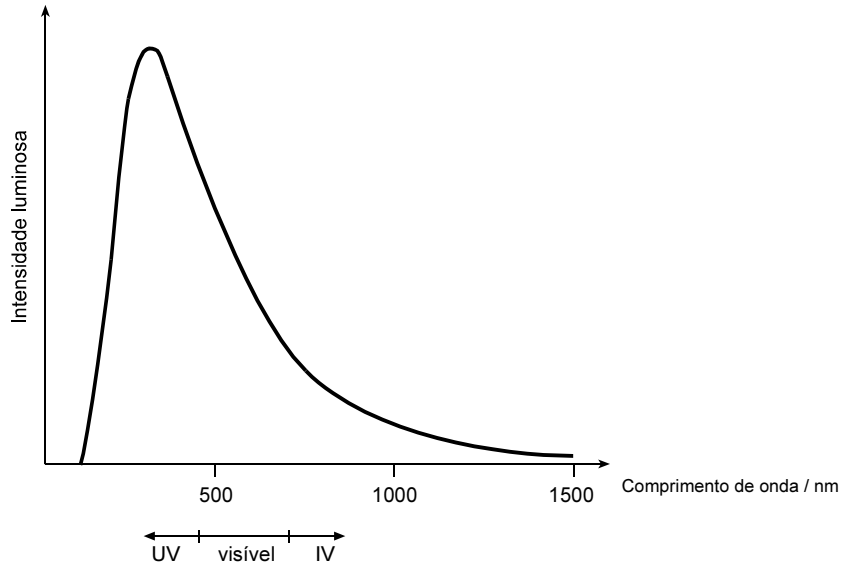



Fig. 1

**1.4.1.** Indique a cor da radiação visível emitida com maior intensidade pela estrela.

**1.4.2.** Seleccione a alternativa que permite calcular, no Sistema Internacional, a temperatura da estrela, para a qual é máxima a potência irradiada, sabendo que essa temperatura corresponde a um comprimento de onda de 290 nm e que $\lambda T = 2{,}898 \times 10^{-3}$ m K.

**(A)** $T = \dfrac{2{,}898 \times 10^{-3}}{290}$ K

**(B)** $T = \dfrac{2{,}898 \times 10^{-3}}{290 \times 10^{-9}} - 273{,}15$ ºC

**(C)** $T = \dfrac{2{,}898 \times 10^{-3}}{2{,}90 \times 10^{-7}}$ K

**(D)** $T = \dfrac{2{,}90 \times 10^{-7}}{2{,}898 \times 10^{-3}} - 273{,}15$ ºC

**1.4.3.** A radiação emitida por uma estrela também nos pode dar informação sobre a sua composição química.

Escreva um texto onde explique por que razão se pode concluir, por comparação do espectro solar com os espectros de emissão do hidrogénio e do hélio, que estes elementos estão presentes na atmosfera solar.

**1.5.** O efeito fotoeléctrico consiste na remoção de electrões de um metal quando sobre ele incide uma radiação adequada.

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

**(A)** Para cada metal, o efeito fotoeléctrico ocorre, seja qual for a radiação incidente, desde que se aumente suficientemente a intensidade desta radiação.

**(B)** Se uma radiação vermelha é capaz de remover electrões de um determinado metal, o mesmo acontecerá com uma radiação azul.

**(C)** A energia cinética dos electrões emitidos por uma chapa metálica na qual incide radiação depende não só da natureza do metal, mas também da radiação incidente.

**(D)** Existindo efeito fotoeléctrico, dois feixes de radiação, um ultravioleta e o outro visível, com a mesma intensidade, ao incidirem sobre um determinado metal, ambos produzem a ejecção de electrões com a mesma velocidade.

**(E)** Existindo efeito fotoeléctrico, os electrões mais fortemente atraídos pelos núcleos dos átomos do metal em que incide uma radiação são ejectados com menor velocidade.

**(F)** O número de electrões emitidos por uma chapa metálica na qual incide uma radiação depende da frequência dessa mesma radiação.

**(G)** O número de electrões emitidos por uma chapa metálica na qual incide uma radiação depende da intensidade dessa mesma radiação.

**(H)** Se um dado metal possui energia de remoção $A$, ao fazer incidir sobre ele uma radiação de energia $3A$, serão ejectados electrões com energia cinética $A$.

**1.6.** Os painéis fotovoltaicos são utilizados para produzir energia eléctrica a partir da energia solar. Suponha que a energia solar total incidente no solo durante um ano, na localidade onde vive, é $1{,}10 \times 10^{10}$ J m$^{-2}$.

Calcule a área de painéis fotovoltaicos necessária para um gasto diário médio de electricidade de 21,0 kW h, se instalar na sua casa painéis com um rendimento de 25%.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** No Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, definem-se critérios e normas da qualidade da água, com a finalidade de a proteger, preservar e melhorar, em função das suas principais utilizações.

**2.1.** A desinfecção da água das piscinas é um dos procedimentos essenciais para que a qualidade da água esteja de acordo com os padrões aceitáveis estabelecidos pela lei.
Existem vários sistemas de desinfecção da água. Um deles recorre ao cloro em estado gasoso. Quando presente na água, o cloro gasoso reage de acordo com as seguintes equações químicas:

$$C\ell_2(g) + 2\,H_2O(\ell) \rightleftarrows H_3O^+(aq) + C\ell^-(aq) + HC\ell O(aq) \quad (1)$$

$$HC\ell O(aq) + H_2O(\ell) \rightleftarrows H_3O^+(aq) + C\ell O^-(aq) \quad (2)$$

A experiência demonstra que, de entre as espécies químicas que contêm cloro, o $HC\ell O$ é o composto mais eficaz no processo de desinfecção. O valor do $pH$ é um dos parâmetros a controlar para assegurar a eficácia do processo de desinfecção de uma água.
O gráfico da figura 2 relaciona a percentagem relativa de $HC\ell O$ e de $C\ell O^-$ com o $pH$ da água de uma piscina, à temperatura de 20 ºC.

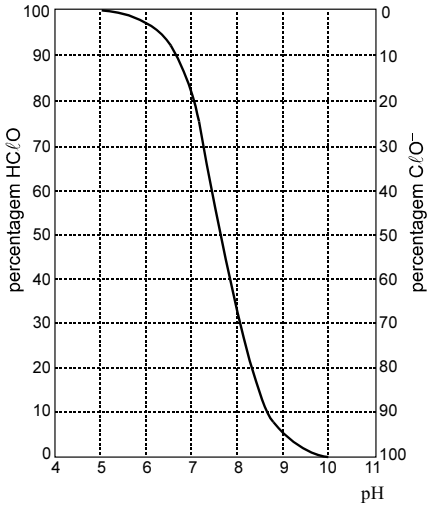



Fig. 2

**2.1.1.** Escreva um texto em que explique, com base na informação apresentada, o que se pode concluir sobre a eficácia do processo de desinfecção da água de uma piscina que apresenta um valor de $pH$ igual a 9.

**2.1.2.** Um dos sistemas de desinfecção da água das piscinas baseia-se na electrólise de uma solução aquosa concentrada de cloreto de sódio ($NaC\ell$), para obtenção do $C\ell_2(g)$. Neste processo a reacção global traduz-se pela equação química:

$$2\,H_2O(\ell) + 2\,C\ell^-(aq) \longrightarrow H_2(g) + C\ell_2(g) + 2\,OH^-(aq)$$

Com base na informação apresentada, seleccione a alternativa **INCORRECTA**.

**(A)** O número de oxidação do cloro na molécula $C\ell_2$ é 0 (zero).

**(B)** Nesta reacção, os iões $C\ell^-$ oxidam-se e, simultaneamente, as moléculas de $H_2O$ reduzem-se.

**(C)** Para esta reacção, os pares conjugados de oxidação-redução são: $H_2O / H_2$ e $C\ell_2 / C\ell^-$.

**(D)** A reacção de oxidação pode traduzir-se pela equação:
$2\,C\ell^-(aq) + 2\,e^- \longrightarrow C\ell_2(g)$.

**2.2.** No tratamento de certas águas destinadas ao consumo humano, é necessário adicionar-lhes sulfato de alumínio. O excesso de alumínio é precipitado sob a forma de hidróxido ($A\ell(OH)_3$). O Valor Máximo Recomendável (valor paramétrico) do ião alumínio de uma água para consumo humano é $1{,}85 \times 10^{-6}$ mol $L^{-1}$.

**2.2.1.** Seleccione a alternativa que permite calcular, em mg $mL^{-1}$, o Valor Máximo Recomendável do ião alumínio de uma água para consumo humano.
Consulte a Tabela Periódica.

**(A)** $\dfrac{1{,}85 \times 10^{-6} \times 26{,}98 \times 10^{3}}{10^{3}}$ mg $mL^{-1}$

**(B)** $\dfrac{1{,}85 \times 10^{-6} \times 10^{3}}{26{,}98 \times 10^{3}}$ mg $mL^{-1}$

**(C)** $\dfrac{1{,}85 \times 10^{-6} \times 10^{3} \times 10^{3}}{26{,}98}$ mg $mL^{-1}$

**(D)** $1{,}85 \times 10^{-6} \times 26{,}98 \times 10^{3} \times 10^{3}$ mg $mL^{-1}$

**2.2.2.** Uma amostra de 1,0 L de uma água sujeita ao tratamento referido contém $3{,}16 \times 10^{-6}$ mol de iões $H_3O^+$, à temperatura de 25 ºC.

Verifique, com base na informação apresentada, que esta água é adequada ao consumo humano.

Apresente todas as etapas de resolução.

**$K_s(A\ell(OH)_3) = 1{,}80 \times 10^{-33}$ (a 25 ºC)**

**3.** Num laboratório de uma escola, três grupos de alunos (A, B e C) realizaram titulações ácido-base das soluções ácidas: $HNO_3(aq)$ e $HC\ell(aq)$. Os grupos usaram o mesmo titulante, de concentração *c*, uma solução aquosa de NaOH, tendo registado os seguintes resultados:

| **Grupos** | **pH do titulado no início da titulação** | **Volume de titulante gasto no ponto de equivalência / ±0,05 cm$^3$** |
|---|---|---|
| A | 3 | 4,00 |
| B | 3 | 8,00 |
| C | 2 | 8,00 |

**3.1.** De acordo com a informação apresentada, seleccione a alternativa **CORRECTA**.

**(A)** Os grupos A e C podem ter titulado soluções de concentrações iguais.

**(B)** Os grupos A e B podem ter titulado soluções de concentrações diferentes.

**(C)** Os grupos B e C titularam volumes iguais de soluções ácidas.

**(D)** O grupo B titulou o dobro do volume de solução ácida titulado pelo grupo A.

**$K_a(HC\ell)$ muito elevado**

**$K_a(HNO_3)$ muito elevado**

**3.2.** No laboratório dessa escola, existe uma lista de reagentes, material e equipamento disponíveis, a partir da qual outro grupo de alunos escolheu o que necessitou para realizar a titulação de uma solução aquosa de ácido clorídrico, $HC\ell$.

**Lista de reagentes, material e equipamento:**

| | |
|---|---|
| Indicador ácido-base (azul de bromofenol – Zona de viragem: 2,8 – 4,6) | Pipeta graduada de 50,00 mL |
| Solução-padrão de NaOH 0,100 mol dm$^{-3}$ | Condensador de Liebig |
| Espátula | Agitador magnético |
| Bureta de 25,00 mL | Gobelé |
| Termómetro | Balança |
| Pipeta volumétrica de 20,00 mL | Cronómetro |
| Vidro de relógio | Conjunto garra e noz |
| Pompete | Medidor de pH de bolso |
| Proveta de 20 mL | Suporte universal |

De entre esta lista, o grupo começou por seleccionar a solução-padrão de NaOH 0,100 mol dm$^{-3}$ e o agitador magnético.

Indique os outros sete elementos da lista que o grupo teve de escolher para realizar, com a maior exactidão possível, a titulação de 20,00 cm$^3$ de solução aquosa ácida.

Se indicar mais do que sete elementos, a resposta terá a cotação de zero pontos.

**4.** Quando, nos anos 60 do século XX, os satélites geostacionários se tornaram uma realidade, foi possível utilizá-los para as comunicações a longa distância e outros fins, que têm vindo a modificar a forma como vivemos, trabalhamos e passamos os tempos livres.

**4.1.** Mencione **duas outras** utilizações claramente positivas do uso de satélites geostacionários.

**4.2.** Dois astronautas com massas diferentes encontram-se no interior de um satélite geostacionário, em repouso em relação às paredes do satélite.

Seleccione a alternativa **CORRECTA**.

**(A)** As forças gravíticas que actuam nos dois astronautas, resultantes da interacção com a Terra, são nulas.

**(B)** As forças gravíticas que actuam nos dois astronautas, resultantes da interacção com a Terra, são diferentes de zero e iguais em módulo.

**(C)** Ambos os astronautas possuem aceleração nula, em relação a um sistema de referência com origem no centro da Terra.

**(D)** Os valores absolutos das acelerações dos astronautas, em relação a um sistema de referência com origem no centro da Terra, são iguais.

**4.3.** Seleccione a alternativa que permite escrever uma afirmação **CORRECTA**.

A altitude de um satélite geostacionário terrestre depende…

**(A)** … da massa do satélite.

**(B)** … do módulo da velocidade linear do satélite.

**(C)** … da massa da Terra.

**(D)** … da velocidade de lançamento do satélite.

**4.4.** Um satélite geostacionário de massa $m = 5{,}0 \times 10^3$ kg encontra-se num ponto situado na vertical do equador, movendo-se com velocidade de módulo, $v$, a uma distância, $r$, do centro da Terra. O módulo da força centrípeta que actua no satélite é $F_c = m\frac{v^2}{r}$.

Calcule, apresentando todas as etapas de resolução:

**4.4.1.** o módulo da velocidade angular do satélite em relação ao centro da Terra.

**4.4.2.** o módulo da força gravítica que actua no satélite, devido à interacção com a Terra.

**4.5.** Antes da existência de satélites geostacionários, a observação da Terra era efectuada muitas vezes através da utilização da fotografia e outros meios, a partir de balões, dirigíveis ou aviões a altitudes muito inferiores às dos actuais satélites artificiais. Em alguns casos, as fotografias obtidas eram simplesmente lançadas em sacos para a Terra, onde eram recuperadas.

**4.5.1.** Um balão de observação, B, encontra-se sobre o mar (figura 3). Um feixe luminoso que, com origem no objecto submerso S, é detectado pelo observador, no balão, faz um ângulo $\alpha$ = 20,0º com a normal quando atinge a superfície de separação da água com o ar. O índice de refracção do ar é $n_{ar}$ = 1,0, e o índice de refracção da água é $n_{água}$ = 1,3.

Seleccione o valor **CORRECTO** do ângulo $\beta$ da figura 3.

**(A)** 30,5º

**(B)** 26,4º

**(C)** 22,1º

**(D)** 20,0º

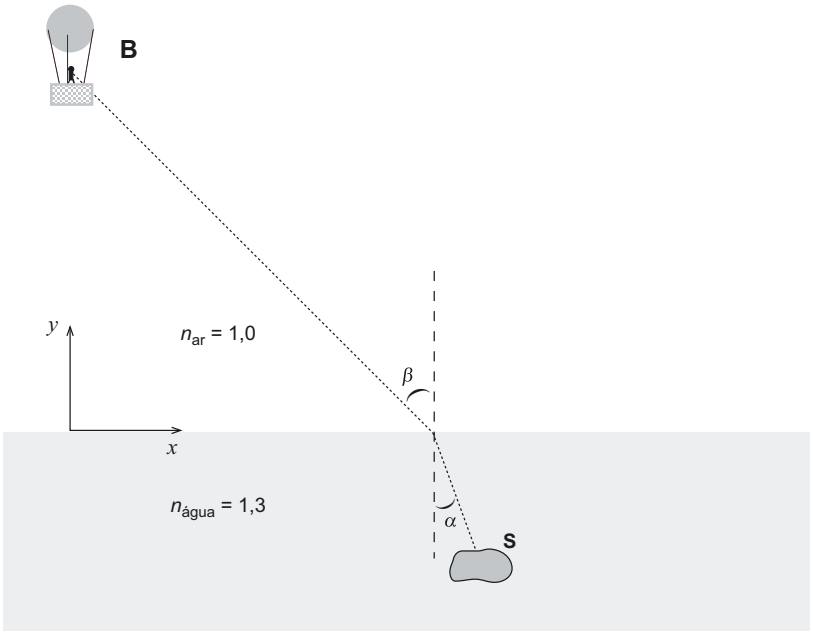



Fig. 3

**4.5.2.** Suponha que um balão de observação está em repouso, a uma altitude de 50 m acima do mar. Uma pessoa no interior da barquinha do balão lança um objecto, na horizontal, com velocidade inicial de módulo $v_0 = 20{,}0 \text{ m s}^{-1}$.

Calcule o módulo da velocidade do objecto quando este atinge a superfície da água.
Despreze a resistência do ar.
Apresente todas as etapas de resolução.

**4.5.3.** Um objecto é lançado de um balão de observação para o mar.

Seleccione a afirmação **CORRECTA**.

**(A)** A energia cinética do objecto ao atingir o mar é a mesma, quer se despreze, ou não, a resistência do ar.

**(B)** A energia mecânica do sistema *objecto* + *Terra*, no instante em que o objecto atinge o mar, é maior quando se despreza a resistência do ar do que quando não se despreza essa resistência.

**(C)** A energia potencial do sistema *objecto* + *Terra*, no instante em que o objecto atinge o mar, é menor quando se despreza a resistência do ar do que quando não se despreza essa resistência.

**(D)** A energia mecânica do sistema *objecto* + *Terra*, no instante em que o objecto atinge o mar, é a mesma, quer se despreze, ou não, a resistência do ar.

# FIM

**1.** Leia atentamente o seguinte texto.

> Os cientistas não têm dúvidas: o Sol morrerá. Mas podemos estar descansados – só daqui a cerca de cinco mil milhões de anos é que a nossa estrela se transformará numa imensa nebulosa planetária. Antes disso, irá expandir-se, com diminuição da temperatura da sua parte mais superficial, dando origem a uma gigante vermelha. Neste processo, a temperatura no interior da estrela aumentará de tal modo que permitirá que, a partir da fusão nuclear de átomos de hélio, se produza carbono e oxigénio.
>
> No final das suas vidas, as estrelas gigantes vermelhas tornam-se instáveis e ejectam as suas camadas exteriores de gás, formando então as chamadas nebulosas planetárias.
>
> *Visão*, n.º 729, 2006, p.81 (adaptado)

**1.1.** Explique em que consiste uma reacção de fusão nuclear como a que é referida no texto.

**1.2.** A cor de uma estrela indica-nos a sua temperatura superficial, existindo uma relação de proporcionalidade inversa entre a temperatura de um corpo e o comprimento de onda para o qual esse corpo emite radiação de máxima intensidade.

Seleccione a opção que contém os termos que devem substituir as letras (a), (b) e (c), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

Se, no espectro contínuo de uma estrela predominar a cor __(a)__ e, no espectro de uma outra estrela predominar a cor __(b)__, então a primeira terá uma __(c)__ temperatura superficial.

**(A)** ... vermelha… azul… maior…

**(B)** … amarela… vermelha… menor…

**(C)** … azul… vermelha… maior…

**(D)** … violeta… vermelha… menor…

**2.** A Terra possui uma atmosfera que é maioritariamente constituída por uma solução gasosa com vários componentes, como o dióxido de carbono e o vapor de água, que, embora não sendo predominantes, são cruciais para a existência de vida na Terra.
No entanto, o aumento exagerado do teor de $CO_2$ atmosférico, a destruição da camada de ozono e a qualidade da água que circula na atmosfera e cai sobre a superfície terrestre são problemas graves, interligados e resultantes, principalmente, da actividade humana.

**2.1.** O dióxido de carbono, $CO_2$ ($M$ = 44,0 g mol$^{-1}$), é o componente minoritário de maior concentração no ar atmosférico.
Considere $V$ o volume de uma amostra de ar, $m$ a massa de $CO_2$ nela contida e $V_m$ o volume molar de um gás.

Seleccione a alternativa que permite calcular a percentagem em volume de dióxido de carbono no ar atmosférico.

**(A)** $\%(V/V) = \dfrac{\frac{m}{44} \times V_m}{V} \times 100$

**(B)** $\%(V/V) = \dfrac{\frac{m}{44}}{V \times V_m} \times 100$

**(C)** $\%(V/V) = \dfrac{\frac{44}{m} \times V}{V_m} \times 100$

**(D)** $\%(V/V) = \dfrac{\frac{44}{m} \times V_m}{V} \times 100$

**2.2.** O problema da destruição da camada de ozono tem vindo a assumir cada vez maior relevância, tendo-se tornado um motivo de preocupação universal.

Descreva, num texto, como os CFC provocam a diminuição da camada de ozono, referindo as transformações químicas que ocorrem nesse processo.

**2.3.** As moléculas de água, $H_2O$, e de dióxido de carbono, $CO_2$, têm estruturas bem definidas, a que correspondem propriedades físicas e químicas distintas.

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

**(A)** Na molécula de $CO_2$, existem quatro pares de electrões não ligantes.

**(B)** Na molécula de $H_2O$, existem dois pares de electrões partilhados.

**(C)** As duas moléculas ($H_2O$ e $CO_2$) apresentam geometria linear.

**(D)** Na molécula de $H_2O$, existe um par de electrões não ligantes.

**(E)** Na molécula de $CO_2$, as ligações carbono-oxigénio têm diferentes comprimentos.

**(F)** O ângulo de ligação, na molécula de $H_2O$, é superior ao ângulo de ligação, na molécula de $CO_2$.

**(G)** Na molécula de $H_2O$, existem quatro electrões ligantes e quatro não ligantes.

**(H)** Na molécula de $CO_2$, nem todos os electrões de valência são ligantes.

**2.4.** As moléculas de água e de dióxido de carbono são constituídas, no seu conjunto, por átomos de hidrogénio, carbono e oxigénio.

Seleccione a afirmação **CORRECTA**.

**(A)** A configuração electrónica do átomo de oxigénio no estado de energia mínima é $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$.

**(B)** O raio do átomo de oxigénio é superior ao raio do átomo de carbono.

**(C)** A primeira energia de ionização do oxigénio é superior à do carbono.

**(D)** O raio do átomo de oxigénio é superior ao raio do anião $O^{2-}$.

**2.5.** No âmbito de um projecto sobre chuva ácida, foram medidos, a uma mesma temperatura, os valores de pH de duas amostras de água da chuva: uma amostra da água que pingava das agulhas de um pinheiro e outra, da água que escorria pelo tronco. Os valores obtidos estão indicados na figura 1.

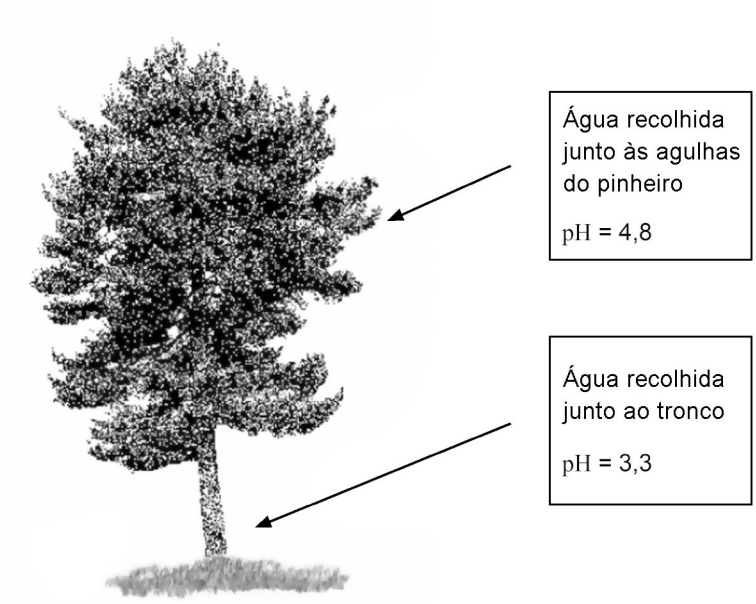



Fig. 1

**2.5.1.** Com base na informação dada, seleccione a afirmação **CORRECTA**.

**(A)** A água da chuva recolhida junto às agulhas do pinheiro é mais ácida do que a água recolhida junto ao tronco.

**(B)** A água da chuva recolhida junto ao tronco do pinheiro tem menor valor de pOH do que a água recolhida junto às agulhas.

**(C)** A água da chuva recolhida junto ao tronco do pinheiro tem menor concentração de iões $H_3O^+$ do que a água recolhida junto às agulhas.

**(D)** A água da chuva recolhida junto às agulhas do pinheiro e a água da chuva recolhida junto ao tronco apresentam igual valor de $K_w$.

**2.5.2.** Para confirmar o valor do pH da amostra de água da chuva recolhida junto ao tronco do pinheiro, titulou-se um volume de 100,0 mL daquela amostra com uma solução aquosa de concentração 0,005 mol $dm^{-3}$ em hidróxido de sódio, NaOH(aq).

Calcule o volume de titulante que se gastaria até ao ponto de equivalência, admitindo que se confirmava o valor de pH da solução titulada.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.5.3.** Uma das substâncias que contribuem para aumentar a acidez da água das chuvas é o dióxido de enxofre, $SO_2$, que, reagindo com o oxigénio atmosférico, se transforma em trióxido de enxofre, $SO_3$. Além de se dissolver, este composto reage com a água que circula na atmosfera, formando soluções diluídas de ácido sulfúrico, o que constitui um dos processos de formação da «chuva ácida».

Seleccione a alternativa que traduz correctamente a variação do número de oxidação do enxofre (S) na referida reacção de formação do trióxido de enxofre.

**(A)** +2 para +6

**(B)** +3 para 0

**(C)** +4 para +6

**(D)** +6 para +3

**3.** Numa instalação solar de aquecimento de água, a energia da radiação solar absorvida na superfície das placas do colector é transferida sob a forma de calor, por meio de um fluido circulante, para a água contida num depósito, como se representa na figura 2.
A variação da temperatura da água no depósito resultará do balanço entre a energia absorvida e as perdas térmicas que ocorrerem.

**3.1.** Numa instalação solar de aquecimento de água para consumo doméstico, os colectores solares ocupam uma área total de 4,0 $m^2$. Em condições atmosféricas adequadas, a radiação solar absorvida por estes colectores é, em média, 800 W / $m^2$.
Considere um depósito, devidamente isolado, que contém 150 kg de água. Verifica-se que, ao fim de 12 horas, durante as quais não se retirou água para consumo, a temperatura da água do depósito aumentou 30 ºC.

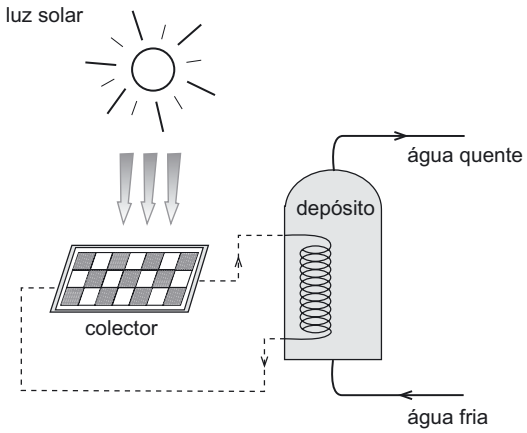



Fig. 2

Calcule o rendimento associado a este sistema solar térmico.

Apresente todas as etapas de resolução.

***c* (capacidade térmica mássica da água) = 4,185 kJ $kg^{-1}$ $ºC^{-1}$**

**3.2.** Numa instalação solar térmica, as perdas de energia poderão ocorrer de três modos: condução, convecção e radiação.

Explique em que consiste o mecanismo de perda de energia térmica por condução.

**4.** A queda de um corpo abandonado, próximo da superfície terrestre, foi um dos primeiros movimentos que os sábios da Antiguidade tentaram explicar. Mas só Galileu, já no séc. XVII, estudou experimentalmente o movimento de queda dos graves e o lançamento de projécteis.
Observe com atenção a figura 3, que mostra uma esfera a cair em duas situações:

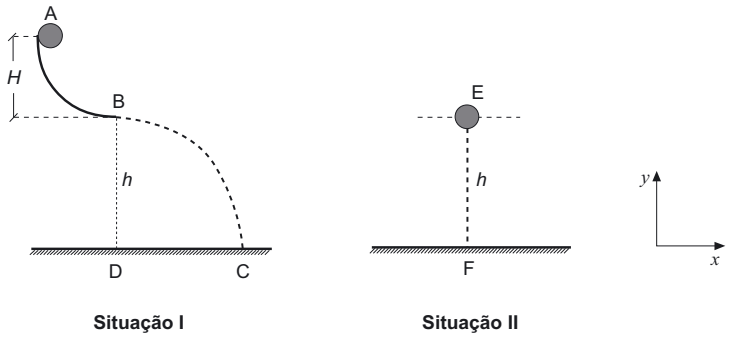



Fig. 3

Na **situação I**, a esfera, inicialmente em repouso, é colocada no ponto A, deslizando sem atrito sobre a calha, até ao ponto B. No ponto B, abandona a calha, descrevendo um arco de parábola até ao ponto C.
Na **situação II**, a esfera é abandonada no ponto E, caindo na vertical da mesma altura, *h*.
Em qualquer das situações, considere o sistema de eixos de referência representado na figura, com origem no solo, desprezando o efeito da resistência do ar.

**4.1.** Considere a **situação I** representada na figura 3.

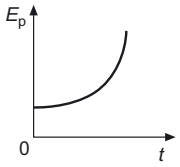
Determine a altura *H*, considerando que as distâncias BD e DC são iguais a 20,0 m.

Apresente todas as etapas de resolução.

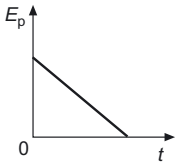
**4.2.** Considere a **situação II** representada na figura 3.

**4.2.1.** Seleccione o gráfico que traduz correctamente a variação da energia potencial gravítica, $E_p$, da esfera, em função do tempo de queda, *t*, até atingir o solo.

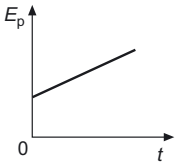
**(A)**



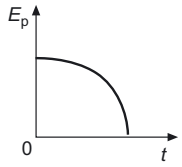

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**4.2.2.** Seleccione a alternativa que permite calcular o módulo da velocidade com que a esfera atinge o solo.

**(A)** $2g\sqrt{h}$

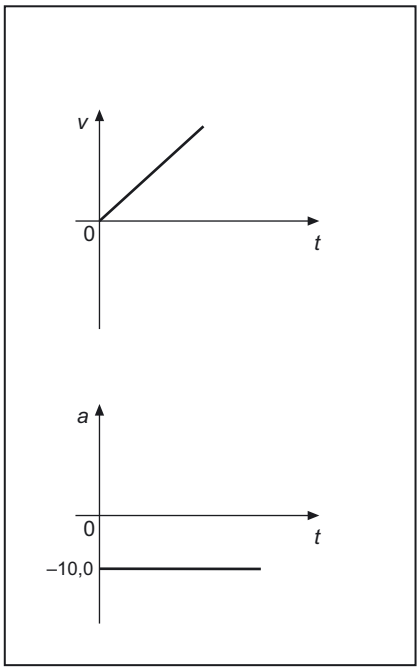
**(B)** $\sqrt{2gh}$

**(C)** $2\sqrt{gh}$

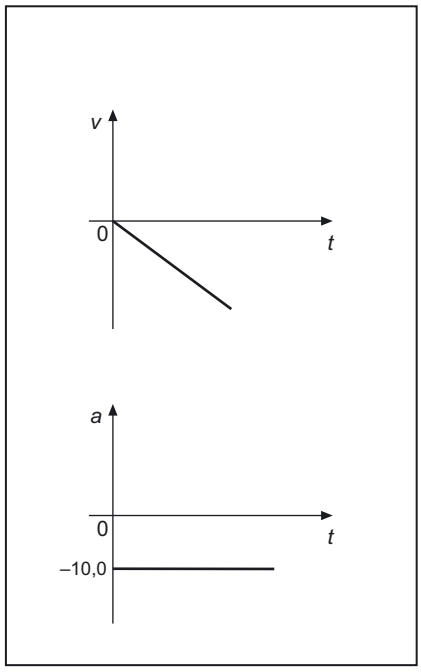
**(D)** $\frac{\sqrt{gh}}{2}$

**4.2.3.** Seleccione a alternativa que apresenta os gráficos que traduzem correctamente a variação dos valores da velocidade, *v*, e da aceleração, *a*, em função do tempo, *t*, durante o movimento de queda da esfera.

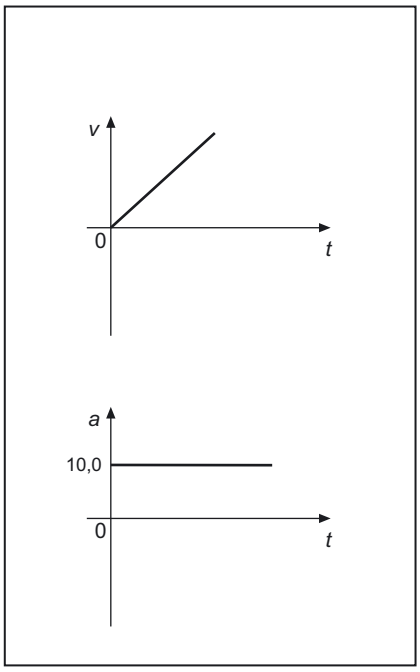
**(A)**



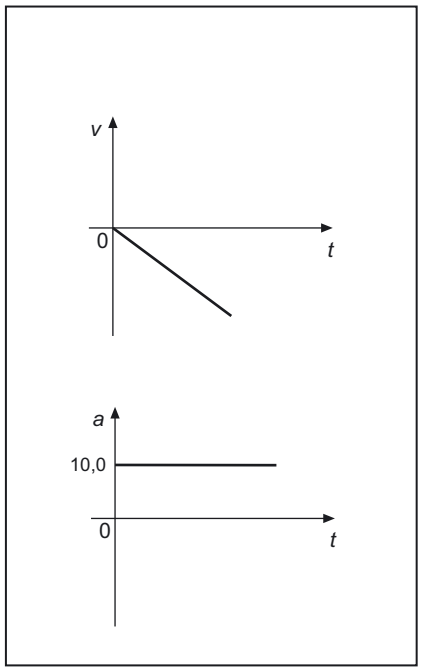

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**4.3.** Considere os tempos de permanência da esfera no ar, $t_1$ e $t_2$, respectivamente nas **situações I** e **II**.

Seleccione a alternativa que estabelece a relação correcta entre esses tempos.

**(A)** $t_1 = 2\ t_2$

**(B)** $t_1 = \frac{1}{2}\ t_2$

**(C)** $t_1 = t_2$

**(D)** $t_2 = 10\ t_1$

**5.** Nas comunicações a longas distâncias, a informação é transmitida através de radiações electromagnéticas que se propagam, no vazio, à velocidade da luz.

**5.1.** Um dos suportes mais eficientes na transmissão de informação a longas distâncias é constituído pelas fibras ópticas.

**5.1.1.** Seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

O princípio de funcionamento das fibras ópticas baseia-se no fenómeno da…

**(A)** … refracção da luz.

**(B)** … reflexão parcial da luz.

**(C)** … difracção da luz.

**(D)** … reflexão total da luz.

**5.1.2.** Num determinado tipo de fibra óptica, o núcleo tem um índice de refracção de 1,53, e o revestimento possui um índice de refracção de 1,48.

Seleccione a alternativa que permite calcular o ângulo crítico, $\theta_c$, para este tipo de fibra óptica.

**(A)** $\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{1,53}{1,48}$

**(B)** $\frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta_c} = \frac{1,53}{1,48}$

**(C)** $\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = 1,53 \times 1,48$

**(D)** $\frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta_c} = 1,53 \times 1,48$

**5.2.** As microondas constituem um tipo de radiação electromagnética muito utilizado nas telecomunicações.

Indique duas propriedades das microondas que justificam a utilização deste tipo de radiação nas comunicações via satélite.

**6.** O amoníaco, $NH_3$, obtém-se industrialmente através do processo de Haber-Bosch, fazendo reagir, em condições apropriadas, hidrogénio e azoto gasosos. Este processo de formação do amoníaco ocorre em sistema fechado, em condições de pressão e temperatura constantes, na presença de um catalisador, de acordo com o equilíbrio representado pela seguinte equação química:

$$3\ H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3\ (g)$$

**6.1.** O gráfico representado na figura 4 traduz a variação do valor da constante de equilíbrio, $K_c$, para aquela reacção, em função da temperatura, $T$, no intervalo de 700 K a 1000 K.

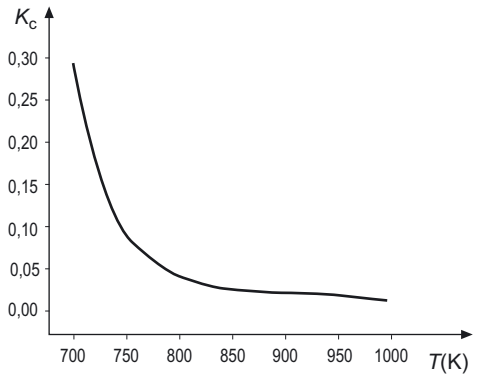



Fig. 4

Com base na informação dada pelo gráfico, seleccione a afirmação **CORRECTA**.

**(A)** O aumento de temperatura favorece o consumo de $H_2(g)$ e $N_2(g)$.

**(B)** A diminuição de temperatura aumenta o rendimento da reacção.

**(C)** A constante de equilíbrio da reacção é inversamente proporcional à temperatura.

**(D)** A reacção evolui no sentido inverso se se diminuir a temperatura.

**6.2.** O sulfato de tetraminocobre(II) mono-hidratado, $[Cu(NH_3)_4]\ SO_4 \cdot H_2O$, ($M$ = 245,6 g mol$^{-1}$), é um sal complexo, obtido a partir da reacção entre o sulfato de cobre(II) penta-hidratado, $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$, e o amoníaco. Esta reacção é descrita pela seguinte equação química:

$$CuSO_4 \cdot 5\ H_2O(s) + 4\ NH_3(aq) \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]\ SO_4 \cdot H_2O(s) + 4\ H_2O(\ell)$$

A 8,0 mL de uma solução aquosa de amoníaco de concentração 15,0 mol dm$^{-3}$ adicionaram-se 0,02 mol de sulfato de cobre penta-hidratado.

Calcule a massa de sal complexo que se formaria, admitindo que a reacção é completa.

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

**1.** Leia atentamente o seguinte texto.

Até hoje, a civilização industrial tem vivido quase exclusivamente da exploração intensiva de energias acumuladas ao longo das épocas geológicas. Mais de 85% da energia consumida hoje é obtida através do carvão, petróleo e gás natural, entre outros. A velocidade de reposição destas energias é praticamente nula à escala da vida humana. Por isso, o futuro depende da utilização que o Homem saiba fazer das energias renováveis como, por exemplo, as energias solar, eólica e hidroeléctrica.

Actualmente, consomem-se cerca de 320 mil milhões de kWh de electricidade por dia. A manter-se o ritmo actual de consumo de combustíveis fósseis, estes recursos esgotar-se-ão rapidamente.

O consumo dos recursos não renováveis tem assim, inevitavelmente, de diminuir, não apenas para afastar o espectro de uma crise energética grave que a humanidade enfrenta, mas também porque a sua utilização tem efeitos altamente prejudiciais sobre o meio ambiente.

Estes efeitos estão relacionados, sobretudo, com as emissões de gases com efeito de estufa, como o dióxido de carbono, cujas concentrações na atmosfera têm aumentado, nos últimos anos, de forma exponencial. O aumento de concentração destes gases tem potenciado o reforço do efeito de estufa natural, causando alterações climáticas globais.

**1.1.** Indique, com base no texto, duas razões justificativas da necessidade de um maior recurso às energias renováveis.

**1.2.** Uma das variáveis importantes do problema do aquecimento global é a concentração de dióxido de carbono na atmosfera.

Seleccione a opção que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

O dióxido de carbono, $CO_2$, é um gás com efeito de estufa, porque ___(a)___ facilmente as radiações infravermelhas emitidas pela Terra, contribuindo para ___(b)___ a temperatura global média na superfície da Terra.

**(A)** ... absorve... diminuir...

**(B)** ... absorve... aumentar...

**(C)** ... transmite... aumentar...

**(D)** ... transmite... manter...

**2.** O gás natural é o combustível fóssil de maior conteúdo energético. É constituído, essencialmente, por metano, $CH_4$, um hidrocarboneto muito volátil, inflamável e inodoro.

**2.1.** Quando o metano arde no ar, os únicos produtos dessa reacção são dióxido de carbono, $CO_2$, e água, $H_2O$, sendo a reacção de combustão traduzida pela seguinte equação química:

$$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(g)$$

Numa reacção, ocorrendo em condições normais de pressão e temperatura (PTN), gastou-se 40,0 g de metano ($M$ = 16,0 g $mol^{-1}$) e obteve-se um volume de 78,4 $dm^3$ de vapor de água. Determine o rendimento da reacção de combustão.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** Um composto derivado do metano, mas com características bem diferentes, é o diclorometano, $CH_2C\ell_2$, que é um solvente orgânico volátil, não inflamável e de cheiro agradável.

**2.2.1.** O diclorometano é um composto cuja unidade estrutural é constituída por átomos de carbono, de cloro e de hidrogénio.

Seleccione a afirmação **CORRECTA**.

**(A)** A configuração electrónica do átomo de carbono, no estado de energia mínima, é $1s^2\ 2s^2\ 3s^2$.

**(B)** Os electrões do átomo de cloro, no estado de energia mínima, estão distribuídos por três orbitais.

**(C)** A configuração electrónica $1s^2\ 2s^2\ 2p^1\ 3s^1$ pode corresponder ao átomo de carbono.

**(D)** O conjunto de números quânticos $(3, 0, 1, \frac{1}{2})$ pode caracterizar um dos electrões mais energéticos do átomo de cloro, no estado de energia mínima.

**2.2.2.** O esquema da figura 1 representa um diagrama de níveis de energia no qual estão indicadas algumas transições electrónicas possíveis no átomo de hidrogénio.

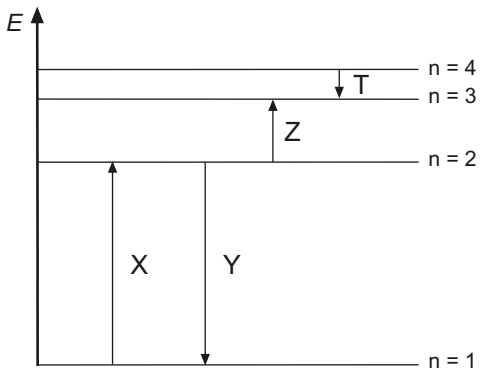



Fig. 1

Seleccione a afirmação correcta, relativamente às transições assinaladas no diagrama com as letras X, Y, Z e T.

**(A)** A transição Z corresponde a uma risca, na região do infravermelho, do espectro de absorção do hidrogénio.

**(B)** A transição Y está associada à emissão da radiação menos energética pelo átomo de hidrogénio.

**(C)** A transição X está associada à absorção de radiação ultravioleta pelo átomo de hidrogénio.

**(D)** A transição T corresponde à risca azul do espectro de emissão do hidrogénio.

**2.2.3.** Considere que o valor de energia do electrão no átomo de hidrogénio, no estado fundamental, é igual a $-2{,}18 \times 10^{-18}$ J.

Seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

Se, sobre um átomo de hidrogénio no estado fundamental, incidir radiação cujos fotões têm energia igual a $2{,}18 \times 10^{-18}$ J…

**(A)** ... o electrão não é removido do átomo e permanece no mesmo nível energético.

**(B)** ... o electrão é removido do átomo e fica com um valor nulo de energia cinética.

**(C)** ... o electrão é removido do átomo e fica com um valor não nulo de energia cinética.

**(D)** ... o electrão não é removido do átomo e transita para um nível energético superior.

**2.2.4.** A tabela seguinte apresenta os valores da primeira energia de ionização dos elementos flúor, cloro, bromo e iodo.

| **Elemento** | **Energia de ionização / kJ mol$^{-1}$** |
|---|---|
| Flúor (F) | 1680 |
| Cloro (C$\ell$) | 1260 |
| Bromo (Br) | 1140 |
| Iodo (I) | 1010 |

Interprete a variação encontrada nos valores da primeira energia de ionização dos diferentes halogéneos considerados, atendendo aos valores da tabela.

**3.** Num parque de diversões, um carrinho de massa igual a 50,0 kg percorre o trajecto representado na figura 2, partindo do ponto **A** sem velocidade inicial e parando no ponto **D**. O módulo da aceleração do carrinho no percurso entre os pontos **C** e **D** é igual a 3,0 $ms^{-2}$, e a distância entre aqueles pontos é de 12,0 m.
Considere desprezável o atrito no percurso entre os pontos **A** e **C**.

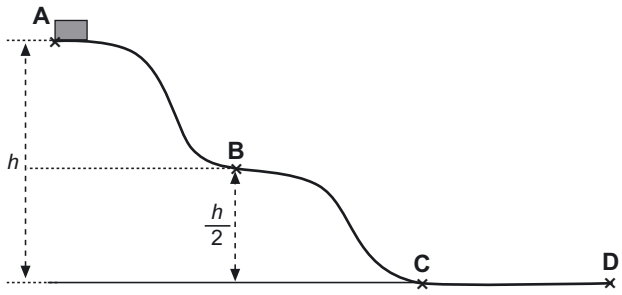



Fig. 2

**3.1.** Seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

No trajecto percorrido pelo carrinho entre os pontos **A** e **C**, o trabalho realizado pelo peso do carrinho…

**(A)** … é igual à variação da sua energia potencial gravítica.

**(B)** … é simétrico da variação da sua energia cinética.

**(C)** … é igual à variação da sua energia mecânica.

**(D)** … é simétrico da variação da sua energia potencial gravítica.

**3.2.** Seleccione a alternativa que permite calcular correctamente o módulo da velocidade do carrinho no ponto **B** da trajectória descrita.

**(A)** $\sqrt{gh}$

**(B)** $\sqrt{2gh}$

**(C)** $g\sqrt{h}$

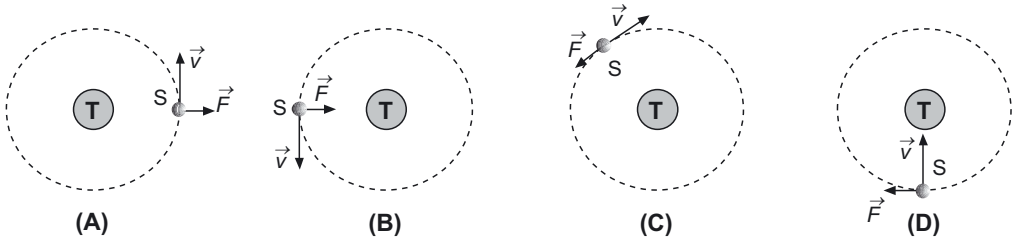
**(D)** $\frac{\sqrt{gh}}{2}$

**3.3.** Calcule a variação da energia mecânica do carrinho durante o percurso entre os pontos **C** e **D**.

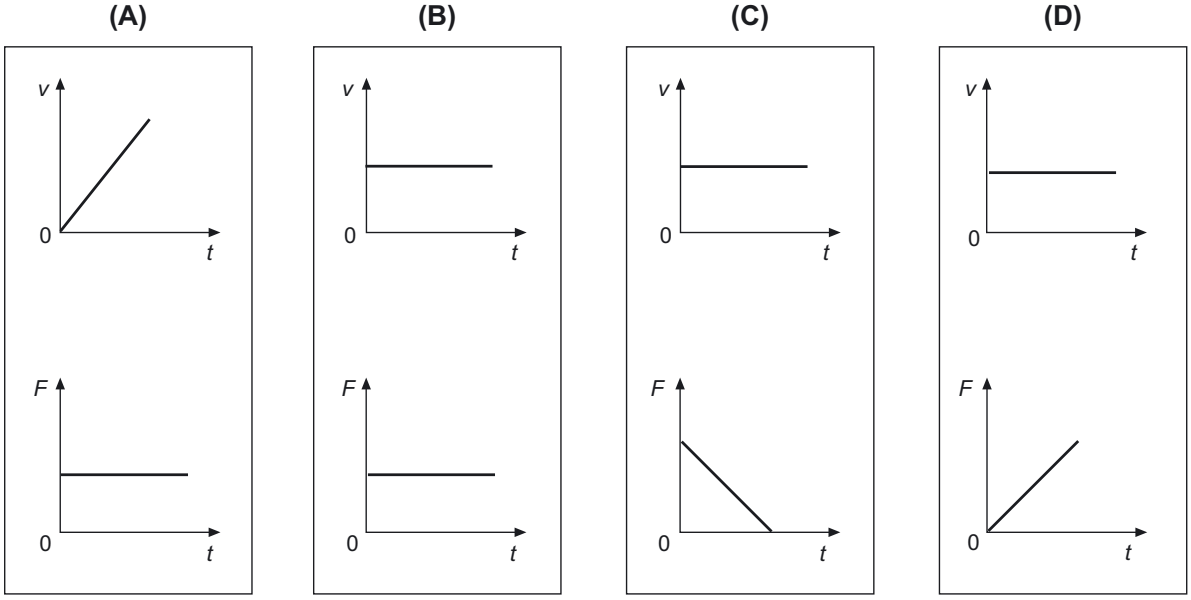
Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** Um satélite descreve periodicamente uma órbita circular em torno da Terra, estando sujeito apenas à força gravítica exercida pela Terra.

**4.1.** Seleccione o diagrama que representa correctamente a força, $\vec{F}$, exercida pela Terra (T) sobre o satélite (S) e a velocidade, $\vec{v}$, do satélite, durante o seu movimento em torno da Terra.




**4.2.** Seleccione a alternativa que apresenta os gráficos que traduzem correctamente a variação dos módulos da velocidade, *v*, do satélite e da força, *F*, que actua sobre este, em função do tempo, *t*, durante o movimento do satélite em torno da Terra.




**4.3.** Um satélite artificial descreve, com velocidade de módulo, *v*, uma órbita circular de raio, *r*, igual a $8{,}4 \times 10^6$ m, em torno da Terra.

Calcule o módulo da velocidade orbital do satélite, considerando que o módulo da aceleração centrípeta do satélite é $a_c = \frac{v^2}{r}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**5.** O diapasão (figura 3) é um pequeno instrumento metálico muito utilizado na afinação de instrumentos musicais, uma vez que emite um som puro, com uma frequência bem definida, a que corresponde uma determinada nota musical.

O sinal sonoro produzido pelo diapasão propaga-se através de um determinado meio, fazendo vibrar as partículas constituintes desse meio em torno das suas posições de equilíbrio, gerando uma onda sonora.

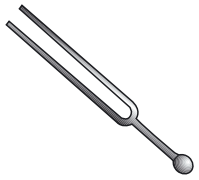


Fig. 3

**5.1.** A figura 4 refere-se a uma onda sinusoidal e traduz a periodicidade temporal do movimento vibratório de uma partícula do ar, em consequência do sinal sonoro emitido pelo diapasão.

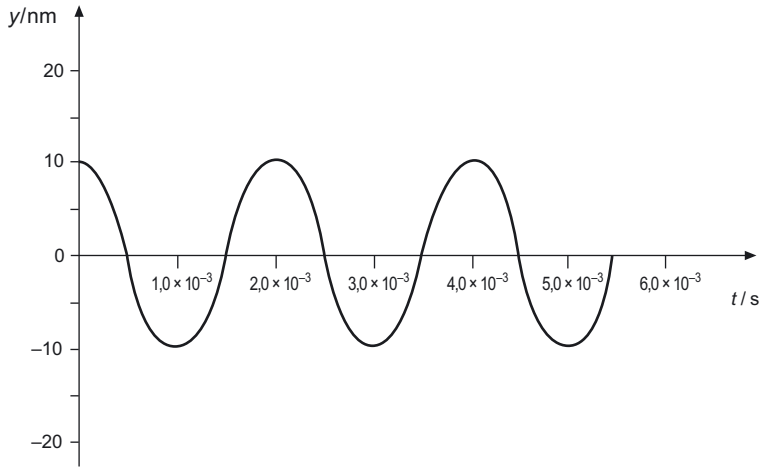



Fig. 4

Considere que a velocidade de propagação deste sinal no ar tem módulo igual a 340 $ms^{-1}$.

Relativamente à situação descrita, classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das afirmações seguintes.

**(A)** A distância entre duas partículas do ar que se encontram no mesmo estado de vibração é de 10 nm.

**(B)** O período de vibração de uma partícula do ar é de $1,0 \times 10^{-3}$ s.

**(C)** No ar, a onda sonora tem um comprimento de onda de 0,68 m.

**(D)** Uma partícula do ar afasta-se, no máximo, 10 nm em relação à sua posição de equilíbrio.

**(E)** O produto do comprimento de onda pela frequência de vibração é constante e igual a 340 $m\,s^{-1}$.

**(F)** A velocidade de propagação do sinal aumenta se a amplitude da vibração diminuir.

**(G)** A frequência de vibração de uma partícula do ar é de 425 Hz.

**(H)** No ar, o sinal emitido percorre 1700 m em 5,0 s.

**5.2.** Explique, num texto, como se pode converter o sinal sonoro emitido pelo diapasão num sinal eléctrico, utilizando um microfone de indução.

**5.3.** A transmissão a longas distâncias de um sinal eléctrico resultante da conversão de um sinal sonoro é quase impossível, uma vez que a onda electromagnética que corresponde à propagação daquele sinal apresenta frequências baixas.

Seleccione a alternativa que indica correctamente o processo que permite, na prática, ultrapassar aquele problema.

**(A)** Digitalização.

**(B)** Distorção.

**(C)** Modulação.

**(D)** Amplificação.

**6.** Os aquários são, hoje em dia, uma fonte de entretenimento e de lazer bastante divulgada, sendo também utilizados na decoração de diversos espaços.

**6.1.** O $\mathrm{pH}$ é uma das propriedades químicas determinantes da «saúde do aquário», uma vez que cada espécie está adaptada a uma gama relativamente estreita de valores de $\mathrm{pH}$. Este facto torna o ajuste do valor de $\mathrm{pH}$ nos aquários uma condição indispensável à sobrevivência das espécies que neles habitam.

**6.1.1.** Admita que dois amigos compraram um aquário com capacidade de 45 L e que o encheram com água de $\mathrm{pH}$ igual a 6,80. Sabem, no entanto, que o intervalo de valores de $\mathrm{pH}$ óptimo para a vida dos peixes que irão habitar esse aquário é de 6,20 – 6,40.
Assim, para fazer o ajuste de $\mathrm{pH}$, adicionam à água do aquário 1,4 $\mathrm{cm}^3$ de solução aquosa de ácido clorídrico, $\mathrm{HC}\ell$, de concentração $1{,}0 \times 10^{-2}$ mol $\mathrm{dm}^{-3}$.
Considere desprezáveis a variação de volume decorrente da adição da solução de $\mathrm{HC}\ell$ e eventuais equilíbrios existentes em solução.

Verifique que o ajuste de $\mathrm{pH}$ foi efectivamente conseguido.

Apresente todas as etapas de resolução.

**6.1.2.** Justifique a seguinte afirmação.

Se tivessem adicionado o mesmo volume de uma solução, com a mesma concentração, de cloreto de sódio, $\mathrm{NaC}\ell$, não teria havido qualquer alteração no valor de $\mathrm{pH}$ da água do aquário.

**6.2.** A dureza da água é outro parâmetro importante na regulação das condições de funcionamento de um aquário.
Considere que a água do aquário apresenta uma dureza de 200 mg / L em $Ca^{2+}$ ($M$ = 40,0 g $mol^{-1}$).

Seleccione a alternativa que apresenta a forma de calcular correctamente a concentração de ião $CO_3^{2-}$ que terá de existir na água do aquário para provocar a precipitação de carbonato de cálcio, $CaCO_3$ ($K_s = 4,5 \times 10^{-9}$).

**(A)** $[CO_3^{2-}] = \dfrac{4,5\times10^{-9}}{\left(\dfrac{200\times10^{-3}}{40,0}\right)}$ mol $dm^{-3}$

**(B)** $[CO_3^{2-}] = \dfrac{4,5\times10^{-9}}{\left(\dfrac{40,0}{200\times10^{-3}}\right)}$ mol $dm^{-3}$

**(C)** $[CO_3^{2-}] = \dfrac{\left(\dfrac{40,0}{4,5\times10^{-9}}\right)}{200\times10^{-3}}$ mol $dm^{-3}$

**(D)** $[CO_3^{2-}] = \dfrac{200\times10^{-3}}{\left(\dfrac{4,5\times10^{-9}}{40,0}\right)}$ mol $dm^{-3}$

**6.3.** Seleccione a alternativa correcta, considerando que o ião $HCO_3^-$ é uma espécie anfotérica, segundo a teoria de Brönsted-Lowry.

**(A)** O ião $HCO_3^-$ é o ácido conjugado da espécie $H_2CO_3$.

**(B)** O ião $HCO_3^-$ é o ácido conjugado do ião $CO_3^{2-}$.

**(C)** A espécie $H_2CO_3$ é a base conjugada do ião $HCO_3^-$.

**(D)** O ião $HCO_3^-$ é a base conjugada do ião $CO_3^{2-}$.

**6.4.** Quando se quer elevar a temperatura da água de um aquário para garantir a melhor sobrevivência de algumas espécies, podem utilizar-se espiras metálicas como resistências eléctricas de aquecimento.

Para escolher o metal mais adequado a uma destas espiras, fez-se reagir uma solução aquosa de ácido clorídrico, HC$\ell$, com três diferentes metais: cobre (Cu), zinco (Zn) e magnésio (Mg). Os resultados obtidos experimentalmente são apresentados na tabela seguinte.

| | **Cu** | **Zn** | **Mg** |
|---|---|---|---|
| HC$\ell$(aq) | Não reage. | Reage.<br>Liberta-se um gás e o metal fica corroído. | Reage violentamente.<br>Liberta-se um gás e o metal reage completamente. |

Seleccione a alternativa que apresenta, por ordem decrescente, a sequência correcta do poder redutor daqueles metais.

**(A)** Mg > Zn > Cu

**(B)** Zn > Mg > Cu

**(C)** Mg > Cu > Zn

**(D)** Cu > Zn > Mg

**FIM**

**1.** Leia atentamente o seguinte texto.

*Corrosão* é a palavra geralmente utilizada para designar a deterioração de metais através de um processo electroquímico, o que significa que, à medida que o metal se degrada, perde electrões, 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 reacções envolvidas neste processo sejam bastante complexas, pensa-se que as etapas fundamentais sejam a perda de electrões pelo ferro, Fe, que assim se converte na espécie solúvel $Fe^{2+}(aq)$, e o ganho desses electrões pelo oxigénio atmosférico, $O_2$. 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 $CO_2$ atmosférico.

No entanto, quando a água da chuva se encontra poluída com ácidos fortes, muito corrosivos, como o ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, e o ácido nítrico, $HNO_3(aq)$, resultantes essencialmente das emissões para a atmosfera (e posteriores reacções) de dióxido de enxofre, $SO_2$, e de óxidos de azoto, $NO_x$, 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 reacção 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)

**1.1.** Com base na informação apresentada no texto, indique a espécie redutora envolvida na reacção de corrosão do ferro.

**1.2.** Com base na informação apresentada no texto, seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

Quando o $CO_2$ atmosférico se dissolve na água da chuva, à temperatura de 25 ºC, …

**(A)** ... forma-se um ácido fraco, o ácido carbónico, $H_2CO_3(aq)$, que confere à água da chuva um $\mathrm{pH}$ de cerca de 5,6.

**(B)** … forma-se um ácido forte, o ácido carbónico, $H_2CO_3(aq)$, que confere à água da chuva um $\mathrm{pH}$ inferior a 5,6.

**(C)** … formam-se ácidos de força diferente, como o ácido carbónico, $H_2CO_3(aq)$, e o ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, que conferem à água da chuva um $\mathrm{pH}$ de cerca de 5,6.

**(D)** … formam-se apenas ácidos fortes, como o ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, e o ácido nítrico, $HNO_3(aq)$, que conferem à água da chuva um $\mathrm{pH}$ muito inferior a 5,6.

**1.3.** Considere uma amostra A de água da chuva, que apresenta um valor de $\mathrm{pH}$ igual a 5,6, à temperatura de 25 ºC.

Seleccione a alternativa que corresponde ao valor correcto de $\mathrm{pH}$ 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

**1.4.** Além do ferro, também outros metais sofrem processos de corrosão. Quando exposto a uma atmosfera húmida, o cobre sofre corrosão, formando um depósito de carbonato básico de cobre, $Cu_2(OH)_2CO_3$ ($M$ = 221,13 g mol$^{-1}$), uma substância de cor esverdeada.

A reacção que ocorre pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$2\ Cu(s) + H_2O(\ell) + O_2(g) + CO_2(g) \longrightarrow Cu_2(OH)_2CO_3(s)$$

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.

**2.** O dióxido de enxofre, $SO_2$, conhecido por ser um gás poluente, tem uma faceta mais simpática e, certamente, menos conhecida: é usado na indústria alimentar, sob a designação de E220, como conservante de frutos e de vegetais, uma vez que preserva a cor natural destes.

**2.1.** O dióxido de enxofre é um composto cujas unidades estruturais são constituídas por átomos de enxofre, S, e de oxigénio, O.

Relativamente a estes átomos e tendo em conta a posição relativa dos respectivos elementos na Tabela Periódica, seleccione a afirmação correcta.

**(A)** O conjunto de números quânticos (2, 1, 0, ½) pode caracterizar um dos electrões de valência de qualquer dos átomos, no estado de energia mínima.

**(B)** Os electrões de valência de ambos os átomos, no estado de energia mínima, distribuem-se pelo mesmo número de orbitais.

**(C)** Os electrões de valência de qualquer dos átomos, no estado de energia mínima, distribuem-se por orbitais com $\ell$ = 1 e com $\ell$ = 2.

**(D)** As configurações electrónicas de ambos os átomos, no estado de energia mínima, diferem no número de electrões de valência.

**2.2.** 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 temperatura.

**2.2.1.** O gráfico da figura 1 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.

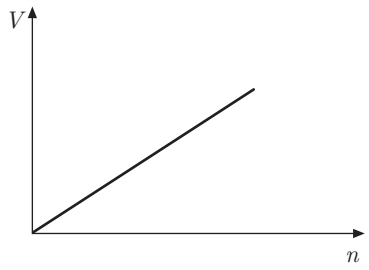



Fig. 1

Com base no gráfico, e admitindo que $SO_2$ e $O_2$ se comportam como gases ideais, seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

Em duas amostras gasosas, uma de $SO_2$ e outra de $O_2$, nas mesmas condições de pressão e 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.

**2.2.2.** Calcule o número de moléculas de $SO_2(g)$ que existem numa amostra de 50,0 $cm^3$ desse gás, em condições normais de pressão e temperatura (PTN).

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.3.** O dióxido de enxofre reage com o oxigénio, de acordo com a seguinte equação química:

$$2\ SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ SO_3(g) \qquad K_c = 208{,}3 \text{ (à temperatura } T)$$

**2.3.1.** Considere que, à temperatura $T$, foram introduzidas, num recipiente com 1,0 L de capacidade, 0,8 mol de $SO_2(g)$, 0,8 mol de $O_2(g)$ e 2,6 mol de $SO_3(g)$.

Seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

Nas condições referidas, o quociente da reacção, $Q_c$, é igual a __(a)__, o que permite concluir que o sistema se irá deslocar no sentido __(b)__, até se atingir um estado de equilíbrio.

**(A)** ... 13,2 … inverso …

**(B)** … 0,076 … inverso …

**(C)** … 0,076 … directo …

**(D)** … 13,2 … directo …

**2.3.2.** A figura 2 representa o modo como varia a percentagem de trióxido de enxofre, $SO_3(g)$, formado, em equilíbrio, em função da temperatura, à pressão constante de 1 atm.

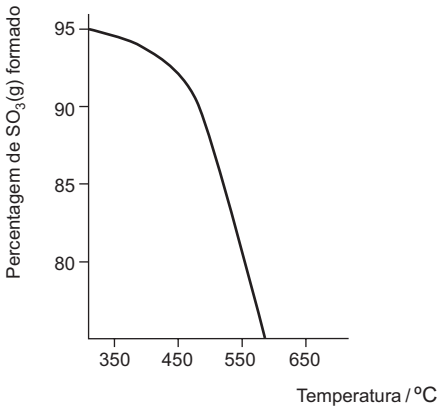



Fig. 2

Com base na variação observada no gráfico, justifique a seguinte afirmação.

A reacção é exotérmica no sentido directo.

**3.** Quando se estudam muitos dos movimentos que ocorrem perto da superfície terrestre, considera-se desprezável a resistência do ar. É o que acontece, por exemplo, no caso das torres de queda livre existentes em alguns parques de diversão.
Noutros casos, contudo, a resistência do ar não só não é desprezável, como tem uma importância fundamental no movimento.

**3.1.** A figura 3 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 actuado 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.

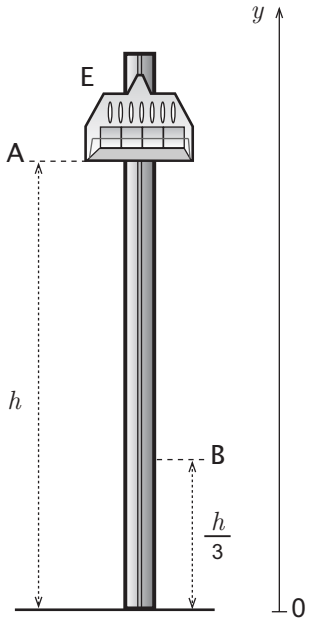



Fig. 3

**3.1.1.** Seleccione a alternativa que compara correctamente o valor da energia potencial gravítica do sistema *elevador* / *passageiros* + + *Terra* na posição B, $E_{\mathrm{pB}}$, com o valor da energia potencial gravítica desse sistema na posição A, $E_{\mathrm{pA}}$.

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

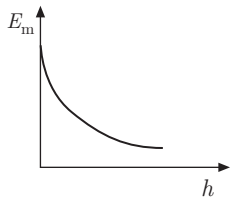
**(B)** $E_{\mathrm{pB}} = 3\ E_{\mathrm{pA}}$

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

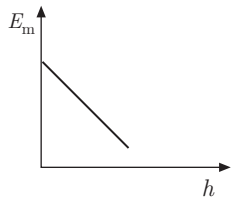
**(D)** $E_{\mathrm{pB}} = \frac{2}{3}\ E_{\mathrm{pA}}$

**3.1.2.** Seleccione o gráfico que traduz a relação entre a energia mecânica, $E_{\mathrm{m}}$, e a altura em relação ao solo, $h$, do conjunto *elevador* / *passageiros*, durante o seu movimento de queda entre as posições A e B.

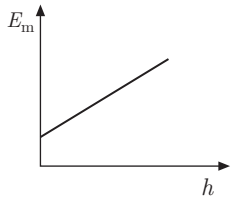
**(A)**



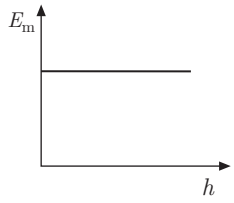

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**3.1.3.** Seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

O trabalho realizado pela força gravítica que actua 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.*

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

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 $s^{-2}$.

Considere o referencial de eixo vertical, com origem no solo, representado na figura 3, e recorra exclusivamente às equações que traduzem o movimento, $y(t)$ e $v(t)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.2.** Um exemplo de movimento em que a resistência do ar não é desprezável é o movimento de queda de um pára-quedista.

O gráfico da figura 4 representa o módulo da velocidade de um pára-quedista, em queda vertical, em função do tempo. Considere que o movimento se inicia no instante $t = 0\,\mathrm{s}$ e que o pára-quedas é aberto no instante $t_2$.

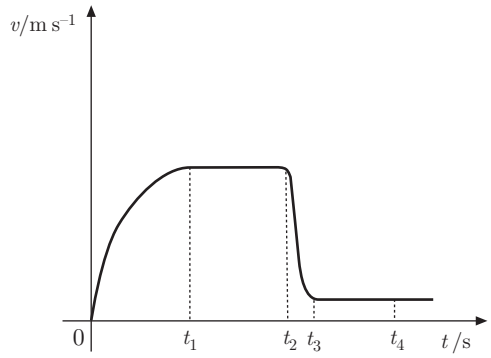



Fig. 4

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

**(A)** No intervalo de tempo $[0,\ t_1]\ \mathrm{s}$, o módulo da aceleração do pára-quedista é constante.

**(B)** No intervalo de tempo $[t_1,\ t_2]\ \mathrm{s}$, a resultante das forças que actuam no pára-quedista é nula.

**(C)** No intervalo de tempo $[t_2,\ t_3]\ \mathrm{s}$, o módulo da aceleração do pára-quedista é igual a 10 m $s^{-2}$.

**(D)** No intervalo de tempo $[0,\ t_1]\ \mathrm{s}$, a intensidade da resistência do ar aumenta, desde zero até um valor igual ao do peso do conjunto *pára-quedista* / *pára-quedas*.

**(E)** No intervalo de tempo $[t_2,\ t_3]\ \mathrm{s}$, a resultante das forças que actuam no conjunto *pára-quedista* / *pára-quedas* tem sentido contrário ao do movimento do pára-quedista.

**(F)** No intervalo de tempo $[t_1,\ t_2]\ \mathrm{s}$, a energia cinética do conjunto *pára-quedista* / *pára-quedas* mantém-se constante.

**(G)** No intervalo de tempo $[0,\ t_1]\ \mathrm{s}$, há conservação da energia mecânica do sistema *pára-quedista* / / *pára-quedas* + *Terra*.

**(H)** No intervalo de tempo $[t_3,\ t_4]\ \mathrm{s}$, o pára-quedista encontra-se parado.

**4.** As radiações electromagnéticas têm actualmente uma vasta gama de aplicações tecnológicas, que incluem sistemas de aquecimento, produção de energia eléctrica e telecomunicações.

**4.1.** Seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

Um painel fotovoltaico é um dispositivo que tem por objectivo produzir...

**(A)** ... energia eléctrica a partir de radiação electromagnética.

**(B)** ... calor a partir de energia eléctrica.

**(C)** … radiação electromagnética a partir de energia eléctrica.

**(D)** … calor a partir de radiação electromagnética.

**4.2.** A figura 5 representa duas garrafas de vidro, iguais, pintadas com o mesmo tipo de tinta, mas de cor diferente: a garrafa A foi pintada com tinta branca, enquanto a garrafa B foi pintada com tinta preta. As garrafas foram fechadas com uma rolha atravessada por um termómetro e colocadas ao Sol, numa posição semelhante, durante um mesmo intervalo de tempo.

Indique, justificando, em qual das garrafas se terá observado uma maior variação de temperatura, durante o referido intervalo de tempo.

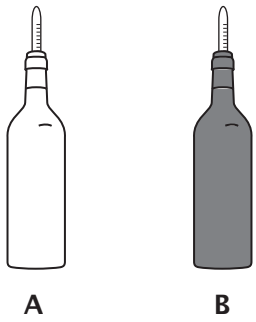



Fig. 5

**4.3.** O desenvolvimento das fibras ópticas, na segunda metade do século XX, revolucionou a tecnologia de transmissão de informação.

**4.3.1.** Uma fibra óptica é constituída por um filamento de vidro ou de um material polimérico (núcleo), coberto por um revestimento de índice de refracção 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 óptica, 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 óptica;
- as condições em que esse fenómeno ocorre.

**4.3.2.** Nas comunicações por fibras ópticas utiliza-se frequentemente luz *laser*.

A figura 6 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, seleccione a alternativa correcta.

**(A)** O ângulo de incidência é de 30º.

**(B)** O ângulo de incidência é de 55º.

**(C)** O ângulo de refracção é de 60º.

**(D)** O ângulo de refracção é de 35º.

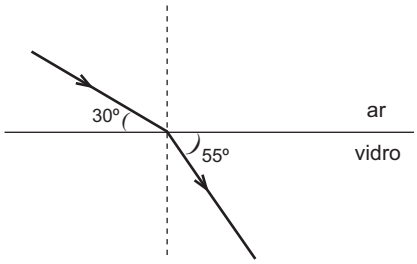



Fig. 6

**5.** O conhecimento de propriedades físicas, como a capacidade térmica mássica e a condutividade térmica, é fundamental quando se analisam situações que envolvem transferências de energia sob a forma de calor. 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.

**5.1.** Tendo em conta a situação descrita, seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

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.

**5.2.** 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 7 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.

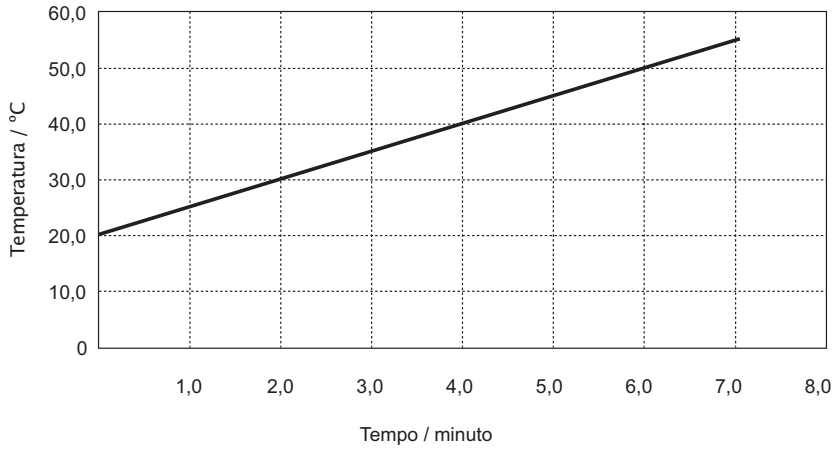



Fig. 7

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

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

- três medições da massa, $m$, do cubo, usando uma balança digital;
- três medições do comprimento, $\ell$, 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 registaram numa tabela (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 $\ell$ = 1,40 cm.

**6.1.** Seleccione a alternativa que corresponde ao valor mais provável da massa do cubo.

**(A)** 21,39 g

**(B)** 21,40 g

**(C)** 21,41 g

**(D)** 21,42 g

**6.2.** 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 ºC / g cm$^{-3}$** |
|---|---|
| magnésio | 1,74 |
| alumínio | 2,70 |
| ferro | 7,87 |
| cobre | 8,93 |
| chumbo | 11,34 |
| platina | 21,45 |

**6.3.** Tendo em conta a experiência realizada pelos alunos, seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

Os alunos fizeram uma determinação __(a)__ da massa do cubo e uma determinação __(b)__ do seu volume.

**(A)** ... directa … directa …

**(B)** … directa … indirecta …

**(C)** … indirecta … directa …

**(D)** … indirecta … indirecta …

**FIM**

**1.** Leia atentamente o seguinte texto.

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.

Nas análises laboratoriais de rochas e solo trazidos da Lua não foram encontrados água, fósseis nem organismos de qualquer espécie.

A maior parte da luz do Sol que incide na superfície lunar é absorvida, sendo o albedo médio da Lua de apenas 11%. A aceleração da gravidade à superfície da Lua é cerca de 1/6 da que se verifica à superfície da Terra.

Depois da Lua, Vénus é o astro mais brilhante no céu nocturno, uma vez que a espessa camada de nuvens que o envolve reflecte 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 azoto, com vestígios de vapor de água, hélio e outros gases. A temperatura à superfície chega a atingir 482 ºC, 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)

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

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

**1.3.** Com base na informação apresentada no texto, seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a), (b) e (c), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

O albedo da Lua é __(a)__ ao de Vénus, uma vez que a superfície da Lua __(b)__ grande parte da radiação solar incidente e a atmosfera de Vénus __(c)__ a maior parte dessa radiação.

**(A)** ... superior … absorve … absorve …

**(B)** … inferior … absorve … reflecte …

**(C)** … superior … absorve … reflecte …

**(D)** … inferior … reflecte … absorve …

**1.4.** Com base na informação apresentada no texto, seleccione a alternativa que compara correctamente a intensidade da força gravítica que actua sobre um mesmo corpo, quando colocado à superfície da Terra, $F_{g_{\text{Terra}}}$, e à superfície da Lua, $F_{g_{\text{Lua}}}$.

**(A)** $F_{g_{\text{Terra}}} = \sqrt{\frac{1}{6}}\, F_{g_{\text{Lua}}}$

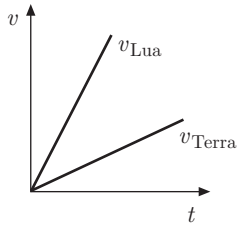
**(B)** $F_{g_{\text{Terra}}} = \sqrt{6}\, F_{g_{\text{Lua}}}$

**(C)** $F_{g_{\text{Terra}}} = \frac{1}{6} F_{g_{\text{Lua}}}$

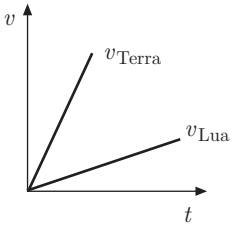
**(D)** $F_{g_{\text{Terra}}} = 6 F_{g_{\text{Lua}}}$

**1.5.** Com base na informação apresentada no texto, seleccione o gráfico que traduz o modo como variam os módulos da velocidade de um corpo em movimento de queda livre vertical, próximo da superfície da Lua, $v_{\text{Lua}}$, e próximo da superfície da Terra, $v_{\text{Terra}}$, em função do tempo de queda.

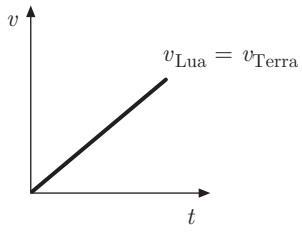
**(A)**



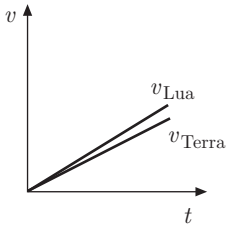

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**2.** 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 1 (a figura não está representada à escala).

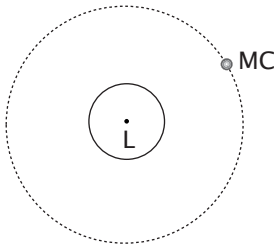
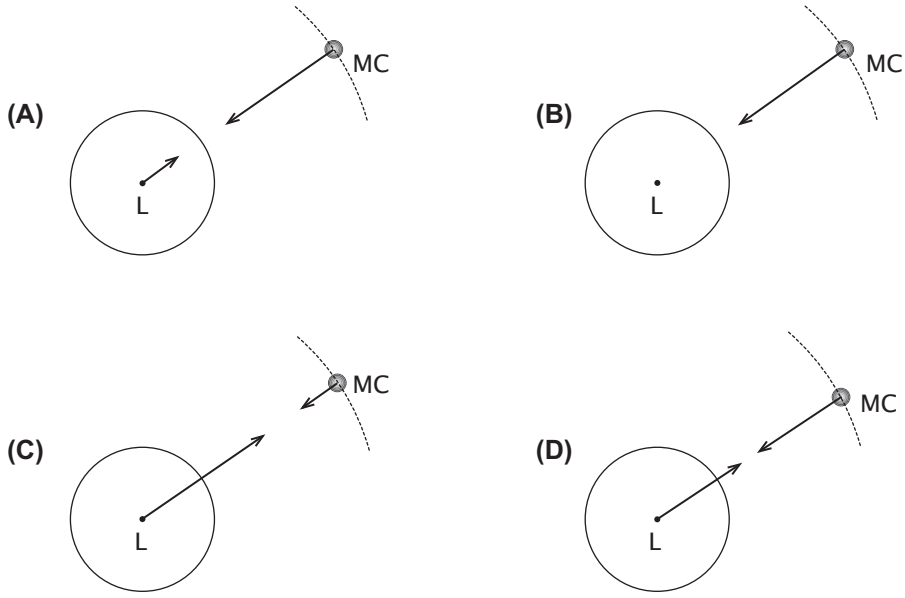


Fig. 1

**2.1.** Tendo em conta a situação descrita, seleccione o diagrama que representa correctamente as forças de interacção entre o Módulo de Comando e a Lua.




**2.2.** 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)** O valor da energia cinética do MC variou ao longo da órbita.

**2.3.** Para recolher amostras na superfície lunar, os astronautas usaram um utensílio de cabo extensível, tal como representado na figura 2. 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 igual a 0,50 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 × $10^{-2}$ J.

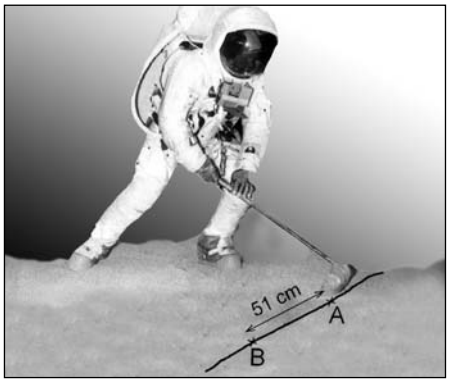



Fig. 2

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.4.** Uma vez que na Lua «o silêncio é total», os astronautas comunicavam entre si, mesmo a pequena distância, por meio de ondas electromagnéticas.
Qualquer sinal sonoro, antes de poder ser enviado sob a forma de uma onda electromagnética, deve ser transformado num sinal eléctrico, recorrendo, por exemplo, a um microfone de indução.

**2.4.1.** O funcionamento do microfone de indução baseia-se no fenómeno da indução electromagnética, descoberto por Faraday.
Este fenómeno pode ser evidenciado com um circuito constituído apenas por uma bobina ligada a um aparelho de medida adequado. Verifica-se que esse aparelho de medida detecta a passagem de corrente no circuito, quando se move um íman no interior da bobina (figura 3).

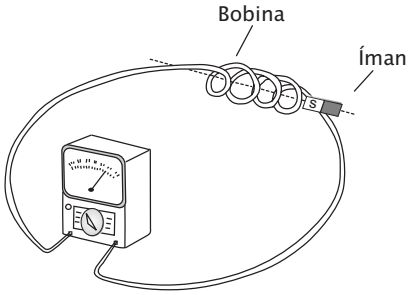



Fig. 3

Tendo em conta a situação descrita, seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

Quanto mais rápido é o movimento do íman no interior da bobina, …

**(A)** ... menor é o módulo da força electromotriz induzida, sendo maior a energia que o circuito pode disponibilizar.

**(B)** … maior é o módulo da força electromotriz induzida, sendo menor a energia que o circuito pode disponibilizar.

**(C)** … maior é o módulo da força electromotriz induzida, sendo maior a energia que o circuito pode disponibilizar.

**(D)** … menor é o módulo da força electromotriz induzida, sendo menor a energia que o circuito pode disponibilizar.

**2.4.2.** O sinal eléctrico gerado num microfone tem frequências demasiado baixas para ser encaminhado directamente para a antena emissora. Deve, por esse motivo, sofrer um processo de modulação.

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

**3.** Um sistema químico muito estudado é o que corresponde à reacção entre o hidrogénio gasoso e o vapor de iodo para formar iodeto de hidrogénio, HI. Esta reacção reversível é traduzida pela seguinte equação química:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2\ HI(g)$$

Tal como qualquer outro sistema químico em equilíbrio, também este sistema é capaz de evoluir num sentido ou noutro, devido a algumas alterações que nele se produzam.

**3.1.** À temperatura de 430 ºC, fez-se reagir 0,500 mol de $H_2(g)$ e 0,500 mol de $I_2(g)$, num recipiente fechado, de capacidade igual a 1,00 L. A reacção 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 4, que representa a evolução das concentrações dos reagentes e do produto da reacção, ao longo do tempo, à mesma temperatura.

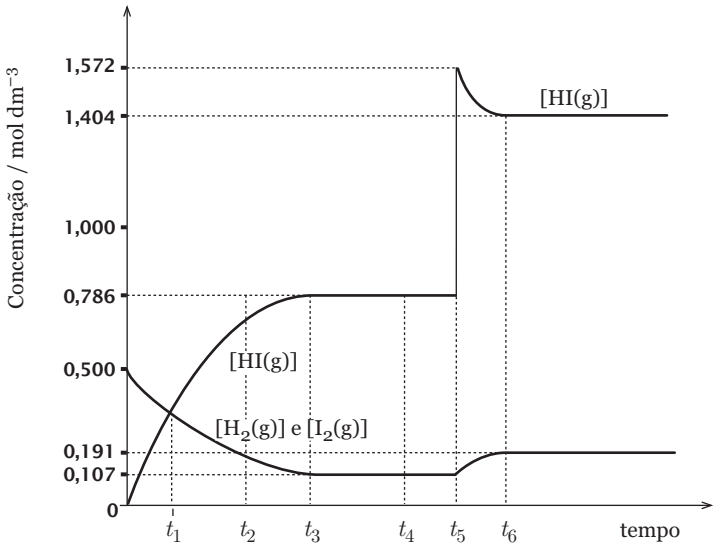



Fig. 4

**3.1.1.** Tendo em conta a informação fornecida pelo gráfico, seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

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, respectivamente, …

**(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 $t_6$

**3.1.2.** Escreva a expressão que traduz a constante de equilíbrio, $K_c$, da reacção em causa. Utilizando a informação contida no gráfico, calcule o valor dessa constante, à temperatura referida.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.2.** O iodeto de hidrogénio, HI(g), é um gás cujas moléculas são constituídas por átomos de hidrogénio e átomos de iodo.

**3.2.1.** Tendo em conta a posição dos elementos iodo e flúor na Tabela Periódica, seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

O iodo e o flúor 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 electrões de valência.

**(D)** ... apresentam valores muito semelhantes de raio atómico.

**3.2.2.** A figura 5 representa o espectro de emissão do átomo de hidrogénio.




Fig. 5

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.

**3.2.3.** À semelhança do iodeto de hidrogénio, HI(g), também o fluoreto de hidrogénio, HF(g), apresenta elevada solubilidade em água.
O fluoreto de hidrogénio, em solução aquosa, sofre uma reacção de ionização que pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$HF(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons F^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

Seleccione a alternativa que refere as duas espécies que, na reacção acima indicada, se comportam como bases de Brönsted-Lowry.

**(A)** $H_2O(\ell)$ e $F^-(aq)$

**(B)** $F^-(aq)$ e $H_3O^+(aq)$

**(C)** $HF(aq)$ e $F^-(aq)$

**(D)** $HF(aq)$ e $H_2O(\ell)$

**4.** A preparação de soluções aquosas de uma dada concentração é uma actividade muito comum, quando se trabalha num laboratório químico.

No decurso de um trabalho laboratorial, um grupo de alunos preparou, com rigor, 250,00 $cm^3$ de uma solução aquosa, por pesagem de uma substância sólida.

**4.1.** Na figura 6 está representado um balão volumétrico calibrado de 250 mL, semelhante ao utilizado pelos alunos na preparação da solução.

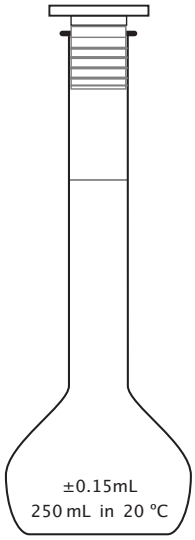



Fig. 6

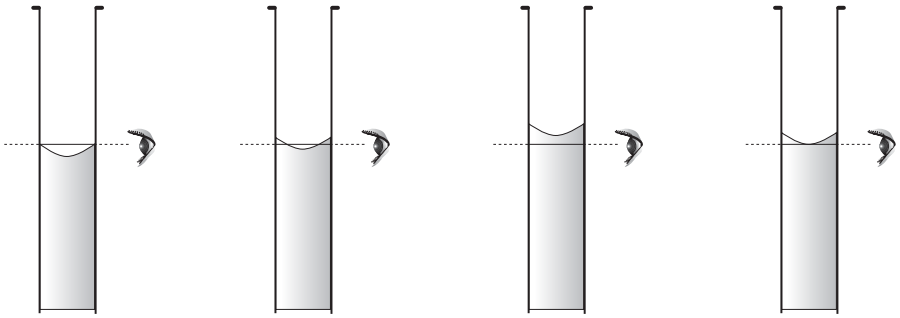
No balão estão indicadas a sua capacidade, a incerteza associada à sua calibração e a temperatura à qual esta foi efectuada.

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

**4.1.1.** 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 ºC.

**4.1.2.** Os alunos deverão ter alguns cuidados ao efectuarem a leitura do nível de líquido no colo do balão, de modo a medirem correctamente o volume de solução aquosa preparada.

Seleccione a alternativa que corresponde à condição correcta de medição.



**(A)** **(B)** **(C)** **(D)**

**4.2.** O grupo de alunos teve que preparar, com rigor, 250,00 $cm^3$ de solução de tiossulfato de sódio penta-hidratado, $Na_2S_2O_3 \cdot 5\,H_2O(aq)$ ($M$ = 248,22 g $mol^{-1}$), de concentração 3,00 × $10^{-2}$ mol $dm^{-3}$, por pesagem do soluto sólido.

Calcule a massa de tiossulfato de sódio penta-hidratado que foi necessário pesar, de modo a preparar a solução pretendida.

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.3.** Considere que os alunos prepararam ainda, com rigor, 50,00 $cm^3$ de uma solução de concentração 6,00 × $10^{-3}$ mol $dm^{-3}$, por diluição da solução 3,00 × $10^{-2}$ mol $dm^{-3}$ de tiossulfato de sódio penta-hidratado.

**4.3.1.** Seleccione a alternativa que permite calcular correctamente o volume, expresso em $cm^3$, da solução mais concentrada, que os alunos tiveram que medir, de modo a prepararem a solução pretendida.

**(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)** $V = \frac{6,00 \times 10^{-3}}{50,00 \times 3,00 \times 10^{-2}} \text{ cm}^3$

**4.3.2.** Para medirem o volume da solução mais concentrada, os alunos utilizaram material de laboratório adequado.

Seleccione a alternativa que refere o tipo de instrumento de medição de volumes de líquidos que deverá ter sido utilizado naquela medição.

**(A)** Balão de Erlenmeyer

**(B)** Proveta

**(C)** Pipeta

**(D)** Gobelé

**5.** A água consegue dissolver, em extensão apreciável, um elevado número de substâncias. O cloreto de sódio, NaC$\ell$, é exemplo de uma substância muito solúvel em água.

**5.1.** Considerando que a solubilidade do NaC$\ell$ em água, a 25 ºC, é igual a 36,0 g NaC$\ell$/100 g $H_2O$, seleccione a opção que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

Adicionando 90,0 g de NaC$\ell$(s) a 250 g de água, a 25 ºC, obtém-se uma solução __(a)__ naquele composto, __(b)__ sólido depositado no fundo do recipiente.

**(A)** ... saturada … sem …

**(B)** … insaturada … sem …

**(C)** … saturada … com …

**(D)** … insaturada … com …

**5.2.** Em solução aquosa, o ácido clorídrico, $HC\ell(aq)$, reage com o hidróxido de sódio, NaOH (aq). Esta reacção pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$HC\ell(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaC\ell(aq) + H_2O(\ell)$$

Considere que se fez reagir 25,0 $cm^3$ de ácido clorídrico, de concentração 0,100 mol $dm^{-3}$, com um determinado volume de uma solução aquosa de hidróxido de sódio, contendo $1,0 \times 10^{-3}$ mol de NaOH.

Calcule o $\mathrm{pH}$ da solução resultante, sabendo que o volume total desta solução é 35,0 $cm^3$.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

Na figura 7 está representado um gerador, que produz corrente eléctrica sempre que se deixa cair o corpo C. Admita que a corrente eléctrica assim produzida é utilizada para aquecer um bloco de prata, de massa 600 g, nas condições da figura.

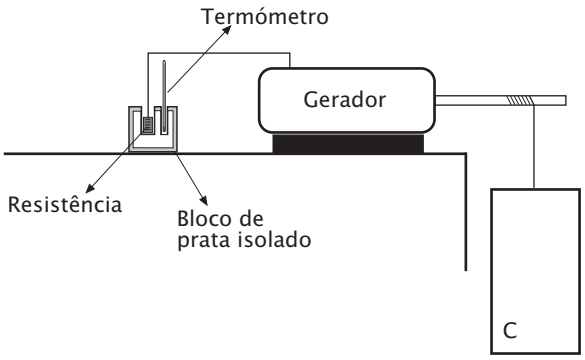



Fig. 7

Considere que a temperatura do bloco de prata aumenta 0,80 ºC 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.

**$c$ (capacidade térmica mássica da prata) = $2,34 \times 10^2$ J $kg^{-1}$ $ºC^{-1}$.**

# FIM

**1.** Leia atentamente o seguinte texto.

O receptor GPS utilizado nos carros é uma parte do chamado sistema GPS (Global Positioning System), que foi criado e é controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.
A finalidade do GPS é determinar a posição de um objecto localizado na superfície da Terra dando as três dimensões: longitude, latitude e altitude.
O sistema GPS pode ser descrito em termos de três componentes: a espacial, a de controlo e a do utilizador.
A componente espacial é constituída por 24 satélites com relógios atómicos, que descrevem órbitas circulares em torno da Terra, com um período orbital de 12 h, distribuídos em 6 planos orbitais.
A componente de controlo é constituída por um conjunto de estações terrestres que recebem continuamente informação dos satélites. Os dados são depois enviados para uma Estação de Controlo, em Colorado Springs, que analisa a posição relativa de cada satélite e projecta as suas trajectórias e o comportamento dos relógios para as horas seguintes.
A componente do utilizador é constituída pelo receptor que se encontra na superfície da Terra.
A posição de um objecto à superfície da Terra é fornecida pelos sinais electromagnéticos provenientes de três satélites. Cada satélite envia um sinal codificado com a sua localização e o instante de emissão do sinal. O receptor GPS regista o instante da recepção de cada sinal e calcula a distância a que se encontra o satélite.
O receptor está localizado num ponto de intersecção de três superfícies esféricas centradas em cada satélite, cujo raio corresponde à distância entre o receptor e o satélite.
O relógio do receptor GPS não é tão preciso como os relógios atómicos dos satélites. Por isso, é utilizado um sinal de um quarto satélite para sincronizar o relógio do receptor com os dos satélites.

Adaptado do sítio *Cosmo.fis.fc.ul.pt/crawford/artigos*

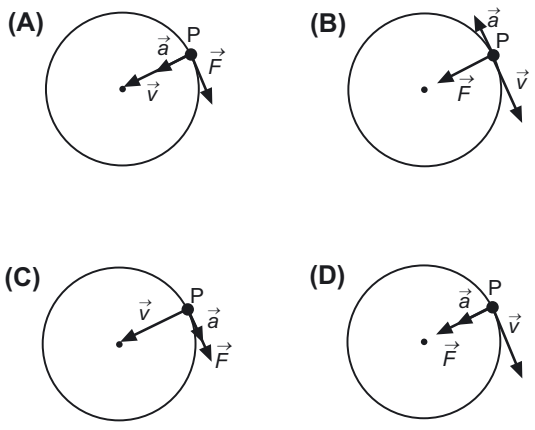
**1.1.** Indique, com base na informação contida no texto, o número de voltas em torno da Terra que um satélite do sistema GPS efectua durante um dia.

**1.2.** Escreva um texto no qual explique, com base na informação acima fornecida, como o sistema GPS determina a localização de um receptor GPS num determinado local, referindo-se:

- à função da componente espacial;
- à função da componente do utilizador;
- ao processo de localização do receptor GPS.

**1.3.** Considere um satélite que descreve uma trajectória circular, em volta da Terra, com velocidade de módulo constante e as grandezas vectoriais força, velocidade e aceleração associadas a esse movimento.

Seleccione o esquema que pode representar estas grandezas quando o satélite passa no ponto P da trajectória descrita.



**1.4.** De acordo com o texto, a finalidade do GPS é determinar a posição de um objecto à superfície da Terra dando as três dimensões: longitude, latitude e altitude. Tendo em conta a natureza destas dimensões, seleccione a alternativa correcta.

**(A)** Cada local, na superfície da Terra, está a uma latitude diferente.

**(B)** Pode localizar-se uma cidade conhecendo apenas a sua longitude.

**(C)** A latitude é medida em relação ao Equador da Terra.

**(D)** A latitude é medida em relação ao semi-meridiano de Greenwich.

**2.** Um carro move-se horizontalmente ao longo de uma estrada com velocidade de módulo variável e descreve uma trajectória rectilínea. O gráfico da figura 1 representa a sua posição relativamente a um marco quilométrico, em função do tempo.

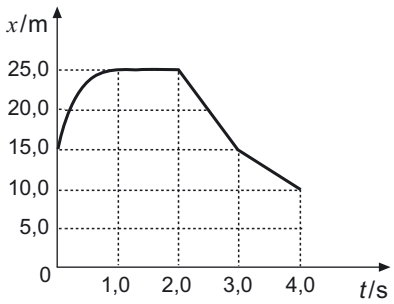


Fig. 1

**2.1.** Classifique como verdadeiras (**V**) ou falsas (**F**) as afirmações seguintes.

**(A)** A velocidade do carro variou no intervalo de tempo [0,0; 1,0] s.

**(B)** O carro moveu-se no sentido positivo da trajectória no intervalo de tempo [2,0; 3,0] s.

**(C)** O movimento do carro foi uniformemente retardado no intervalo de tempo [3,0; 4,0] s.

**(D)** O movimento do carro foi uniforme no intervalo de tempo [1,0; 2,0] s.

**(E)** O valor da velocidade do carro é negativo no intervalo de tempo [3,0; 4,0] s.

**(F)** A distância que separa o carro do marco quilométrico é máxima no intervalo de tempo [1,0; 2,0] s.

**(G)** A distância percorrida pelo carro, no intervalo de tempo [0,0; 1,0] s, é maior do que no intervalo de tempo [2,0; 3,0] s.

**(H)** O módulo da velocidade do carro, no intervalo de tempo [2,0; 3,0] s, é maior do que no intervalo de tempo [3,0; 4,0] s.

**2.2.** Considere o intervalo de tempo [2,0; 3,0] s do gráfico da figura 1. A energia cinética do sistema *carro e ocupantes* nesse intervalo de tempo é $7{,}5 \times 10^4$ J.

**2.2.1.** Calcule a massa do sistema *carro e ocupantes*.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.2.** Admita que 60% da energia do combustível do carro é consumida nos sistemas de arrefecimento e no escape, 25% é aproveitada para o movimento do carro e a restante é dissipada nos atritos.

Determine o valor da energia dissipada nos atritos.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.3.** Admita que, no intervalo de tempo [0,0; 1,0] s, a lei do movimento do carro é

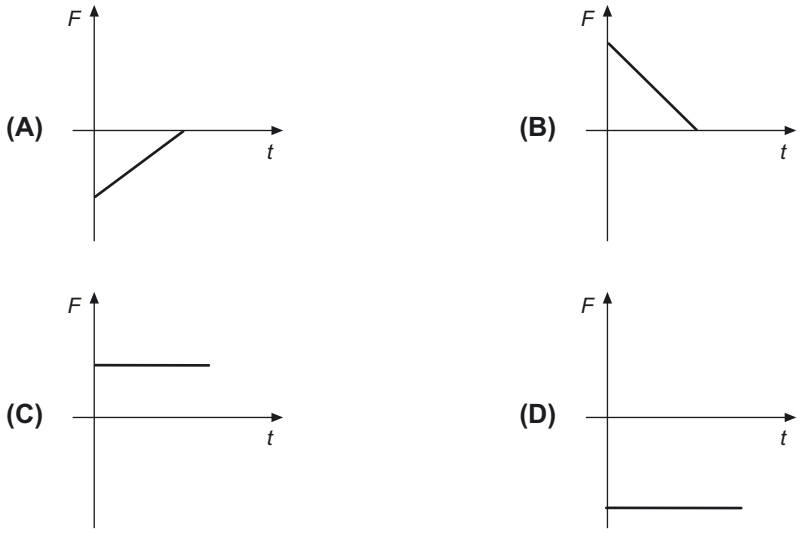
$$x = -2{,}0\,t^2 + 12{,}0\,t + 15{,}0 \quad \text{(SI)}.$$

**2.3.1.** Calcule o módulo da velocidade do carro no instante 0,4 s e indique a direcção e o sentido da velocidade nesse instante.

A resolução pode ser efectuada por cálculos numéricos ou utilizando a máquina de calcular gráfica.

Apresente todas as etapas de resolução, ou, se utilizar a máquina, refira os procedimentos efectuados.

**2.3.2.** Seleccione o gráfico que melhor traduz a força aplicada no carro, em função do tempo, no intervalo [0,0; 1,0] s.




**2.4.** Quando parou, o condutor lançou uma bola, horizontalmente, para fora do carro.

Seleccione a alternativa correcta relativamente ao movimento da bola.

**(A)** Durante a queda, o módulo da componente da velocidade na direcção horizontal vai aumentando.

**(B)** Durante a queda, o módulo da componente da velocidade na direcção vertical aumenta linearmente com o tempo.

**(C)** A trajectória é parabólica, porque a resultante das forças aplicadas, em cada instante, tem direcção horizontal.

**(D)** A trajectória é parabólica, porque a aceleração é, em cada instante, perpendicular à direcção do movimento.

**3.** Um sinal sonoro propaga-se no espaço permitindo a comunicação.

**3.1.** Considere dois sinais sonoros, A e B, que se propagam, respectivamente, no meio 1 e no meio 2. Nos gráficos da figura 2 estão representadas as posições das partículas em cada um dos meios, em determinado instante, devido à propagação dos sinais A e B. A velocidade de propagação do som no meio 2 é superior à velocidade de propagação do som no meio 1.

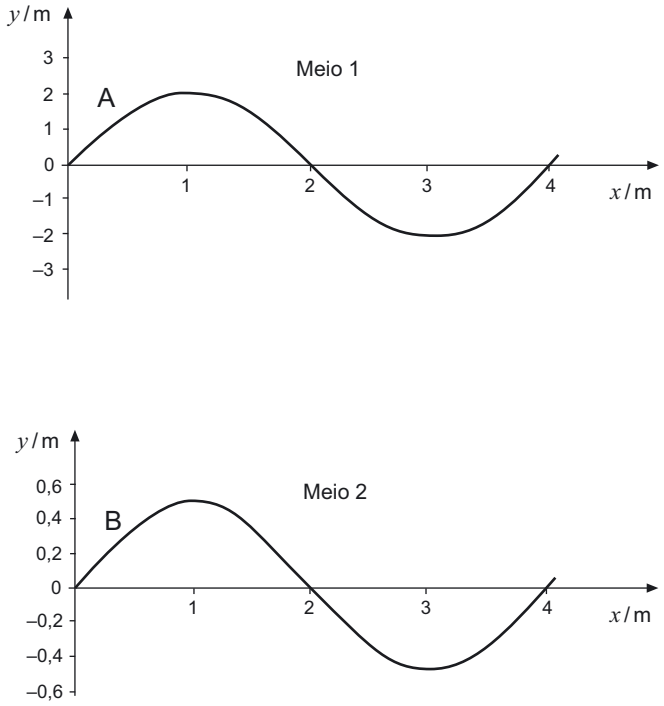



Fig. 2

Compare as frequências dos sinais A e B. Justifique a resposta, utilizando a expressão matemática adequada.

**3.2.** Na comunicação verbal a curtas distâncias, as cordas vocais vibram, produzindo, em geral, sons complexos.

Relativamente a este tipo de sons, seleccione a opção que completa correctamente a frase seguinte.

Os sons produzidos pelas cordas vocais...

**(A)** ... provocam o movimento das partículas do ar na direcção perpendicular à sua propagação.

**(B)** ... têm uma frequência inferior à frequência de vibração dessas cordas vocais.

**(C)** ... podem ser expressos pela função $A \sin(\omega t)$.

**(D)** ... são uma sobreposição de sons harmónicos.

**4.** Em 1820, Oersted verificou experimentalmente que a corrente eléctrica produz efeitos magnéticos. Em 1831, Faraday evidenciou, também experimentalmente, a possibilidade de induzir corrente eléctrica num circuito fechado não ligado a uma fonte de alimentação, a partir de um campo magnético que varia no tempo. Assim surgiu a teoria electromagnética, cujo desenvolvimento se baseou no conceito de campo.

**4.1.** Considere um íman paralelo ao eixo dos $zz$ e uma espira, E, de fio de cobre colocada no plano $xOy$, conforme ilustra a figura 3.

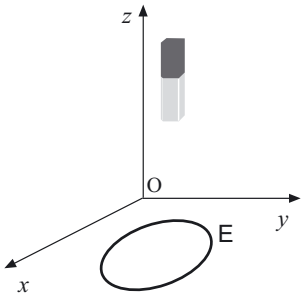



Fig. 3

Seleccione a opção que completa correctamente a frase seguinte.

A corrente eléctrica que passa na espira é nula quando o íman...

**(A)** ... e a espira se deslocam verticalmente para cima com velocidades diferentes.

**(B)** ... está em repouso e a espira se desloca verticalmente para cima.

**(C)** ... está em repouso e a espira se desloca horizontalmente para a direita.

**(D)** ... e a espira se deslocam verticalmente para cima, com a mesma velocidade.

**4.2.** A figura 4 representa, no plano $xOy$, as linhas de um campo eléctrico, em que numa delas se situam os pontos A e B.

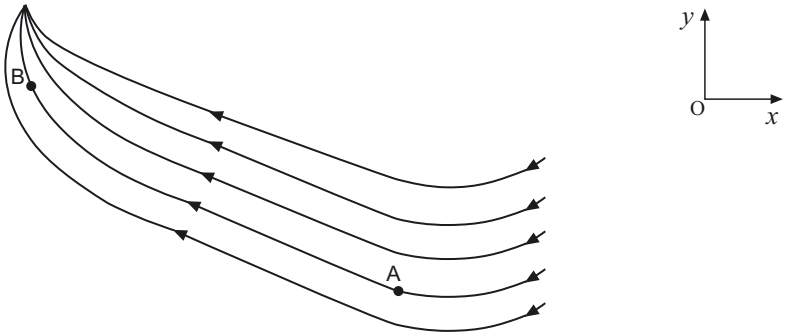



Fig. 4

Seleccione a alternativa correcta.

**(A)** Se o módulo do campo em A for $5 \times 10^{-2}$ V m$^{-1}$, em B tem também o módulo de $5 \times 10^{-2}$ V m$^{-1}$.

**(B)** Em A o campo tem a direcção e o sentido do eixo dos $xx$ e em B o campo tem a direcção e o sentido do eixo dos $yy$.

**(C)** Se o módulo do campo em A for $3 \times 10^{-2}$ V m$^{-1}$, em B pode ter o módulo de $5 \times 10^{-2}$ V m$^{-1}$ .

**(D)** Em A e em B o campo tem direcção perpendicular ao plano $xOy$.

**5.** As ondas electromagnéticas são um dos veículos de transferência de energia. Para comparar o poder de absorção da radiação electromagnética de duas superfícies, utilizaram-se duas latas de alumínio, cilíndricas, pintadas com tinta baça, uma de preto e a outra de branco.

Colocou-se uma das latas a uma certa distância de uma lâmpada de 100 W, como apresenta a figura 5, e registou-se, regularmente, a temperatura no interior dessa lata, repetindo-se o mesmo procedimento para a outra lata.

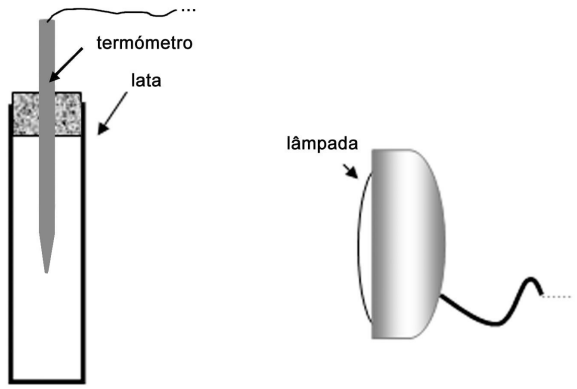



Fig. 5

O gráfico da figura 6 traduz a evolução da temperatura de cada uma das latas, em equilíbrio com o seu interior.

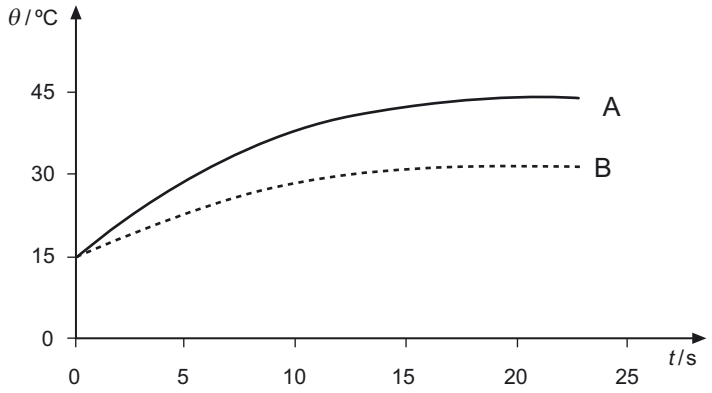



Fig. 6

**5.1.** Admita que, nas medições de temperatura efectuadas, se utilizou um termómetro digital. O menor intervalo de temperatura que mede é uma décima de grau.
Atendendo à incerteza associada à medição, seleccione a opção que completa correctamente a frase seguinte.

O valor da temperatura das latas, no instante zero, deve ser apresentado na forma...

**(A)** ... $\theta_0$ = (15,0 ± 0,1) ºC.

**(B)** ... $\theta_0$ = (15,00 ± 0,05) ºC.

**(C)** ... $\theta_0$ = (15,00 ± 0,10) ºC.

**(D)** ... $\theta_0$ = (15,0 ± 0,5) ºC.

**5.2.** Seleccione a curva da figura 6 que traduz a evolução da temperatura da lata pintada de branco.

**5.3.** Seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

A temperatura de qualquer das latas aumenta inicialmente, porque parte da radiação é __(a)__ pela sua superfície e fica estável a partir de um determinado instante porque __(b)__ .

**(A)** ... reflectida ... deixa de haver trocas de energia.

**(B)** ... reflectida ... as taxas de emissão e absorção de energia se tornam iguais.

**(C)** ... absorvida ... deixa de haver trocas de energia.

**(D)** ... absorvida ... as taxas de emissão e absorção de energia se tornam iguais.

**FIM**

**1.** Leia atentamente o seguinte texto.

Imediatamente após o *Big-Bang*, há cerca de 15 mil milhões de anos, o Universo era constituído por partículas subatómicas, como neutrões, protões e electrões, e por radiação electromagnética, numa permanente interconversão de partículas e energia.

Iniciada a expansão e o consequente arrefecimento do Universo, a partir de certo momento ($t \simeq 3$ min), houve condições para a ocorrência de reacções nucleares que originaram os primeiros núcleos. Decorridos cerca de 300 000 anos, formaram-se os primeiros átomos estáveis, como os de hidrogénio e os de hélio.

Aproximadamente dois milhões de anos depois, formaram-se as estrelas, nas quais as reacções nucleares originaram elementos mais pesados, como oxigénio, carbono, azoto e ferro.

**1.1.** Seleccione, com base no texto, a opção que completa correctamente a frase seguinte.

A formação de núcleos atómicos no Universo não foi simultânea com o aparecimento de partículas subatómicas, porque...

**(A)** ... a energia era insuficiente para permitir que neutrões e protões formassem núcleos atómicos.

**(B)** ... a energia era tão elevada que, mesmo que se formassem núcleos atómicos, eram imediatamente destruídos.

**(C)** ... o aparecimento de núcleos atómicos dependia das dimensões do Universo e, consequentemente, da sua contracção.

**(D)** ... o aparecimento de núcleos atómicos dependia apenas da quantidade existente de partículas subatómicas.

**1.2.** Seleccione, de entre as seguintes reacções nucleares, a que corresponde a uma reacção nuclear de fusão.

**(A)** $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^{4}_{2}\text{He}$

**(B)** $^{44}_{22}\text{Ti} + {}^{0}_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{44}_{21}\text{Sc}$

**(C)** $^{8}_{4}\text{Be} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{12}_{6}\text{C}$

**(D)** $^{14}_{7}\text{N} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{14}_{6}\text{C} + {}^{1}_{1}\text{p}$

**1.3.** De acordo com o texto, o hidrogénio terá sido o primeiro átomo estável a formar-se.

Relativamente ao átomo de hidrogénio, seleccione a alternativa correcta.

**(A)** O átomo encontra-se no estado de energia máxima quando o electrão está no nível de energia $n = 1$.

**(B)** Quando o átomo passa de um estado excitado para o estado fundamental, emite radiação ultravioleta.

**(C)** O espectro de emissão do átomo é descontínuo, mas o seu espectro de absorção é contínuo.

**(D)** Quando o electrão transita entre quaisquer dois níveis, o valor da energia emitida pelo átomo é sempre o mesmo.

**1.4.** Relativamente ao lítio, um dos primeiros elementos formados, seleccione a alternativa correcta.

**(A)** O átomo de lítio não pode ter electrões na orbital caracterizada pelo conjunto de números quânticos $n = 3$, $\ell = 0$, $m_\ell = 0$.

**(B)** Um dos electrões do átomo de lítio, no estado fundamental, pode caracterizar-se pelo conjunto de números quânticos $n = 1$, $\ell = 0$, $m_\ell = 0$ e $m_s = ½$.

**(C)** Dois dos electrões do átomo de lítio caracterizam-se pelo mesmo conjunto de números quânticos.

**(D)** O electrão mais energético do átomo de lítio, no estado fundamental, ocupa uma orbital com $\ell = 1$.

**1.5.** A configuração electrónica de um átomo de azoto no estado fundamental é $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$. Embora em qualquer orbital possam existir dois electrões, cada orbital *p* encontra-se semipreenchida.

Indique o nome da regra aplicada no preenchimento das orbitais 2*p*.

**1.6.** Relativamente aos elementos dos grupos 1 e 17 da Tabela Periódica, nos quais se incluem, respectivamente, o lítio e o flúor, seleccione a afirmação correcta.

**(A)** O raio atómico do lítio é superior ao raio atómico do flúor.

**(B)** A energia de ionização do flúor é inferior à energia de ionização do lítio.

**(C)** O elemento metálico do grupo 1 que tem maior raio atómico é o lítio.

**(D)** O elemento do grupo 17 que tem menor energia de ionização é o flúor.

**1.7.** O efeito fotoeléctrico, interpretado por Einstein, consiste na ejecção de electrões por superfícies metálicas, quando nelas incidem determinadas radiações.

Seleccione a opção que completa correctamente a frase seguinte.

Quando um fotão de luz amarela de energia $3{,}4 \times 10^{-19}$ J incide sobre uma placa de lítio, ocorre a ejecção de um electrão com energia cinética igual a...

**(A)** ... $1{,}6 \times 10^{-19}$ J.

**(B)** ... $1{,}8 \times 10^{-19}$ J.

**(C)** ... $3{,}4 \times 10^{-19}$ J.

**(D)** ... $5{,}0 \times 10^{-19}$ J.

**Energia mínima de remoção do lítio = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J/electrão**

**1.8.** No Universo actual, as distâncias entre os corpos celestes são de tal maneira grandes que houve necessidade de utilizar unidades de medida especiais.
A luz que, num dado instante, é emitida pela estrela Alfa de Centauro só é detectada na Terra 4,24 anos depois.

Calcule a distância entre a Terra e a estrela Alfa de Centauro, em unidades SI.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Leia atentamente o seguinte texto.

A actividade humana tem efeitos potencialmente desastrosos nas camadas superiores da atmosfera. Certos produtos químicos libertados no ar, em particular os compostos genericamente denominados CFC, vastamente usados em refrigeração e na indústria electrónica, estão a destruir o ozono na estratosfera. Sem esta camada de ozono estratosférica, a radiação ultravioleta solar atingiria a superfície da Terra com uma intensidade muito elevada, destruindo a maioria das moléculas que constituem o tecido vivo.

Em 1985, cientistas descobriram um «buraco» na camada de ozono, sobre a Antárctida, que, de um modo geral, tem vindo a aumentar de ano para ano.

Através de acordos internacionais, a utilização dos CFC tem vindo a ser abandonada, sendo estes substituídos por compostos que não destroem o ozono, permitindo que a luz solar produza naturalmente mais ozono estratosférico.

No entanto, serão necessárias várias décadas para reparar os danos causados na camada do ozono.

Esta situação é um exemplo de que comportamentos que foram adoptados no passado, e que ajudaram a assegurar a sobrevivência dos nossos antepassados, podem não ser os comportamentos mais sensatos no futuro.

Adaptado de Freedman, R. A., Kaufmann III, W. J., *UNIVERSE*, 6$^{th}$ edition,
W. H. Freeman and Company, New York 2002

**2.1.** *«Comportamentos que foram adoptados no passado, e que ajudaram a assegurar a sobrevivência dos nossos antepassados, podem não ser os comportamentos mais sensatos no futuro.»*

Escreva um texto no qual relacione esta frase com o restante conteúdo do texto acima apresentado, referindo-se a:

- Comportamentos anteriormente adoptados pela indústria e que vieram a revelar-se nocivos;
- Efeitos nocivos resultantes desses comportamentos;
- Medidas tomadas para minorar esses efeitos.

**2.2.** Indique a principal função da camada de ozono.

**2.3.** A energia de ionização da molécula de oxigénio é $1{,}9 \times 10^{-18}$ J, enquanto a sua energia de dissociação é $8{,}3 \times 10^{-19}$ J.
As radiações, que são absorvidas pelas espécies químicas existentes na estratosfera, têm valores de energia entre $6{,}6 \times 10^{-19}$ J e $9{,}9 \times 10^{-19}$ J.

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

**3.** Actualmente, a troposfera é constituída por espécies maioritárias, como o azoto, $N_2$, o oxigénio, $O_2$, a água, $H_2O$, e o dióxido de carbono, $CO_2$, além de diversas espécies vestigiais, como o hidrogénio, $H_2$, o metano, $CH_4$, e o amoníaco, $NH_3$.

**3.1.** Considerando as moléculas de $N_2$ e de $O_2$, seleccione a alternativa que corresponde à representação correcta de uma dessas moléculas.

**(A)** $|O \equiv O|$

**(B)** $|\underline{N} = \underline{N}|$

**(C)** $|\overline{\underline{O}} - \overline{\underline{O}}|$

**(D)** $|N \equiv N|$

**3.2.** Relativamente à geometria molecular, seleccione a alternativa correcta.

**(A)** A molécula $H_2O$ tem geometria linear.

**(B)** A molécula $NH_3$ tem geometria piramidal trigonal.

**(C)** A molécula $CH_4$ tem geometria quadrangular plana.

**(D)** A molécula $CO_2$ tem geometria angular.

**4.** Em 1811, Avogadro concluiu que volumes iguais de gases diferentes, medidos nas mesmas condições de pressão e de temperatura, contêm o mesmo número de partículas.
A partir deste princípio, tornou-se possível calcular o volume molar, $V_m$, de um gás e, também, a sua densidade, em quaisquer condições de pressão e temperatura.

**4.1.** Calcule a densidade do dióxido de carbono ($CO_2$), em condições normais de pressão e temperatura (condições PTN).

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.2.** Tendo em conta a conclusão de Avogadro, seleccione a opção que completa correctamente a frase seguinte.

Em condições PTN, ...

**(A)** ... uma mistura de 0,25 mol de $O_2$ e 0,75 mol de $N_2$ ocupa 22,4 $dm^3$.

**(B)** ... 1,0 mol de $O_2$ ocupa um volume menor do que 1,0 mol de $CO_2$.

**(C)** ... a densidade de um gás é tanto maior quanto menor for a sua massa molar.

**(D)** ... massas iguais de $N_2$ e de $O_2$ ocupam o mesmo volume.

**5.** As soluções são misturas homogéneas, sendo constituídas por uma única fase. A composição quantitativa de uma solução traduz-se, frequentemente, pela concentração expressa em mol $dm^{-3}$.
Para uma determinada actividade experimental, um grupo de alunos tem de preparar 250 $cm^3$ 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.

**6.** Os principais constituintes do petróleo bruto e do gás natural são compostos orgânicos pertencentes à família dos alcanos, também designados por hidrocarbonetos saturados.

Relativamente aos alcanos, classifique cada uma das seguintes afirmações como verdadeira (**V**) ou falsa (**F**).

**(A)** Os alcanos têm fórmula geral $C_nH_{2n+2}$ (com n = 1,2 3, ..., sendo n o número de átomos de carbono).

**(B)** O alcano designado por heptano tem apenas seis átomos de carbono.

**(C)** Os alcanos podem ter ligações carbono-carbono simples e duplas.

**(D)** Um dos átomos de carbono do 2,2-dimetilpropano está ligado a quatro átomos de carbono.

**(E)** Os alcanos são hidrocarbonetos por só conterem átomos de carbono e de hidrogénio.

**(F)** Um alcano com apenas três átomos de carbono pode ser ramificado.

**(G)** O hexano tem mais átomos de carbono do que o 2,3-dimetilbutano.

**(H)** Os CFC podem ser considerados derivados halogenados dos alcanos.

**FIM**

**1.** Leia atentamente o seguinte texto.

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 objectos do mesmo material, um muito grande e outro muito pequeno, constatamos que cai primeiro o objecto 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, objectos diferentes, por exemplo, uma chave e uma pena, e observar que chegam ao fundo do tubo exactamente ao mesmo tempo. Esse instrumento permite efectuar, em condições ideais, a hipotética experiência de Galileu na torre de Pisa.

Adaptado de *Física Divertida*, Carlos Fiolhais, Gradiva, 1991

**1.1.** Com base na informação apresentada no texto, seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

Na ausência de resistência do ar, o tempo de queda de um objecto depende…

**(A)** … da sua forma.

**(B)** … da sua massa.

**(C)** … da sua densidade.

**(D)** … da altura de queda.

**1.2.** Considere um objecto 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 objecto, ele acaba por atingir a velocidade terminal.

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

- Identificação das forças que sobre ele actuam, 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.

**1.3.** 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.

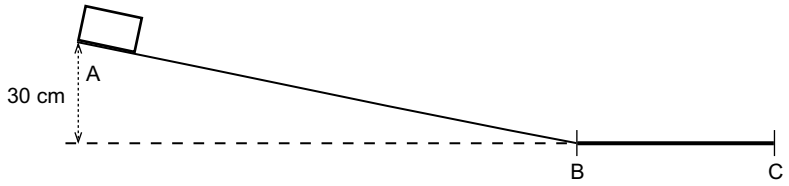



Fig. 1

A figura 1 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 actuar 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.

**2.** No século XIX, J. P. Joule mostrou que a queda de objectos 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 eléctrica, que permitiram o desenvolvimento de alguns sistemas de aquecimento de água, usados actualmente em nossas casas, como as cafeteiras eléctricas.

**2.1.** Nessas cafeteiras a resistência eléctrica 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.

**2.2.** A figura 2 representa um gráfico da variação da temperatura, $\Delta T$, de uma amostra de água contida numa cafeteira eléctrica, em função da energia, $E$, que lhe é fornecida.

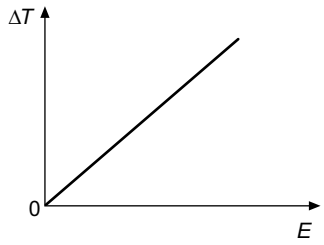



Fig. 2

Sabendo que essa amostra tem uma massa $m$ e uma capacidade térmica mássica $c$, seleccione a alternativa que contém a expressão que traduz o declive da recta representada na figura 2.

**(A)** $\frac{c}{m}$

**(B)** $mc$

**(C)** $\frac{m}{c}$

**(D)** $\frac{1}{mc}$

**3.** Muitos dos sistemas de aquecimento utilizados, tanto a nível industrial, como doméstico, recorrem às reacções de combustão dos alcanos, uma vez que estas reacções são fortemente exotérmicas.

**3.1.** O metano, $CH_4$, o etano, $C_2H_6$, o propano, $C_3H_8$, e o butano, $C_4H_{10}$, são gases nas condições normais de pressão e temperatura (PTN).

Nessas condições, a densidade de um desses gases é aproximadamente 1,343 g $dm^{-3}$.

Seleccione a alternativa que refere o gás que apresenta esse valor de densidade.

**(A)** Metano, $CH_4$

**(B)** Etano, $C_2H_6$

**(C)** Propano, $C_3H_8$

**(D)** Butano, $C_4H_{10}$

**3.2.** A reacção de combustão do butano ($M$ = 58,14 g $mol^{-1}$) no ar pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$2\ C_4H_{10}(g)\ +\ 13\ O_2(g)\ \longrightarrow\ 8\ CO_2(g)\ +\ 10\ H_2O(g)$$

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.

**4.** As moléculas de amoníaco, $NH_3(g)$, e de metano, $CH_4(g)$, são constituídas por átomos de hidrogénio ligados a um átomo de um elemento do 2.º Período da Tabela Periódica, respectivamente azoto e carbono.

**4.1.** As transições electrónicas que ocorrem entre níveis de energia, *n*, no átomo de hidrogénio, estão associadas às riscas que se observam nos espectros de emissão e de absorção desse átomo.

Relativamente a essas transições classifique como verdadeira (V) ou falsa (F), cada uma das afirmações seguintes.

**(A)** A transição electrónica de $n = 3$ para $n = 1$ ocorre com emissão de radiação ultravioleta.

**(B)** A transição electrónica de $n = 3$ para $n = 4$ está associada a uma risca vermelha no espectro de absorção do átomo.

**(C)** A transição electrónica de $n = 5$ para $n = 3$ ocorre com emissão de radiação infravermelha.

**(D)** A transição electrónica de $n = 4$ para $n = 2$ está associada a uma risca colorida no espectro de emissão do átomo.

**(E)** Qualquer transição electrónica para $n = 2$ está associada a uma risca da série de Balmer.

**(F)** Os valores absolutos das energias envolvidas nas transições electrónicas de $n = 4$ para $n = 1$, e de $n = 1$ para $n = 4$, são iguais.

**(G)** A série de Lyman corresponde às transições electrónicas de qualquer nível para $n = 1$.

**(H)** A uma risca colorida no espectro de absorção do átomo corresponde uma risca negra no respectivo espectro de emissão.

**4.2.** No estado fundamental, a configuração electrónica do átomo de azoto é $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$, sendo cada orbital atómica caracterizada por um conjunto de números quânticos ($n$, $\ell$, $m_\ell$).

Seleccione a alternativa que corresponde ao conjunto de números quânticos que caracteriza uma das orbitais do átomo de azoto que, no estado fundamental, contém apenas um electrão.

**(A)** (2, 1, 2)

**(B)** (2, 1, 1)

**(C)** (2, 0, 1)

**(D)** (2, 0, 0)

**4.3.** No estado fundamental, a configuração electrónica do átomo de carbono, C, é $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$, enquanto a do átomo de silício, Si, é [Ne] $3s^2\ 3p^2$.

Relativamente a estes dois elementos, seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

O átomo de carbono tem ___(a)___ energia de ionização e ___(b)___ raio atómico do que o átomo de silício.

**(A)** ... maior ... menor ...

**(B)** ... maior ... maior ...

**(C)** ... menor ... menor ...

**(D)** ... menor ... maior ...

**4.4.** Os átomos de carbono e de azoto podem ligar-se entre si de modos diferentes. Em alguns compostos a ligação carbono–azoto é tripla (C ≡ N), enquanto noutros compostos a ligação carbono–azoto é simples (C — N).

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.

Seleccione a alternativa que contém os valores que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

O valor da energia média da ligação tripla carbono–azoto (C ≡ N) é ____(a)____, e o valor do comprimento médio dessa ligação é ____(b)____.

**(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.

**5.** O amoníaco é uma base, segundo a teoria de Brönsted-Lowry, sendo a sua reacção de ionização em água traduzida pela seguinte equação:

$$NH_3(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

**5.1.** Considerando que a espécie $NH_3(aq)$ é uma base mais fraca do que a espécie $OH^-(aq)$, seleccione a alternativa que corresponde a uma afirmação correcta.

**(A)** A espécie $NH_3(aq)$ aceita iões $H^+$ com maior facilidade do que a espécie $OH^-(aq)$.

**(B)** A espécie $NH_4^+(aq)$ cede iões $H^+$ com maior facilidade do que a espécie $H_2O(\ell)$.

**(C)** A espécie $H_2O(\ell)$ aceita iões $H^+$ com maior facilidade do que a espécie $NH_3(aq)$.

**(D)** A espécie $OH^-(aq)$ cede iões $H^+$ com maior facilidade do que a espécie $NH_4^+(aq)$.

**5.2.** Uma solução aquosa de amoníaco tem $\mathrm{pH}$ igual a 10,95, a 25 ºC.

Calcule a concentração da espécie $NH_3(aq)$ nessa solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

**$K_b$ ($NH_3$) = 1,8 × $10^{-5}$ (a 25 ºC)**

**5.3.** Considerando que a molécula de amoníaco, $NH_3$, possui três pares de electrões de valência ligantes e um par de electrões de valência não ligante, seleccione a alternativa que completa correctamente a frase seguinte.

A geometria da molécula de amoníaco é piramidal trigonal, sendo os ângulos de ligação menores do que os ângulos de um tetraedro regular, porque…

**(A)** ... apenas o par de electrões não ligante exerce repulsão sobre os pares de electrões ligantes.

**(B)** ... as repulsões entre o par de electrões não ligante e os pares de electrões ligantes têm a mesma intensidade que as repulsões entre os pares ligantes.

**(C)** ... as repulsões entre o par de electrões não ligante e os pares de electrões ligantes são mais fortes do que as repulsões entre os pares ligantes.

**(D)** ... apenas os pares de electrões ligantes exercem repulsão sobre o par de electrões não ligante.

**6.** A reacção de síntese do sal complexo, sulfato de tetraminocobre (II) mono-hidratado, $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$, pode ser feita por cristalização lenta deste sal, a partir de uma reacção 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, $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$, e adicionando amoníaco em excesso, obtém-se uma determinada massa de sal complexo.

**6.1.** 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.

Seleccione a alternativa que apresenta o valor da 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

**6.2.** Os cristais de sulfato de cobre (II) penta-hidratado devem ser inicialmente reduzidos a pó num almofariz, antes de se efectuar a pesagem deste reagente.

Apresente uma razão justificativa deste procedimento experimental.

**6.3.** 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.

**FIM**

**1.** Leia atentamente o seguinte texto.

A figura 1 representa as várias zonas em que a atmosfera se divide e a variação da temperatura com a altitude, na atmosfera.

A camada inferior da atmosfera é designada por troposfera. Nesta camada, a temperatura diminui com o aumento de altitude. Aproximadamente entre 11 km e 16 km de altitude, situa-se a tropopausa, uma zona em que a temperatura permanece constante e perto de – 55 ºC. A cerca de 16 km de altitude, inicia-se a estratosfera. Nesta camada, a temperatura aumenta, até atingir cerca de 0 ºC na estratopausa, aproximadamente a 45 km acima do nível do mar. Acima dessa altitude, na mesosfera, a temperatura torna a diminuir, até se atingir a mesopausa.

Em seguida, na termosfera, a temperatura aumenta e, a altitudes muito elevadas, pode ser superior a 1000 ºC. Contudo, os astronautas não são reduzidos a cinzas quando saem dos *space shuttles*, porque a essa altitude as moléculas que existem são em número muito reduzido.

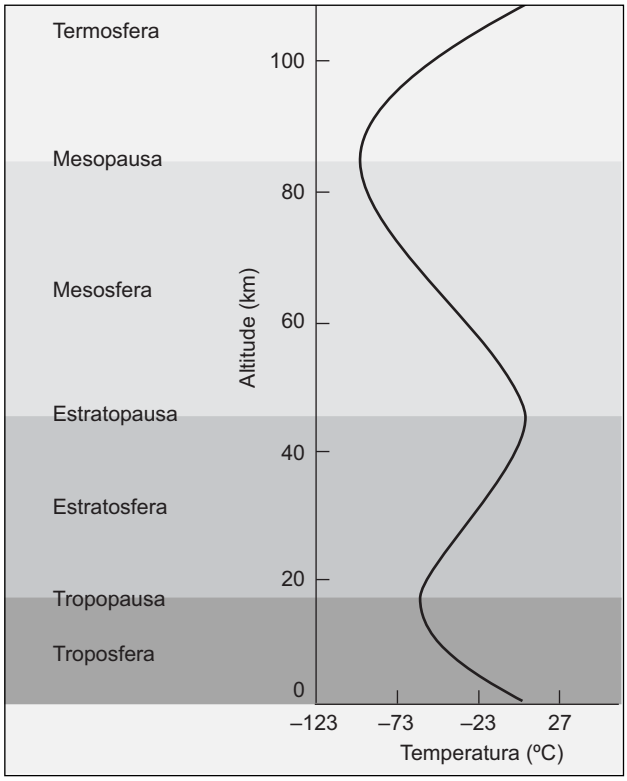



Fig. 1

Adaptado de Atkins, P., Jones, L., *CHEMISTRY – Molecules, Matter, and Change*, 3rd edition, W. H. Freeman and Company, New York, 1997

**1.1.** Tendo em conta a informação apresentada, escreva um texto no qual indique:

- em que se baseia a divisão da atmosfera em camadas;
- como varia a temperatura com a altitude, na estratosfera, apresentando uma justificação para essa variação;
- como varia, de uma forma geral, a densidade da atmosfera com a altitude.

**1.2.** Fazendo o balanço energético da Terra, igualando a potência da radiação solar absorvida pela superfície da Terra e pela atmosfera à potência da radiação por estas emitida, a temperatura média à superfície da Terra seria cerca de – 18 ºC.

No entanto, a temperatura média à superfície da Terra é aproximadamente 15 ºC.

Indique qual é o efeito que explica esta diferença.

**2.** O monóxido de carbono, CO, e o dióxido de carbono, $CO_2$, são gases que existem na atmosfera, provenientes de fontes naturais (fogos florestais, emissões vulcânicas) e de fontes antropogénicas (combustões domésticas e industriais, escapes de veículos motorizados).

**2.1.** As moléculas CO e $CO_2$ podem ser representadas, respectivamente, por:

$$|C \equiv O| \qquad e \qquad |\underline{O} = C = \underline{O}|$$

Seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

A ligação carbono–oxigénio na molécula $CO_2$ tem __(a)__ energia e __(b)__ comprimento do que a ligação carbono–oxigénio na molécula CO.

**(A)** ... maior ... maior ...

**(B)** ... menor ... maior ...

**(C)** ... menor ... menor ...

**(D)** ... maior ... menor ...

**2.2.** Um dos modos de avaliar o grau de toxicidade de uma substância é através do valor da respectiva $DL_{50}$, normalmente expressa em mg de substância por kg de massa corporal.

Por inalação, verifica-se que o CO é mais tóxico do que o $CO_2$.

Com base na definição de $DL_{50}$, indique, justificando, qual é a relação (*maior, igual* ou *menor*) entre o valor de $DL_{50}$ para o CO e para o $CO_2$.

**2.3.** Em termos médios, a % (*V/V*) do $CO_2$ na atmosfera é 0,035%. Outra maneira de indicar essa concentração é em ppm*V* (partes por milhão em volume).

Seleccione a alternativa que corresponde a essa concentração, expressa em ppm*V*.

**(A)** $3{,}5 \times 10^{-2}$

**(B)** $3{,}5 \times 10^{-1}$

**(C)** $3{,}5 \times 10^{2}$

**(D)** $3{,}5 \times 10^{4}$

**2.4.** Seleccione a alternativa que corresponde ao número de átomos existente em 22,0 g de dióxido de carbono, $CO_2$.

**(A)** $3{,}01 \times 10^{23}$

**(B)** $6{,}02 \times 10^{23}$

**(C)** $9{,}03 \times 10^{23}$

**(D)** $1{,}20 \times 10^{24}$

**3.** Considere as configurações electrónicas dos átomos dos elementos P, Q, R, e S (as letras não correspondem aos símbolos químicos reais desses elementos), no estado fundamental.

P – [Ne] $3s^1$

Q – $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$

R – $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$

S – [Ar] $4s^1$

**3.1.** Uma orbital atómica é caracterizada por um conjunto de três números quânticos ($n$, $\ell$, $m_\ell$).

Seleccione a alternativa que corresponde ao conjunto de números quânticos que caracteriza uma das orbitais completamente preenchidas do átomo do elemento P, no estado fundamental.

**(A)** (3, 0, 0)

**(B)** (2, 0, 1)

**(C)** (3, 1, –1)

**(D)** (2, 1, 0)

**3.2.** Tendo em conta as configurações electrónicas dos átomos dos elementos P, R e S, seleccione a alternativa que corresponde à ordenação correcta dos valores das respectivas energias de ionização, $E_i$.

**(A)** $E_i$ (P) < $E_i$ (R) < $E_i$ (S)

**(B)** $E_i$ (S) < $E_i$ (P) < $E_i$ (R)

**(C)** $E_i$ (S) < $E_i$ (R) < $E_i$ (P)

**(D)** $E_i$ (P) < $E_i$ (S) < $E_i$ (R)

**3.3.** Seleccione a alternativa que contém, respectivamente, as configurações electrónicas dos iões $Q^-$ e $R^{2+}$, no estado fundamental.

**(A)** $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ e $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

**(B)** $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ e $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$

**(C)** $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ e $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

**(D)** $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ e $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$

**3.4.** Seleccione a alternativa que corresponde à fórmula química do composto constituído pelos iões $Q^-$ e $R^{2+}$.

**(A)** $R_2Q$

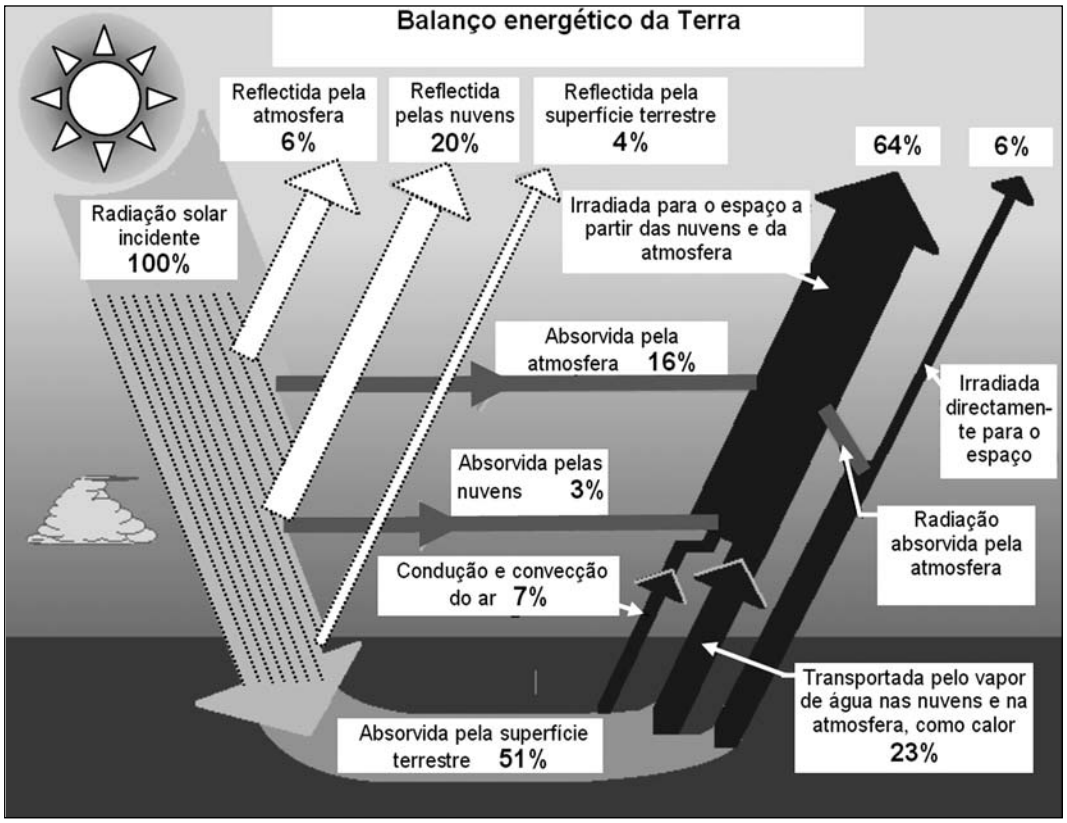
**(B)** $RQ_2$

**(C)** $R_2Q_3$

**(D)** $R_3Q_2$

**4.** A importância do papel do Sol na evolução da vida terrestre é desde há muito reconhecida.

Na figura 2 está esquematizado um balanço energético da Terra.




(adaptado de www.nasa.gov/.../2007/polar climate prt.htm)

Fig. 2

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

**(A)** A percentagem da radiação solar incidente que é reflectida é maior do que a que é absorvida pela atmosfera e pelas nuvens.

**(B)** A radiação solar que atinge a superfície da Terra situa-se apenas na zona visível do espectro electromagnético.

**(C)** A percentagem da radiação solar absorvida pela atmosfera é superior à reflectida por ela.

**(D)** A intensidade máxima da radiação emitida pela Terra ocorre na zona do visível do espectro electromagnético.

**(E)** A intensidade máxima da radiação emitida pelo Sol ocorre na zona do infravermelho do espectro electromagnético.

**(F)** Aproximadamente metade da radiação solar incidente é absorvida pela superfície terrestre.

**(G)** Uma parte da radiação solar incidente é absorvida pela atmosfera, sendo a restante radiação totalmente absorvida pela superfície terrestre.

**(H)** Da radiação solar que atinge o planeta, 30% é reflectida para o espaço.

**5.** Considere um sistema termodinâmico fechado no qual ocorreu um processo em que se verificaram trocas de energia entre o sistema e a sua vizinhança, sob a forma de calor, de trabalho e de radiação.

Nesse processo, a energia interna do sistema manteve-se constante, tendo o sistema transferido para a sua vizinhança 700 J sob a forma de trabalho e 300 J sob a forma de radiação.

Calcule a energia transferida, sob a forma de calor, e refira o sentido (*do sistema para a vizinhança* ou *da vizinhança para o sistema*) dessa transferência.

Apresente todas as etapas de resolução.

**6.** 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 (figura 3).

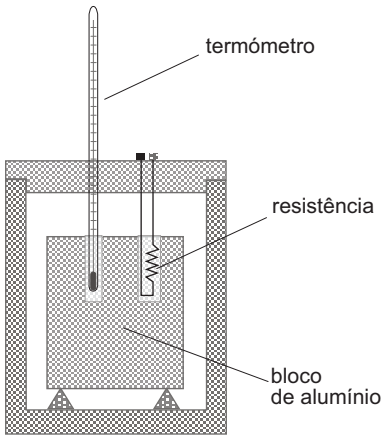


Fig. 3

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, $\theta_{\text{inicial}}$. Após a fonte de alimentação ter estado ligada durante 60,0 s, cada grupo mediu a temperatura final do bloco, $\theta_{\text{final}}$. Os valores medidos estão registados na tabela 1.

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

Com base nos dados da tabela 1, calcule o valor mais provável da capacidade térmica mássica do alumínio.

Apresente todas as etapas de resolução.

**Tabela 1**

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

**7.** Um crescente número de pessoas procura as saunas por razões de saúde, de lazer e de bem-estar.

**7.1.** 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.

Seleccione a alternativa 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.

**7.2.** 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.

**7.3.** Quando se planeou a construção da sauna, um dos objectivos era que a temperatura da sauna diminuísse o mais lentamente possível depois de se desligar o aquecedor.

Seleccione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (a) e (b), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte.

Esse objectivo pode ser alcançado __(a)__ a espessura das paredes e escolhendo um material, para a construção das paredes, com __(b)__ condutividade térmica.

**(A)** ... aumentando ... alta ...

**(B)** ... diminuindo ... baixa ...

**(C)** ... aumentando ... baixa ...

**(D)** ... diminuindo ... alta ...

**7.4.** As toalhas utilizadas na sauna são colocadas num cesto, que é arrastado horizontalmente 2,0 m por acção de uma força $\vec{F}$, de intensidade 45 N, na direcção do movimento.

Admitindo que entre o cesto e o solo existe uma força de atrito $\vec{F}_a$, de intensidade 40 N, calcule o trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas no cesto.

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

**1.** A Terra é o único planeta do sistema solar que possui uma atmosfera rica em oxigénio.

**1.1.** A atmosfera terrestre constitui um filtro natural para as radiações provenientes do Sol, em especial para as radiações ultravioleta de maior energia, as UV-C, e as radiações ultravioleta de energia intermédia, as UV-B.

Elabore um texto relativo às radiações ultravioleta provenientes do Sol, abordando os tópicos seguintes:

- Camadas da atmosfera onde as radiações ultravioleta UV-C e UV-B são predominantemente absorvidas.
- Reacções que traduzem o efeito das radiações ultravioleta nas moléculas de oxigénio ($O_2$) e de ozono ($O_3$), na estratosfera.
- Significado de o índice de protecção solar (IPS) de um dado creme protector ser igual a 20.

**1.2.** A composição da atmosfera terrestre tem variado, desde a sua formação até aos tempos actuais.

Na figura 1 apresenta-se a composição da atmosfera terrestre em três momentos da sua existência – gráficos 1, 2 e 3.

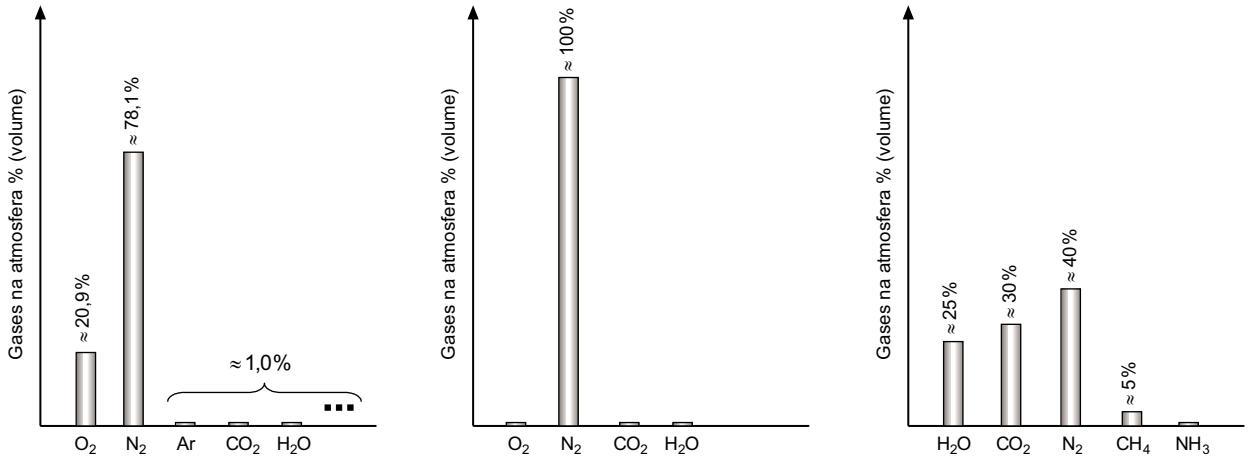



Fig. 1

Seleccione a única alternativa que contém a sequência correcta dos gráficos da composição da atmosfera da Terra, ordenados da mais antiga para a actual.

**(A)** Gráfico 3, Gráfico 2 e Gráfico 1.

**(B)** Gráfico 2, Gráfico 3 e Gráfico 1.

**(C)** Gráfico 3, Gráfico 1 e Gráfico 2.

**(D)** Gráfico 1, Gráfico 2 e Gráfico 3.

**2.** Os elementos químicos predominantes no Universo são o hidrogénio e o hélio, os dois elementos mais leves. Cerca de 98% do Universo é constituído por esses elementos.

**2.1.** Os espectros de emissão e de absorção atómica são espectros de riscas, estando estas riscas relacionadas com as transições electrónicas que ocorrem nos átomos.

Na figura 2 estão esquematizados alguns níveis de energia do átomo de hidrogénio (sendo *n* o número quântico principal correspondente a cada um desses níveis de energia), bem como algumas transições electrónicas, $T_1$ a $T_4$.

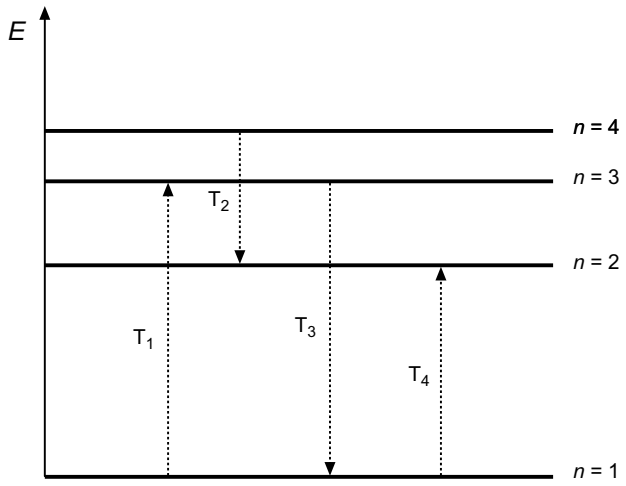



Fig. 2

Seleccione a única alternativa que corresponde a uma afirmação correcta, tendo em consideração o esquema da figura 2.

**(A)** A transição electrónica $T_1$ pode ocorrer por absorção de energia sob a forma de uma radiação electromagnética na zona do visível.

**(B)** A transição electrónica $T_2$ corresponde a uma risca, na zona do infravermelho, do espectro de emissão do átomo de hidrogénio.

**(C)** A transição electrónica $T_3$ pode ocorrer por emissão de energia sob a forma de uma radiação electromagnética na zona do infravermelho.

**(D)** A transição electrónica $T_4$ corresponde a uma risca negra, na zona do ultravioleta, do espectro de absorção do átomo de hidrogénio.

**2.2.** Seleccione a única alternativa que corresponde a uma afirmação correcta, relativamente ao átomo de hélio, He.

**(A)** No estado de menor energia, a configuração electrónica do átomo de hélio é $1s^1\ 2s^1$.

**(B)** No estado de menor energia, os electrões do átomo de hélio têm número quântico de spin, $m_s$, simétrico.

**(C)** Num estado excitado, um dos electrões do átomo de hélio pode estar numa orbital em que $n = 3$, $\ell = 0$ e $m_\ell = 1$.

**(D)** No átomo de hélio, um electrão na orbital 2*s* tem a mesma energia que um electrão numa das orbitais 2*p*.

**2.3.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem o espaço seguinte, de modo a obter uma afirmação correcta.

Nas mesmas condições de pressão e temperatura, o volume ocupado por 4,00 g de hélio, He(g), é aproximadamente _____ volume ocupado por 4,00 g de hidrogénio, $H_2(g)$.

**(A)** igual ao

**(B)** o dobro do

**(C)** metade do

**(D)** o quádruplo do

**3.** A espectroscopia fotoelectrónica, que se baseia no efeito fotoeléctrico, é um processo que pode ser usado para determinar a energia de cada electrão de um átomo.

**3.1.** A energia mínima para remover um electrão do átomo de sódio, Na, é $8{,}24 \times 10^{-19}$ J.

Determine o módulo da velocidade do electrão ejectado de um átomo de sódio, quando nele incide uma radiação de energia $2{,}00 \times 10^{-18}$ J / fotão.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$\boldsymbol{m}\textbf{(electrão)} = \mathbf{9{,}11 \times 10^{-31}\ kg}$$

**3.2.** As configurações electrónicas dos átomos dos metais alcalinos, no estado de menor energia, apresentam uma característica comum.

Indique essa característica.

**3.3.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

A energia de ionização do átomo de sódio, Na, é _____ do que a do átomo de magnésio, Mg, enquanto o raio do átomo de sódio é _____ do que o do átomo de magnésio.

**(A)** maior ... maior

**(B)** maior ... menor

**(C)** menor ... menor

**(D)** menor ... maior

**4.** O azoto e o oxigénio formam moléculas diatómicas homonucleares, $N_2$ e $O_2$, respectivamente.

**4.1.** Em condições normais de pressão e temperatura (condições PTN), a substância azoto, $N_2$, é um gás.

Seleccione a única alternativa que contém a expressão que permite obter o valor da densidade do azoto, $N_2(g)$, nessas condições, expresso em $g\,cm^{-3}$.

**(A)** $\rho = \frac{14,01}{22,4}$

**(B)** $\rho = \frac{28,02}{22,4 \times 10^3}$

**(C)** $\rho = \frac{28,02}{22,4}$

**(D)** $\rho = \frac{14,01}{22,4 \times 10^3}$

**4.2.** Seleccione a única alternativa que corresponde ao número aproximado de átomos que existem em 48,0 g de oxigénio, $O_2(g)$.

**(A)** $6,02 \times 10^{23}$

**(B)** $9,03 \times 10^{23}$

**(C)** $1,20 \times 10^{24}$

**(D)** $1,81 \times 10^{24}$

**5.** *Para arrefecer a água contida num copo, será mais eficaz adicionar-lhe água líquida a 0 ºC ou gelo à mesma temperatura?*

Para responder a esta pergunta através de uma actividade experimental, um grupo de alunos procedeu do modo seguinte:

- Numa tina de vidro, introduziram alguns cubos de gelo e uma pequena quantidade de água, e aguardaram até que se atingisse o equilíbrio térmico, a 0 ºC.
- Aqueceram água, que repartiram por dois gobelés, A e B, tendo colocado 200 g de água em cada um e medido a temperatura inicial em cada um deles, que era 42,3 ºC.
- Adicionaram, ao gobelé A, 51 g de água a 0 ºC, e foram medindo a temperatura da mistura, até ter sido atingido o equilíbrio térmico, que ocorreu a 34,7 ºC.
- Adicionaram, ao gobelé B, 51 g de gelo a 0 ºC, e foram medindo a temperatura da mistura, até que todo o gelo fundisse e fosse atingido o equilíbrio térmico, que ocorreu a 22,4 ºC.

**5.1.** Determine, com base nos resultados experimentais obtidos, o calor de fusão do gelo, $L_{fusão}$, admitindo que não ocorreram trocas de energia com o exterior.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

**5.2.** Cálculos teóricos permitem prever que o equilíbrio térmico, no gobelé B, seria atingido a 17,5 ºC, em vez de a 22,4 ºC, conforme obtido experimentalmente.

Indique uma razão que possa explicar esta diferença.

**5.3.** De acordo com os resultados experimentais obtidos, conclui-se que, para arrefecer a água contida num copo, é mais eficaz usar cubos de gelo do que água à mesma temperatura do gelo, uma vez que a temperatura à qual se atingiu o equilíbrio térmico é inferior no primeiro caso.

Justifique aquela conclusão, tendo em consideração o fenómeno que ocorre quando se utiliza gelo para arrefecer a água.

**5.4.** Como se designa o mecanismo de transferência de energia sob a forma de calor que ocorre, predominantemente, no arrefecimento da água contida no gobelé A?

**5.5.** Quando colocamos a mão em água e em gelo, ambos à temperatura de 0 ºC, aparentemente o gelo está mais frio do que a água.

Seleccione a única alternativa que contém a interpretação correcta deste facto.

**(A)** A energia transferida como calor da pele para o gelo é menor do que a energia transferida da pele para a água, no mesmo intervalo de tempo.

**(B)** A energia transferida como calor da água para a pele é maior do que a energia transferida do gelo para a pele, no mesmo intervalo de tempo.

**(C)** A energia transferida como calor do gelo para a pele é maior do que a energia transferida da água para a pele, no mesmo intervalo de tempo.

**(D)** A energia transferida como calor da pele para a água é menor do que a energia transferida da pele para o gelo, no mesmo intervalo de tempo.

**6.** Numa central hidroeléctrica, a água cai de uma altura de 100 m, com um caudal mássico de 2,0 toneladas por segundo.

Seleccione a única alternativa que contém o valor que corresponde à energia transferida, por segundo, para as pás das turbinas, admitindo que toda a energia resultante da queda da água é transferida para as turbinas.

**(A)** $E = 2{,}0 \times 10^{3}$ J

**(B)** $E = 2{,}0 \times 10^{-3}$ J

**(C)** $E = 2{,}0 \times 10^{6}$ J

**(D)** $E = 2{,}0 \times 10^{-6}$ J

**7.** Imagine que, numa plataforma suspensa por dois cabos, se encontrava um caixote de madeira com massa 50 kg. Por acidente, um dos cabos partiu-se e a plataforma ficou com uma inclinação de 20º com a horizontal, conforme esquematizado na figura 3.

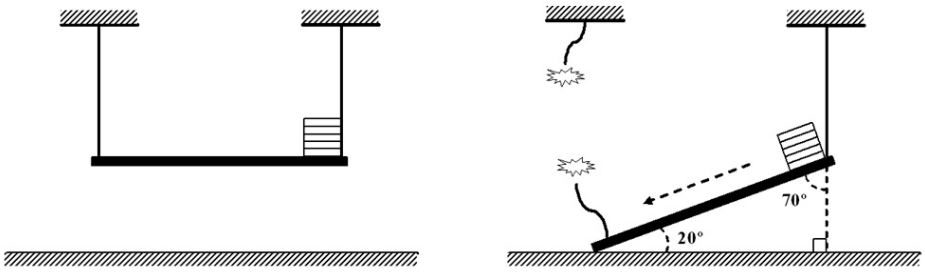



Fig. 3

Devido a esse acidente, o caixote escorregou, tendo percorrido 6,0 m até ao extremo da plataforma.

Admita que o atrito é desprezável.

**7.1.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

À medida que o caixote escorrega pela plataforma inclinada, a sua energia cinética _____, e a sua energia potencial gravítica _____.

**(A)** aumenta ... diminui

**(B)** aumenta ... aumenta

**(C)** diminui ... diminui

**(D)** diminui ... aumenta

**7.2.** Determine o trabalho realizado pelo peso do caixote no seu deslocamento, desde a posição inicial até ao extremo da plataforma.

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

**1.** Leia o seguinte texto.

As potencialidades da espectroscopia, como método de análise utilizado para detectar 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 eléctrica, que passa através do vapor de sódio, faz deslocar os electrões dos átomos de sódio para níveis energéticos mais elevados. Quando aqueles electrões *descem pela escada energética*, ocorre a emissão de radiação de frequências bem definidas, originando, entre outras riscas em zonas diferenciadas do espectro electromagnético, 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)

**1.1.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação equivalente à expressão «(...) aqueles electrões *descem pela escada energética* (…)».

Aqueles electrões 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

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

**1.3.** 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.

**1.4.** Seleccione a única alternativa que refere a substituição correcta de X, de modo que a equação seguinte represente uma reacção de fusão nuclear que ocorre nas estrelas.

$$^{12}_{6}C + {}^{12}_{6}C \longrightarrow {}^{23}_{11}Na + X$$

**(A)** $^{1}_{1}H$

**(B)** $^{2}_{1}H$

**(C)** $^{3}_{2}He$

**(D)** $^{1}_{0}n$

**1.5.** O sódio (Na) e o magnésio (Mg) são elementos consecutivos do 3.º Período da Tabela Periódica.

**1.5.1.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

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

**1.5.2.** Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

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

**(A)** orbitais completamente preenchidas.

**(B)** protões nos respectivos núcleos.

**(C)** neutrões nos respectivos núcleos.

**(D)** electrões em orbitais *s*.

**2.** 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 refracção da luz nesse material também irá depender da frequência da radiação.

**2.1.** O gráfico da figura 1 representa o índice de refracção da luz, $n$, num vidro do tipo $\mathrm{BK7}$, em função do comprimento de onda, $\lambda$, da luz no vazio.

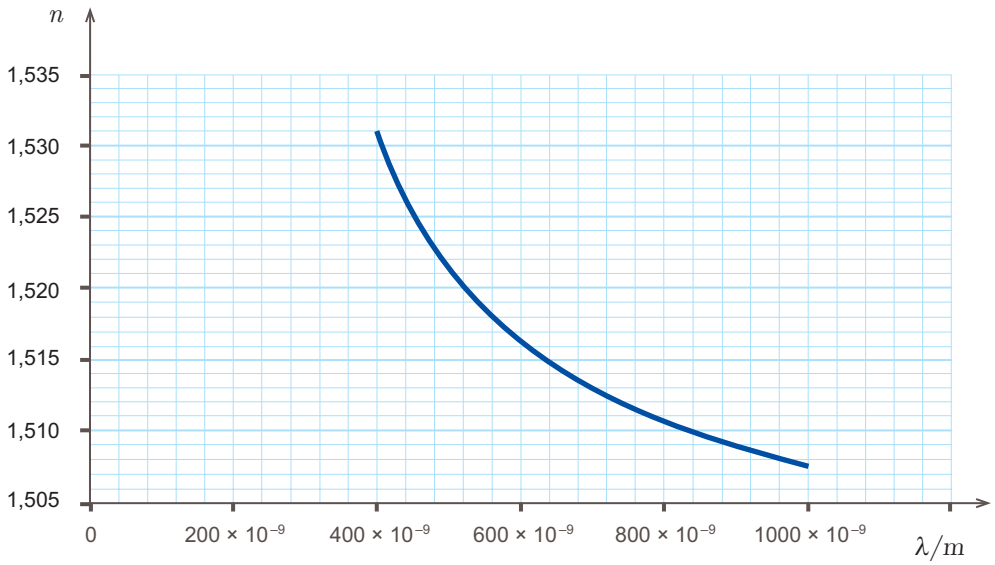



Fig. 1

Considere um feixe de luz monocromática, de comprimento de onda $560 \times 10^{-9}\ \mathrm{m}$, no vazio, que incide sobre a superfície de um prisma de vidro $\mathrm{BK7}$, de acordo com o representado na figura 2.

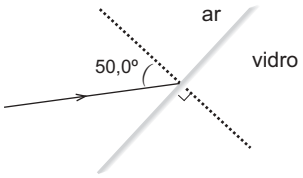



Fig. 2

Determine o ângulo de refracção correspondente a um ângulo de incidência de $50{,}0^{\circ}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

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

**3.** Numa fotografia estroboscópica, as sucessivas posições de um objecto são registadas a intervalos de tempo iguais.

A figura 3 representa uma fotografia estroboscópica do movimento de uma bola de ténis, de massa $57{,}0\ \mathrm{g}$, 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 $1{,}00\ \mathrm{m}$ do solo.

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

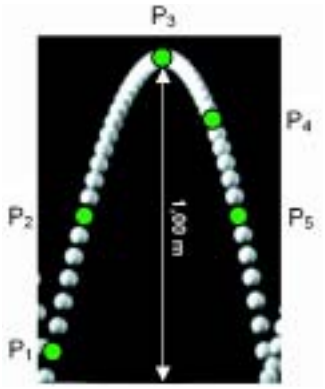


Fig. 3

Nas questões **3.1** a **3.3**, seleccione a única alternativa que apresenta a resposta correcta.

**3.1.** Em qual das seguintes posições, a energia cinética da bola é maior?

**(A)** $P_1$

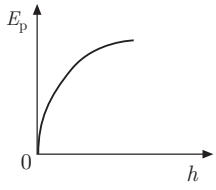
**(B)** $P_2$

**(C)** $P_3$

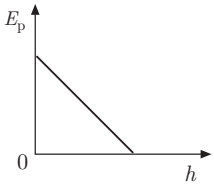
**(D)** $P_4$

**3.2.** Qual é o esboço de gráfico que pode traduzir a relação entre a energia potencial gravítica do sistema *bola* + *Terra*, $E_\mathrm{p}$, e a altura em relação ao solo, $h$, da bola, durante o seu movimento entre o solo e a posição $P_3$?

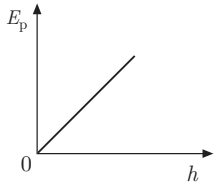
**(A)**



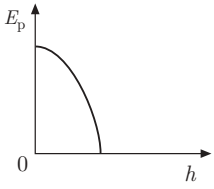

**(B)**




**(C)**

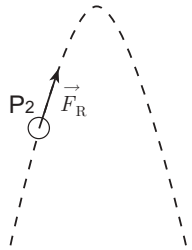



**(D)**

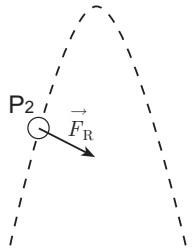


**3.3.** Qual é o diagrama em que a resultante das forças aplicadas na bola, $\vec{F}_{\mathrm{R}}$, na posição $P_2$, está representada correctamente?

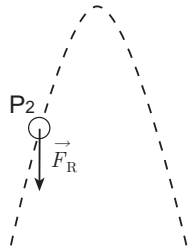
**(A)**



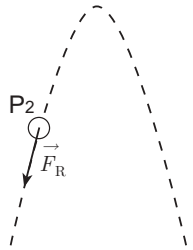

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**3.4.** Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

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

**3.5.** Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

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.

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

**4.** Para investigar se um corpo se pode manter em movimento quando a resultante do sistema de forças que sobre ele actua é nula, um grupo de alunos fez a montagem representada na figura 4, utilizando material de atrito reduzido.

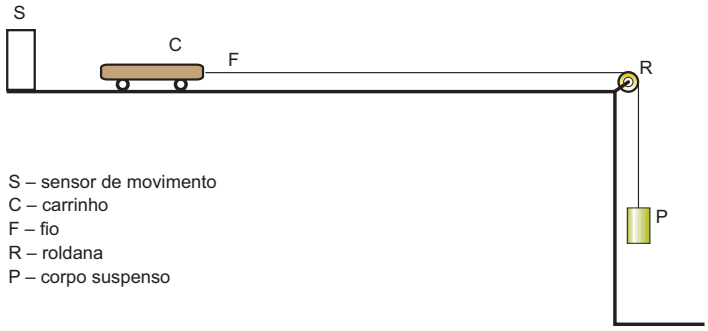



Fig. 4

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 5.

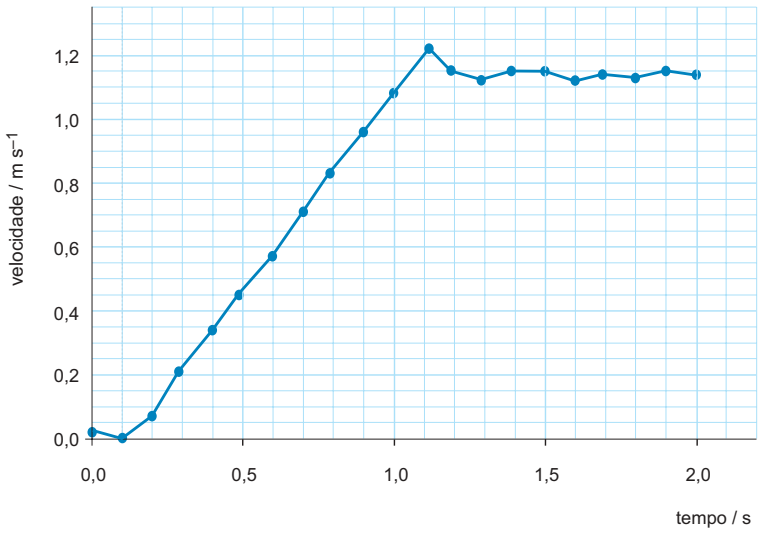



Fig. 5

**4.1.** Seleccione a única alternativa que refere o intervalo de tempo em que terá ocorrido o embate do corpo P com o solo.

**(A)** $[0{,}1;\ 0{,}2]$ s

**(B)** $[0{,}7;\ 0{,}8]$ s

**(C)** $[1{,}1;\ 1{,}2]$ s

**(D)** $[1{,}6;\ 1{,}7]$ s

**4.2.** 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»?

**4.3.** Analise os resultados obtidos pelos alunos, elaborando um texto no qual aborde os seguintes tópicos:

- identificação das forças que actuaram 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.

**5.** O metano, principal constituinte do gás natural, é um combustível muito utilizado.

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

$$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(g) \qquad \Delta H = -802\ \text{kJ mol}^{-1}$$

**5.1.** As curvas 1, 2, 3 e 4, esboçadas no gráfico da figura 6, podem representar a evolução, ao longo do tempo, das concentrações de reagentes e de produtos de uma reacção de combustão completa do metano, admitindo que esta ocorre em sistema fechado.

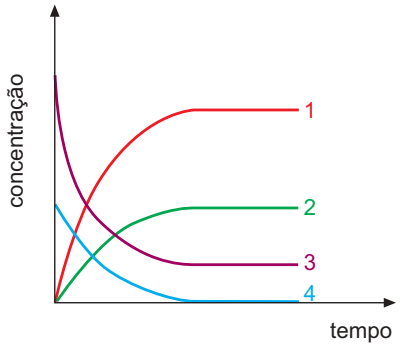



Fig. 6

Seleccione a única alternativa que identifica correctamente o reagente, ou o produto da reacção, 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 – $O_2$

**5.2.** Considere que foi utilizado metano para aquecer amostras de água.

**5.2.1.** Admita que, no processo de aquecimento de uma amostra de água, de massa $0{,}500\ \text{kg}$, 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.

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

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

Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

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

**(A)** $2\,\Delta T_A$.

**(B)** $\Delta T_A$ .

**(C)** $-2\,\Delta T_A$ .

**(D)** $\frac{1}{2}\,\Delta T_A$ .

**5.3.** Seleccione a única alternativa que traduz como varia o número de oxidação do carbono, na transformação da espécie $CH_4$ na espécie $CO_2$.

**(A)** De +4 para –4

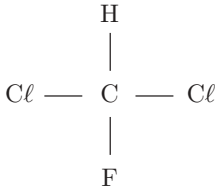
**(B)** De –4 para +4

**(C)** De +4 para +2

**(D)** De –4 para –2

**5.4.** O metano é um hidrocarboneto saturado, a partir do qual se formam, por substituição, vários compostos halogenados.

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



**6.** O ácido acético, $CH_3COOH$, apresenta um cheiro muito característico, sendo um componente dos vinagres. É também um ácido correntemente usado em laboratório.

**6.1.** A reacção de ionização do ácido acético em água é uma reacção incompleta, que pode ser representada por:

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

**6.1.1.** Seleccione a única alternativa que identifica correctamente um par conjugado ácido-base, naquela reacção.

**(A)** $H_3O^+(aq)$ e $H_2O(\ell)$

**(B)** $CH_3COOH(aq)$ e $H_3O^+(aq)$

**(C)** $CH_3COOH(aq)$ e $H_2O(\ell)$

**(D)** $H_2O(\ell)$ e $CH_3COO^-(aq)$

**6.1.2.** Dissolvendo $5{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol}$ de ácido acético, em água, para um volume total de solução igual a $0{,}500\ \text{dm}^3$, obtém-se uma solução cujo $\text{pH}$ é igual a $2{,}88$, a $25\ ^\text{o}\text{C}$.

Calcule a concentração de ácido acético não ionizado, na solução obtida.

Apresente todas as etapas de resolução.

**6.2.** O grau de acidez de um vinagre é expresso em termos da massa de ácido acético, em gramas, existente em $100\ \text{cm}^3$ desse vinagre.

Para determinar o grau de acidez de um vinagre comercial, começou por se diluir esse vinagre $10$ vezes, obtendo-se um volume total de $100{,}0\ \text{cm}^3$. Em seguida, fez-se a titulação da solução diluída de vinagre, com uma solução de hidróxido de sódio, NaOH, de concentração conhecida.

**6.2.1.** Seleccione a única alternativa que refere o material de laboratório necessário para efectuar, com rigor, a diluição acima referida.

**(A)** Proveta de $10{,}0\ \text{mL}$, pipeta de $100{,}0\ \text{mL}$, pompete.

**(B)** Balão volumétrico de $100{,}0\ \text{mL}$, pipeta de $10{,}0\ \text{mL}$, pompete.

**(C)** Proveta de $100\ \text{mL}$, pipeta de $10{,}0\ \text{mL}$, pompete.

**(D)** Balão volumétrico de $10{,}0\ \text{mL}$, pipeta de $100{,}0\ \text{mL}$, pompete.

**6.2.2.** Considere que o $\mathrm{pH}$ no ponto de equivalência da titulação da solução diluída de vinagre é igual a $8{,}8$, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$.

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 ($\mathrm{pH}$, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$)** |
|---|---|
| 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 $12{,}0$ |

**6.2.3.** Desprezando a contribuição de outros ácidos presentes no vinagre, a titulação efectuada permitiu determinar a concentração de ácido acético, $CH_3COOH$ $(M = 60{,}06\ \mathrm{g\ mol^{-1}})$, na solução diluída de vinagre, tendo-se obtido o valor $7{,}8 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$.

Calcule o grau de acidez do vinagre comercial utilizado.

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

**1.** Leia o seguinte texto.

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 directamente?

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, *$H_2O$ – Uma Biografia da Água,* Temas e Debates, 2002 (adaptado)

**1.1.** Seleccione, com base na informação dada no texto, a única alternativa correcta.

**(A)** A maior parte da água na Natureza é apropriada ao consumo humano.

**(B)** Uma parte considerável da água potável actualmente 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 actualmente consumida.

**1.2.** 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.

**1.3.** 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** | $\mathbf{mol\ /\ kg}$ **de água do mar** |
|---|---|
| $NaC\ell$ | $0{,}4186$ |
| $MgC\ell_2$ | $0{,}0596$ |
| $Na_2SO_4$ | $0{,}02856$ |
| $KC\ell$ | $0{,}01$ |
| $CaC\ell_2$ | $0{,}005$ |

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

**1.3.1.** Seleccione a única alternativa que identifica o ião presente em maior quantidade na água do mar.

**(A)** $Na^+$

**(B)** $C\ell^-$

**(C)** $SO_4^{2-}$

**(D)** $Ca^{2+}$

**1.3.2.** Seleccione a única alternativa que permite calcular a composição, em ião sulfato, $SO_4^{2-}$, $(M = 96{,}07\ \text{g mol}^{-1})$, da água do mar, expressa em ppm.

**(A)** $\left(\dfrac{0{,}02856 \times 96{,}07 \times 4}{10^3} \times 10^6\right)$ ppm

**(B)** $\left(\dfrac{0{,}02856 \times 10^3}{96{,}07} \times 10^6\right)$ ppm

**(C)** $\left(\dfrac{0{,}02856 \times 10^3}{96{,}07 \times 4} \times 10^6\right)$ ppm

**(D)** $\left(\dfrac{0{,}02856 \times 96{,}07}{10^3} \times 10^6\right)$ ppm

**1.4.** Os efeitos corrosivos da água do mar, responsáveis pela deterioração dos metais, podem ser observados em moedas antigas encontradas no fundo do mar.

**1.4.1.** 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.

**Au Ag Cu Ni Fe Zn**

Poder redutor crescente

**1.4.2.** 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 $14{,}10\,\mathrm{g}$, em ácido e diluiu-se a solução resultante, até perfazer um volume de $1000\ \mathrm{cm}^3$.

A $100\ \mathrm{cm}^3$ da solução adicionou-se ácido clorídrico, HC$\ell$(aq), em excesso, de modo que toda a prata existente em solução precipitasse na forma de cloreto de prata, AgC$\ell$ ($M = 143{,}32\,\mathrm{g\ mol^{-1}}$).

O precipitado de AgC$\ell$ foi, então, separado por filtração, lavado, seco e pesado, tendo-se determinado o valor de $0{,}85\ \mathrm{g}$.

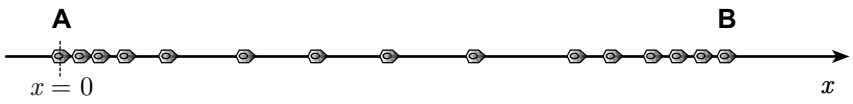
Calcule a percentagem, em massa, de prata na moeda analisada.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Os sistemas de navegação modernos recorrem a receptores GPS, que recebem, em alto mar, sinais electromagnéticos de um conjunto de satélites.

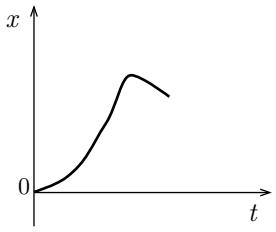
**2.1.** O esboço abaixo representa uma imagem estroboscópica do movimento de um barco, entre os pontos A e B.

Numa imagem estroboscópica, as posições de um objecto são representadas a intervalos de tempo iguais.

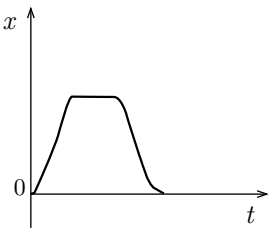



Seleccione o único gráfico que pode traduzir a posição, $x$, do barco, em relação ao referencial representado, em função do tempo decorrido.

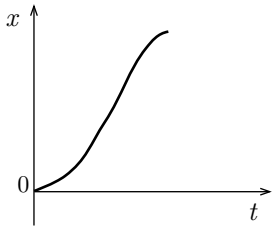
**(A)**



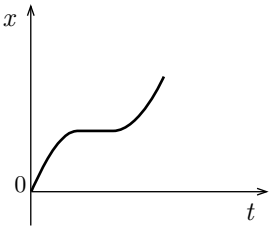

**(B)**




**(C)**




**(D)**



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

**2.2.1.** Indique, justificando, se os satélites do sistema GPS são geoestacionários.

**2.2.2.** Seleccione a única alternativa que permite calcular, em $\mathrm{rad\ s^{-1}}$, o módulo da velocidade angular de um satélite GPS.

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

**(B)** $\dfrac{2\pi \times 12}{3600}\,\mathrm{rad\,s^{-1}}$

**(C)** $\dfrac{2\pi \times 3600}{12}\,\mathrm{rad\,s^{-1}}$

**(D)** $\dfrac{2\pi}{12 \times 3600}\,\mathrm{rad\,s^{-1}}$

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

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

**2.3.** A determinação correcta de uma posição, usando o sistema GPS, requer que o satélite e o receptor estejam em linha de vista.

Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

O sistema GPS utiliza, nas comunicações, radiações na gama das microondas, porque estas radiações...

**(A)** se reflectem apreciavelmente na ionosfera.

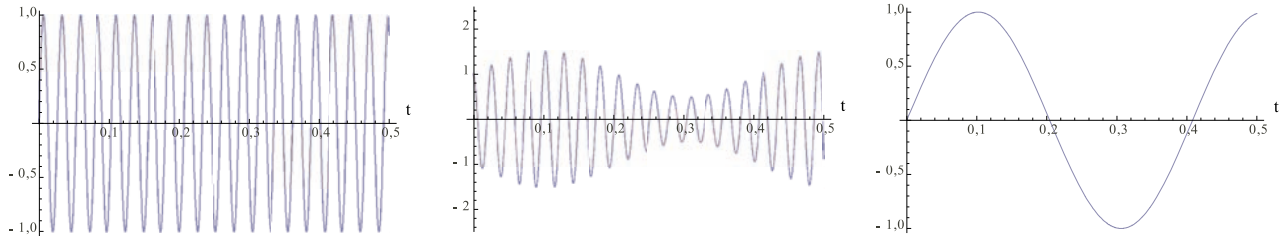
**(B)** são facilmente absorvidas pela atmosfera.

**(C)** se propagam praticamente em linha recta, na atmosfera.

**(D)** se difractam apreciavelmente, junto à superfície terrestre.

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

Na figura 1, 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).




**X** **Y** **Z**

Fig. 1

Seleccione, com base na informação dada, a única alternativa correcta.

**(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.

**2.5.** O funcionamento de um microfone de indução baseia-se na indução electromagnética.

Na figura 2, 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 electromotriz induzida nessa bobina.

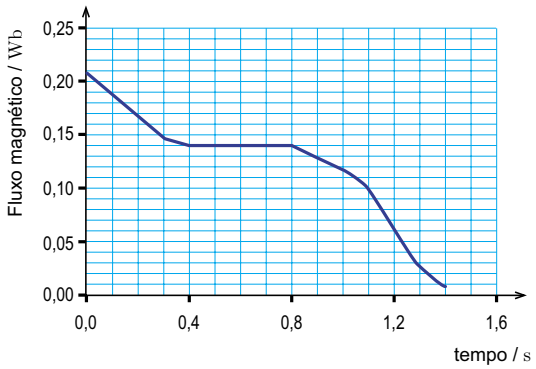



Fig. 2

**2.6.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

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

**3.** A placa de cobre, maciça e homogénea, de espessura $\ell$, representada na figura 3, permite a dissipação de energia de uma fonte quente (placa metálica $\mathrm{X}$), mantida a uma temperatura constante, $T_{\mathrm{X}}$, para uma fonte fria (placa metálica $\mathrm{Y}$), mantida a uma temperatura constante, $T_{\mathrm{Y}}$.

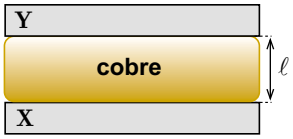



Fig. 3

**3.1.** Identifique o mecanismo de transferência de energia como calor entre as placas $\mathrm{X}$ e $\mathrm{Y}$, através da placa de cobre.

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

**3.3.** Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

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 $\mathrm{X}$ e $\mathrm{Y}$, ...

**(A)** reduz-se a $\frac{1}{2}$.

**(B)** quadruplica.

**(C)** duplica.

**(D)** reduz-se a $\frac{1}{4}$.

**3.4.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

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

**(A)** superior ... maior

**(B)** inferior ... menor

**(C)** superior ... menor

**(D)** inferior ... maior

**4.** Na figura 4, está representado um diagrama de níveis de energia, no qual estão assinaladas algumas transições electrónicas que podem ocorrer no átomo de hidrogénio.

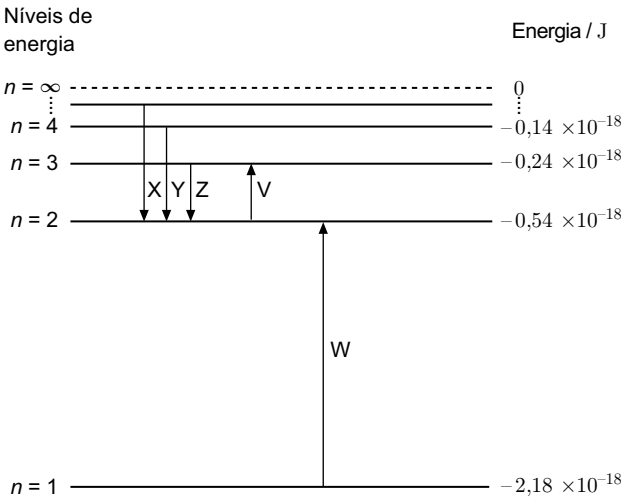



Fig. 4

**4.1.** Algumas das transições electrónicas assinaladas na figura 4 estão relacionadas com as riscas de cor que se observam no espectro de emissão do hidrogénio, abaixo representado.



Seleccione a única alternativa que refere a transição electrónica que corresponde à risca vermelha do espectro de emissão do hidrogénio.

**(A)** Transição Z

**(B)** Transição W

**(C)** Transição X

**(D)** Transição V

**4.2.** Seleccione a única alternativa que apresenta o valor da energia de ionização do hidrogénio, expresso em $\mathrm{J\ mol^{-1}}$.

**(A)** $2{,}18 \times 10^{5}\ \mathrm{J\ mol^{-1}}$

**(B)** $7{,}86 \times 10^{6}\ \mathrm{J\ mol^{-1}}$

**(C)** $1{,}09 \times 10^{5}\ \mathrm{J\ mol^{-1}}$

**(D)** $1{,}31 \times 10^{6}\ \mathrm{J\ mol^{-1}}$

**4.3.** 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 $3{,}6 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$.

Indique, justificando, se ocorrerá a transição do electrão para o nível energético seguinte.

**5.** O processo de síntese industrial do amoníaco, desenvolvido pelos químicos alemães Haber e Bosch, no início do século XX, permitiu obter, em larga escala, aquela substância, matéria-prima essencial no fabrico de adubos químicos.

A síntese do amoníaco, muito estudada do ponto de vista do equilíbrio químico, pode ser representada por:

$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3(g) \qquad \Delta H < 0$$

**5.1.** Considere que se fez reagir, na presença de um catalisador, $0{,}500\ \mathrm{mol}$ de $N_2(g)$ e $0{,}800\ \mathrm{mol}$ de $H_2(g)$, num recipiente com o volume de $1{,}00\ \mathrm{dm^3}$. Admita que, quando o equilíbrio foi atingido, à temperatura $T$, existiam no recipiente, além de $N_2(g)$ e $H_2(g)$, $0{,}150\ \mathrm{mol}$ de $NH_3$.

Calcule o rendimento da reacção de síntese.

Apresente todas as etapas de resolução.

**5.2.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

Se ocorrer um aumento da temperatura do sistema, inicialmente em equilíbrio, este irá evoluir no sentido da reacção _____, verificando-se um _____ da concentração do produto.

**(A)** directa … decréscimo

**(B)** inversa … decréscimo

**(C)** inversa … aumento

**(D)** directa … aumento

**6.** 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 objectivo, os alunos colocaram a bola sob um sensor de posição, como representado na figura 5, 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 6.

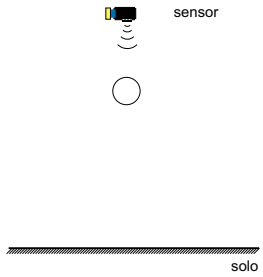



Fig. 5

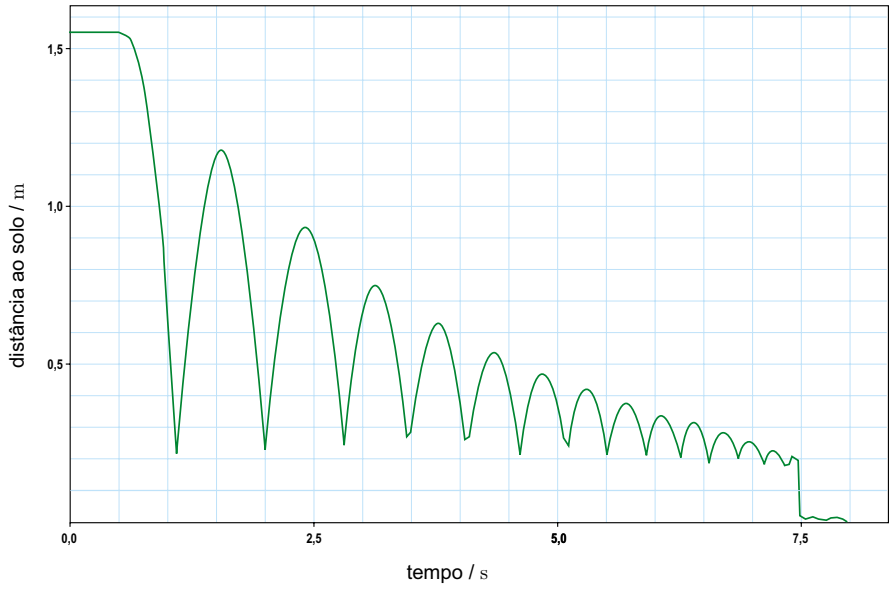



Fig. 6

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 7.

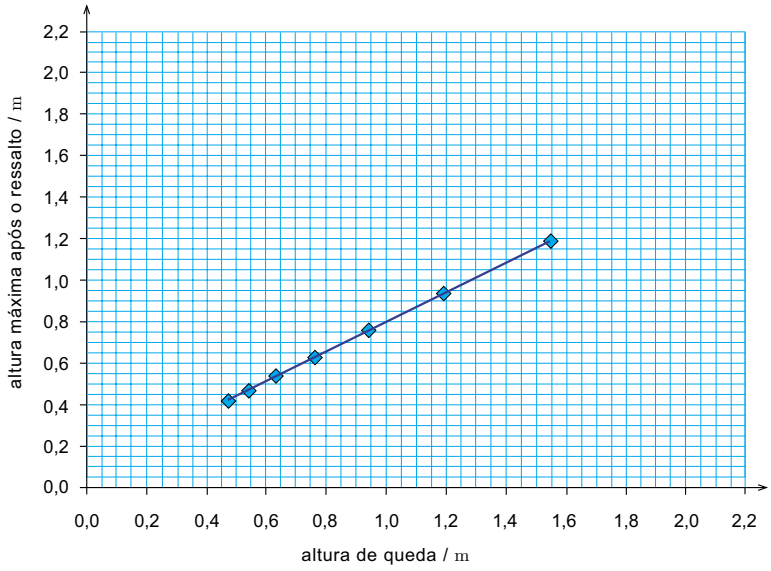



Fig. 7

**6.1.** Qual é a forma da trajectória descrita pela bola enquanto esta se encontra no campo de visão do sensor?

**6.2.** Seleccione a única alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

Se os alunos deixarem cair a bola de uma altura de $2{,}0\ \mathrm{m}$, é previsível que ela atinja, no primeiro ressalto, uma altura de…

**(A)** $1{,}6\ \mathrm{m}$.

**(B)** $1{,}5\ \mathrm{m}$.

**(C)** $1{,}4\ \mathrm{m}$.

**(D)** $1{,}3\ \mathrm{m}$.

**6.3.** Justifique, considerando desprezável a resistência do ar, por que razão, depois de cada ressalto, a bola não sobe até à altura de que caiu.

**6.4.** 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.

**FIM**

**1.** As abundâncias dos principais elementos químicos têm uma distribuição surpreendentemente semelhante no Universo.

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

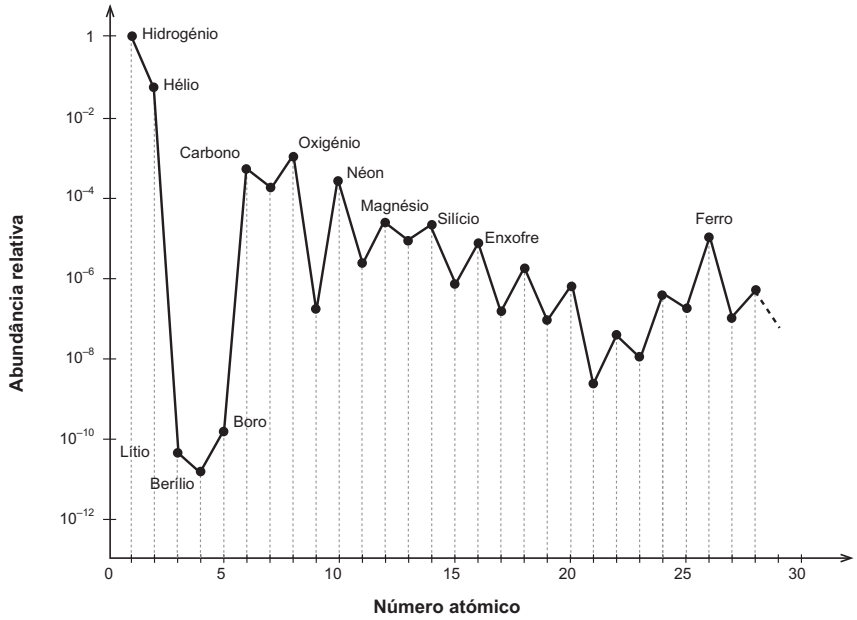



Fig. 1

Seleccione a alternativa correcta, com base neste 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.

**1.2.** No Sol, o hidrogénio também é o elemento predominante, sendo o combustível que permite a sua (e nossa) existência.

Seleccione a alternativa correcta, relativamente ao átomo de hidrogénio.

**(A)** Nas transições electrónicas entre estados excitados, não há emissão de radiações na zona do ultravioleta.

**(B)** Nas transições electrónicas entre estados excitados, ocorre sempre emissão de radiação.

**(C)** O conjunto de todas as radiações emitidas na desexcitação do átomo de hidrogénio constitui um espectro contínuo.

**(D)** O átomo de hidrogénio, no estado de menor energia, pode ser excitado por radiações na zona do visível.

**1.3.** O Sol emite radiações que atingem a Terra, sendo a radiação verde a mais intensa.

Considere que um feixe monocromático de luz verde, ao incidir numa placa metálica, origina a ejecção de electrões, com uma determinada energia cinética.

Seleccione a alternativa correcta, relativamente a este fenómeno.

**(A)** Utilizando um feixe de luz vermelha, a energia cinética de cada um dos electrões ejectados é maior.

**(B)** Utilizando um feixe de luz violeta, a energia de remoção de cada um dos electrões ejectados é menor.

**(C)** Utilizando um feixe de luz violeta, a energia cinética de cada um dos electrões ejectados é maior.

**(D)** Utilizando um feixe de luz vermelha, a energia de remoção de cada um dos electrões ejectados é menor.

**1.4.** A Tabela Periódica dos Elementos é um instrumento organizador de conhecimentos sobre os elementos químicos. Após várias tentativas de organização desses conhecimentos, é com Dmitri Mendeleev (1834-1898) que surge, embora com imprecisões, uma tabela muito semelhante à actual.

Escreva um texto sobre a localização dos elementos representativos na Tabela Periódica e o modo como variam algumas das suas propriedades, abordando os seguintes tópicos:

- Relação entre a configuração electrónica dos átomos dos elementos e o período e o grupo aos quais esses elementos pertencem;
- O raio atómico, em função do aumento do número atómico, para elementos de um mesmo período, assim como para elementos de um mesmo grupo;
- A energia de ionização, em função do aumento do número atómico, para elementos de um mesmo período, assim como para elementos de um mesmo grupo.

**2.** A atmosfera terrestre funciona como um filtro da radiação solar, como resultado das interacções desta com a matéria existente nas diversas camadas da atmosfera.

Seleccione a alternativa correcta, relativamente às radiações ultravioleta (UV) provenientes do Sol.

**(A)** Na troposfera é absorvida a maior parte das radiações UV de maior energia.

**(B)** Na estratosfera são absorvidas praticamente todas as radiações UV de energia intermédia.

**(C)** Na termosfera é absorvida a maior parte das radiações UV de menor energia.

**(D)** Na mesosfera são absorvidas praticamente todas as radiações UV.

**3.** A atmosfera terrestre tem vindo a ser contaminada por diversos gases poluentes, como $CO_2$, $CH_4$, $NO_x$, $SO_2$, etc., sendo alguns deles responsáveis pelas chuvas ácidas.

**3.1.** Uma das reacções que está na origem das chuvas ácidas é a reacção do dióxido de enxofre, $SO_2(g)$, com o oxigénio da atmosfera, $O_2(g)$, originando trióxido de enxofre, $SO_3(g)$, traduzida por

$$2\ SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ SO_3(g)$$

O gráfico da figura 2 representa uma das possíveis evoluções das concentrações dos componentes da mistura reaccional em função do tempo, em recipiente fechado contendo inicialmente uma mistura de $SO_2(g)$ e $O_2(g)$.

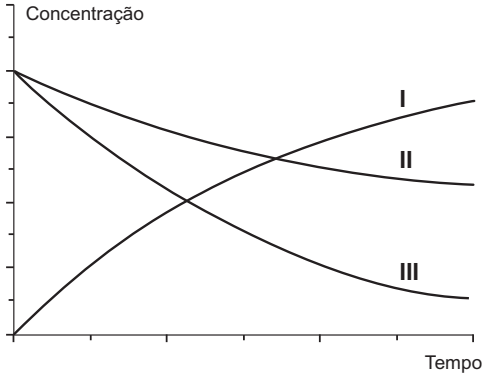



Fig. 2

Seleccione a alternativa que contém a sequência que refere a evolução das concentrações de $SO_2(g)$, $O_2(g)$ e $SO_3(g)$, respectivamente.

**(A) III, II e I**.

**(B) II, III e I**.

**(C) III, I e II**.

**(D) II, I e III**.

**3.2.** A chuva normal tem, usualmente, pH cerca de 5,6.

Indique o gás que, ao dissolver-se, é responsável por este valor.

**4.** O dióxido de carbono, $CO_2(g)$, é um dos principais gases que contribuem para o efeito de estufa, sendo conhecidas diversas acções conducentes à redução das suas emissões para a atmosfera.

No entanto, além do dióxido de carbono, o vapor de água, $H_2O(g)$, e o metano, $CH_4(g)$, também contribuem para esse efeito.

**4.1.** Tanto a molécula $H_2O$ como a molécula $CO_2$ têm um átomo central, respectivamente de oxigénio e de carbono.

Seleccione a alternativa que corresponde à geometria correcta dessas moléculas.

**(A)** A molécula $H_2O$ é linear, assim como a molécula $CO_2$.

**(B)** A molécula $H_2O$ é linear, enquanto a molécula $CO_2$ é angular.

**(C)** A molécula $H_2O$ é angular, assim como a molécula $CO_2$.

**(D)** A molécula $H_2O$ é angular, enquanto a molécula $CO_2$ é linear.

**4.2.** O metano, $CH_4$, é o alcano mais simples, com apenas um átomo de carbono por molécula. A cadeia carbonada dos alcanos pode ser ramificada ou não ramificada, ocorrendo a ramificação apenas a partir do butano, $C_4H_{10}$.

Considere o alcano de cadeia ramificada, cuja fórmula de estrutura está representada na figura 3.

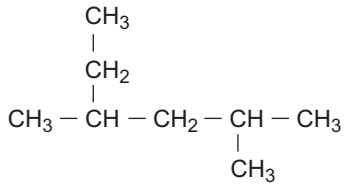


Fig. 3

Seleccione a alternativa que corresponde ao 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.

**5.** O mercúrio contribui para a poluição atmosférica como material particulado. Já um dos seus compostos, o metilmercúrio, quando em soluções aquosas, entra na cadeia alimentar, originando intoxicações. A toxicidade do mercúrio e dos seus compostos deve-se à sua interferência em processos enzimáticos, impedindo a respiração e o metabolismo celular.

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

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

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

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

**6.** O amoníaco, obtido industrialmente pelo processo de Haber-Bosch, é uma substância relevante na nossa sociedade, pelas suas múltiplas utilizações. É matéria-prima no fabrico de fertilizantes, de ácido nítrico, de explosivos, de detergentes, entre outros.

**6.1.** O hidrogénio, $H_2(g)$, usado no fabrico do amoníaco, é normalmente obtido a partir do gás natural, essencialmente constituído por metano, $CH_4(g)$, reacção que pode ser traduzida pela equação química

$$CH_4(g) + H_2O(g) \longrightarrow CO(g) + 3\ H_2(g)$$

Calcule o volume de hidrogénio que se obtém, medido em condições PTN, considerando a reacção completa de 960 kg de metano com excesso de vapor de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

**$M(CH_4)$ = 16,04 g $mol^{-1}$**

**6.2.** Num recipiente fechado de capacidade 5,0 $dm^3$, uma mistura constituída por 1,0 mol de $H_2(g)$, 2,5 mol de $N_2(g)$ e 2,0 mol de $NH_3(g)$ encontra-se a 500 °C. A essa temperatura, a constante de equilíbrio da reacção traduzida por

$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3(g)$$

é $K_c = 0{,}30$.

Mostre, com base no valor do quociente de reacção, $Q_c$, que a concentração de amoníaco, na mistura reaccional, diminui até se estabelecer o equilíbrio.

Apresente todas as etapas de resolução.

**6.3.** Seleccione a alternativa correcta, relativamente à reacção de formação do amoníaco, indicada em **6.2.**

**(A)** A espécie oxidante é o $N_2(g)$ e o elemento que se reduz é o hidrogénio.

**(B)** A espécie redutora é o $H_2(g)$ e o elemento que se oxida é o hidrogénio.

**(C)** A espécie redutora é o $N_2(g)$ e o elemento que se oxida é o azoto.

**(D)** A espécie oxidante é o $H_2(g)$ e o elemento que se reduz é o azoto.

**6.4.** O amoníaco, resultante da decomposição da ureia presente na urina, é um dos responsáveis pelo odor desagradável nas casas de banho. A sua ionização em água pode ser traduzida por

$$NH_3(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

Indique um dos pares conjugados ácido-base envolvidos nesta reacção.

**7.** Num laboratório, um grupo de alunos pretende preparar, com rigor, uma solução aquosa neutra, por meio de uma reacção 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, HCℓ(aq), de concentração 0,100 mol $dm^{-3}$, com um determinado volume de uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH(aq), de concentração 0,500 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.

**7.1.** Seleccione a alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

Na preparação, com rigor, da solução aquosa neutra, o volume de NaOH(aq) que tiveram de utilizar foi...

**(A)** … 5,0 mL.

**(B)** … 10 mL.

**(C)** … 15 mL.

**(D)** … 20 mL.

**7.2.** Seleccione a alternativa que corresponde ao material de vidro que deve ser utilizado na medição do volume de NaOH(aq).

**(A)** Pipeta graduada.

**(B)** Proveta graduada.

**(C)** Copo de precipitação.

**(D)** Pipeta de Pasteur.

**7.3.** Na tabela seguinte apresentam-se os valores de pH dessa solução neutra, a diversas temperaturas.

| Temperatura/ºC | 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.

**FIM**

**1.** Os conceitos de calor e de temperatura estão interrelacionados e, por isso, muitas vezes são confundidos.

Considere três esferas metálicas de tamanho aproximadamente igual, sendo uma de ferro, outra de cobre e outra de prata.

Na tabela da esquerda está registada a massa de cada uma das esferas, enquanto na tabela da direita está registada a capacidade térmica mássica do material que constitui cada uma das esferas.

| | **Massa / g** |
|---|---|
| Esfera de ferro | 30,0 |
| Esfera de cobre | 40,0 |
| Esfera de prata | 50,0 |

| | **Capacidade térmica mássica / J $kg^{-1}$ $ºC^{-1}$** |
|---|---|
| Ferro | 444 |
| Cobre | 385 |
| Prata | 129 |

**1.1.** Explicite o significado da expressão: «A capacidade térmica mássica do ferro é 444 J $kg^{-1}$ $ºC^{-1}$».

**1.2.** As três esferas estão em equilíbrio térmico à temperatura ambiente.

Pretende-se que a temperatura de cada uma delas se eleve 20 ºC.

Indique, justificando, a qual delas se terá de fornecer mais energia.

**1.3.** Numa sala escura, aqueceu-se a esfera de cobre até esta se tornar visível.

Seleccione a alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

Continuando a aquecer a esfera, esta emite radiação cujo comprimento de onda vai _____ e cuja energia vai _____.

**(A)** ... aumentando ... diminuindo.

**(B)** ... aumentando ... aumentando.

**(C)** ... diminuindo ... aumentando.

**(D)** ... diminuindo ... diminuindo.

**2.** Um rapaz empurra, com velocidade constante, um bloco de massa *m*, ao longo de um plano inclinado sem atrito, como o esquema da figura 1 mostra.

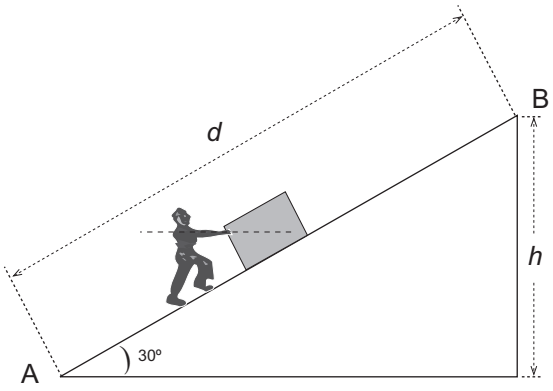
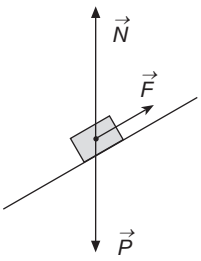


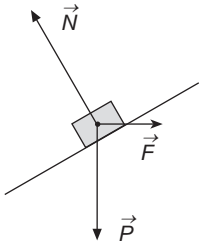

Fig. 1

**2.1.** Seleccione o diagrama que melhor representa, na situação descrita, as forças aplicadas no centro de massa do bloco, durante a subida, sendo $\vec{F}$ a força aplicada pelo rapaz.

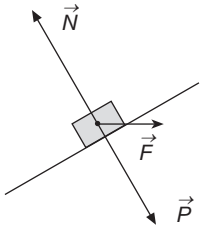
**(A)**



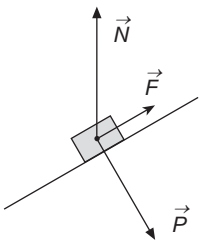

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.2.** Seleccione a alternativa que permite calcular o trabalho realizado pelo peso do bloco, $\vec{P}$, na subida entre as posições A e B.

**(A)** $W_{\vec{P}} = -\, m\, g\, h \cos 30º$

**(B)** $W_{\vec{P}} = -\, m\, g\, d \cos 30º$

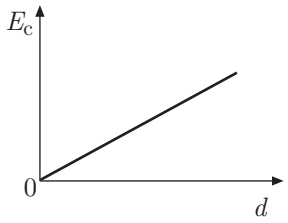
**(C)** $W_{\vec{P}} = -\, m\, g\, d$

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

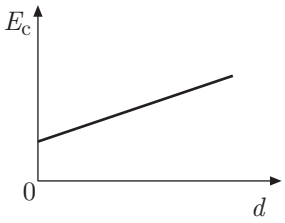
**2.3.** Ao atingir a posição B, o bloco fica parado. Ao fim de certo tempo, por descuido, começa a deslizar ao longo do plano inclinado, com aceleração aproximadamente constante, no sentido de B para A.

Seleccione o gráfico que melhor traduz a energia cinética, $E_c$, do bloco, em função da distância, $d$, que percorre desde a posição B até à posição A.

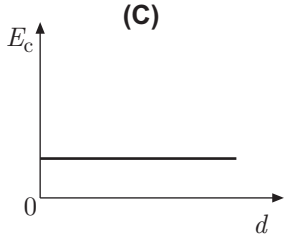
**(A)**



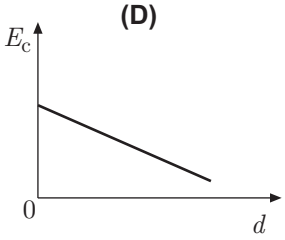

**(B)**




**(C)**




**(D)**




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

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

A experiência de Galileu está esquematizada na figura 2, 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.

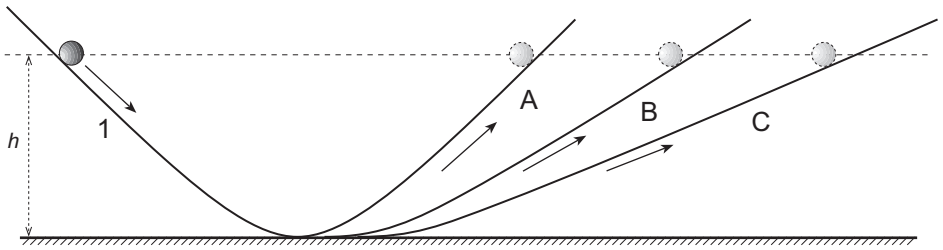



Fig. 2

Calcule a 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.

**4.** Leia com atenção o pequeno texto atribuído a Newton:

«Comecei a pensar que a gravidade se estendia até à órbita da Lua e... deduzi que as forças que conservam os planetas nas suas órbitas devem ser inversamente proporcionais aos quadrados das suas distâncias aos centros em torno dos quais revolucionam: e assim comparei a força necessária para conservar a Lua na sua órbita com a força da gravidade à superfície da Terra.»

In *Projecto Física Unidade 2*, Fundação Calouste Gulbenkian, 1979, pp. 94-95

**4.1.** A Lua, o nosso satélite natural, descreve uma órbita praticamente circular em torno da Terra, com movimento circular uniforme.

Indique a relação entre as direcções da força que conserva a Lua na sua órbita e da velocidade da Lua.

**4.2.** Os satélites artificiais da Terra estão também sujeitos à força da gravidade.

Seleccione a alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

A intensidade da força que actua sobre esses satélites _____ quando a sua distância ao centro da Terra _____.

**(A)** ... quadruplica ... se reduz a metade.

**(B)** ... quadruplica ... duplica.

**(C)** ... duplica ... duplica.

**(D)** ... duplica ... se reduz a metade.

**5.** Newton imaginou um canhão, no topo de uma montanha, lançando horizontalmente um projéctil. Mostrou que o alcance do projéctil ia sendo cada vez maior, à medida que aumentava a velocidade de lançamento, entrando em órbita em torno da Terra, para uma dada velocidade.

A figura 3 representa uma imagem estroboscópica* das posições de duas esferas P e Q, tendo P caído verticalmente e Q sido lançada horizontalmente, em simultâneo.

* Numa imagem estroboscópica as posições são representadas a intervalos de tempo iguais.

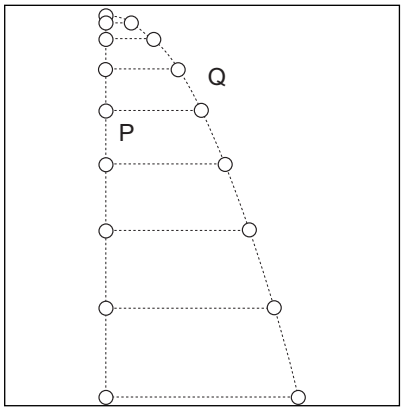
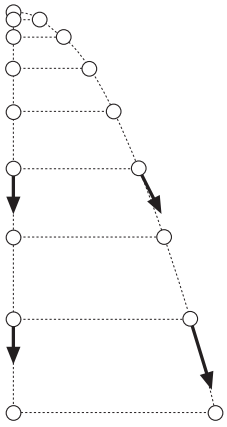


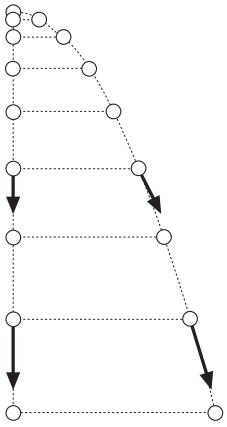

Fig. 3

**5.1.** Seleccione o diagrama que pode representar, na situação descrita, as velocidades das duas esferas.

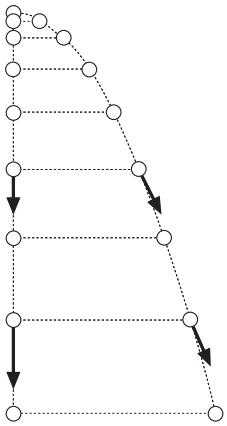
**(A)**



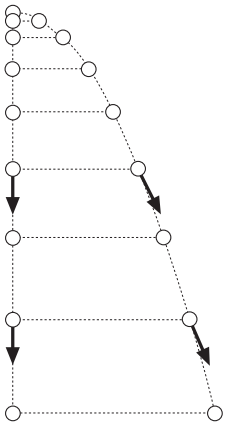
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**5.2.** Escreva um texto em que caracterize os movimentos das esferas P e Q (figura 3), abordando os seguintes tópicos:

- Tipos de movimentos em que o movimento da esfera Q se pode decompor, relacionando-os com o da esfera P;
- Força(s) que actua(m) nas esferas;
- Relação entre o tempo de queda das esferas.

(Considere desprezável a resistência do ar.)

**6.** Newton também contribuiu para o estudo do movimento dos corpos na Terra, formulando leis que estão referidas na sua obra «Principia».

O gráfico da figura 4 representa a componente, num eixo $Ox$, da velocidade, $v_x$, de um homem que se desloca numa trajectória rectilínea horizontal, em função do tempo, $t$.

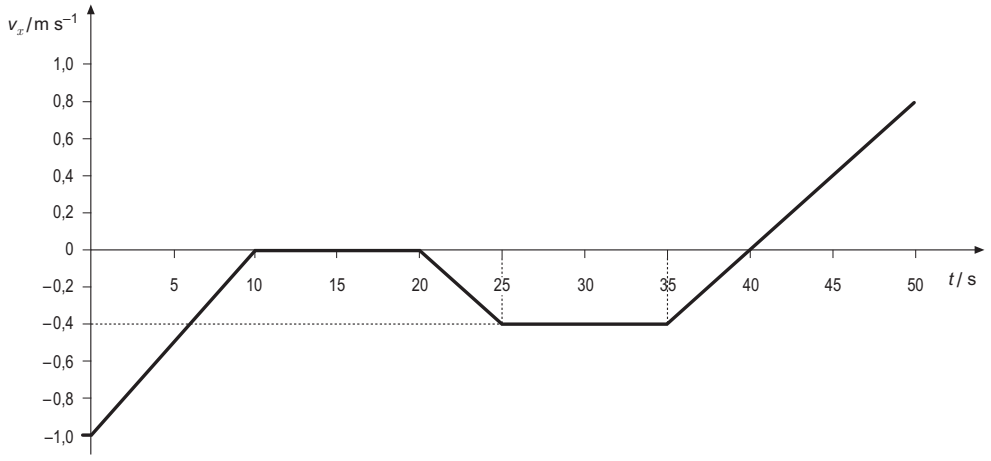



Fig. 4

**6.1.** Seleccione a alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

A velocidade do homem muda de sentido no instante...

**(A)** ... $t = 20$ s.

**(B)** ... $t = 25$ s.

**(C)** ... $t = 35$ s.

**(D)** ... $t = 40$ s.

**6.2.** Seleccione a alternativa que contém a expressão da lei das velocidades, para o intervalo de tempo [0, 10] s.

**(A)** $v_x = 0{,}1t$.

**(B)** $v_x = -1{,}0 - 0{,}1t$.

**(C)** $v_x = -1{,}0 + 0{,}1t$.

**(D)** $v_x = -0{,}1t$.

**6.3.** Indique entre que instantes o homem se desloca no sentido negativo do eixo $Ox$, com movimento uniformemente acelerado.

**7.** Um corpo de massa 5,0 kg, partindo do repouso, é arrastado ao longo de uma superfície horizontal rugosa por uma força horizontal constante com intensidade 40 N.

Verificou-se que, ao fim de 3,0 s, o módulo da sua velocidade era 3,0 m s$^{-1}$.

Calcule a intensidade da força de atrito, suposta constante.

Apresente todas as etapas de resolução.

**8.** Michael Faraday, por volta de 1831, comprovou experimentalmente que campos magnéticos poderiam gerar correntes eléctricas.

**8.1.** Nos diagramas da figura 5 estão representados três circuitos, cada um constituído por uma bobina, um galvanómetro e um íman. Nestes diagramas, 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.

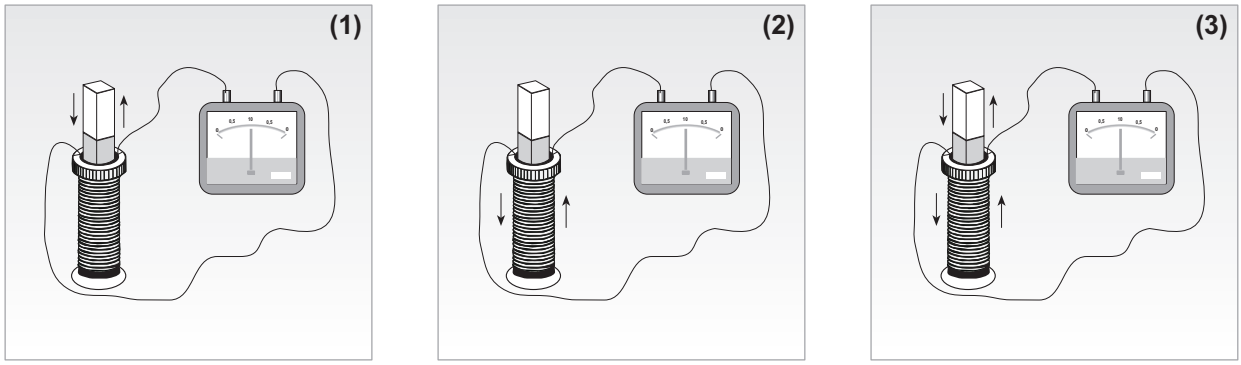



Fig. 5

Seleccione a alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

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.** Num microfone de indução, cujo funcionamento corresponde a uma das aplicações das leis de Faraday, um sinal sonoro é transformado num sinal eléctrico, que pode ser detectado num osciloscópio.

**8.2.1.** O gráfico da figura 6 representa o sinal eléctrico recebido num osciloscópio, em que a base do tempo foi programada para 0,5 ms / cm.

Calcule a frequência angular deste sinal, em unidades SI.

Apresente todas as etapas de resolução.

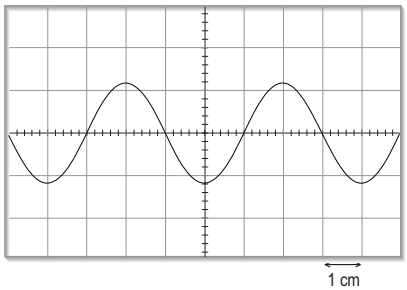



Fig. 6

**8.2.2.** Num outro ensaio, modificou-se a programação da base do tempo do osciloscópio. O gráfico da figura 7 representa um sinal eléctrico, de frequência 800 Hz, recebido no osciloscópio.

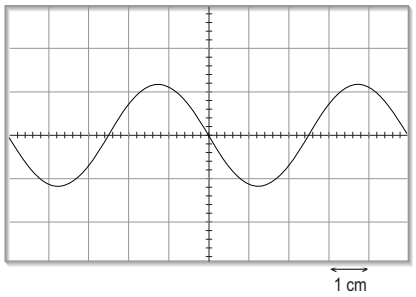



Fig. 7

Seleccione a alternativa que permite obter uma afirmação correcta.

Neste ensaio, a base do tempo do osciloscópio estava programada para...

**(A)** ... 0,10 ms/cm.

**(B)** ... 0,20 ms/cm.

**(C)** ... 0,25 ms/cm.

**(D)** ... 0,40 ms/cm.

**FIM**

**1.** Leia o texto seguinte.

A água não é mais do que um prato simples: a receita diz-nos para fazer reagir hidrogénio e oxigénio. O primeiro ingrediente veio directamente do Big Bang logo que a matéria arrefeceu o suficiente. Ou seja, os protões – 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 reactivo, é um solitário cósmico. Assim, a água é a combinação dos dois elementos reactivos mais abundantes do Universo.

Ball, P., *$H_2O$ Uma biografia da água*, Temas e Debates, 1999 (adaptado)

**1.1.** Seleccione a única alternativa que corresponde a uma afirmação correcta, 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.

**1.2.** A Teoria do Big Bang pode ser evidenciada por alguns fenómenos detectados no Universo.

Indique um desses fenómenos.

**1.3.** O oxigénio é o terceiro elemento mais abundante no Universo.

Seleccione a única alternativa que apresenta a configuração electrónica correcta de um possível estado excitado do átomo de oxigénio.

**(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)** $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^2$

**1.4.** O enxofre e o oxigénio situam-se no mesmo grupo da Tabela Periódica.

Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

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

**1.5.** Um átomo de oxigénio ligado a dois átomos de hidrogénio forma uma molécula de água.

Justifique a seguinte afirmação: «a molécula de água tem geometria angular».

**2.** Leia o texto seguinte.

A Química progrediu de uma arte para uma ciência, quando os químicos começaram a medir a quantidade de cada substância que era consumida e de cada substância que era obtida numa reacção química. Em muitas destas reacções nenhum dos reagentes se esgota, coexistindo uma certa quantidade destes com os produtos da reacção – são reacções incompletas; em alguns casos, estas reacções podem ser reversíveis, chegando a dar origem a equilíbrios químicos.

Reger, D., *Química: Princípios e Aplicações*, Gulbenkian, 1997 (adaptado)

**2.1.** A decomposição térmica do clorato de potássio, $KC\ell O_3(s)$, é traduzida por

$$2\ KC\ell O_3(s) \longrightarrow 2\ KC\ell(s) + 3\ O_2(g)$$

Seleccione a única alternativa que corresponde à quantidade de cloreto de potássio, $KC\ell(s)$, que resulta da reacção 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

$$\boldsymbol{M\ (KC\ell O_3) = 122{,}55\ g\ mol^{-1}}$$

**2.2.** A reacção reversível, traduzida por

$$\underset{\text{(sólido de cor rosa)}}{CoC\ell_2 \cdot 6\ H_2O(s)} \rightleftharpoons \underset{\text{(sólido de cor azul)}}{CoC\ell_2 \cdot 2\ H_2O(s)} + 4\ H_2O(g)$$

é utilizada como indicador do grau de humidade atmosférica, baseando-se na variação da cor do sólido.

Indique a cor do sólido num dia de muita humidade.

**3.** O ácido clorídrico, HC$\ell$(aq), é um dos ácidos mais utilizados em laboratórios de Química, nomeadamente, em volumetria de ácido-base.

**3.1.** Numa actividade laboratorial, um grupo de alunos realizou uma titulação, com o objectivo de determinar a concentração de uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH(aq).

**3.1.1.** Nesta titulação, foram titulados 36,0 ml de solução aquosa de hidróxido de sódio, tendo-se usado como titulante ácido clorídrico de concentração 0,20 mol $dm^{-3}$.

Determine a massa de hidróxido de sódio que existia nesse volume de solução aquosa de hidróxido de sódio, sabendo que se gastaram 18,0 ml de ácido clorídrico até ao ponto de equivalência da titulação.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$\boldsymbol{M}\textbf{(NaOH) = 40,00 g mol}^{-1}$$

**3.1.2.** Indique o material que os alunos utilizaram para adicionar progressivamente o titulante ao titulado.

**3.2.** O ácido clorídrico reage com o ferro de acordo com a equação

$$2\ HC\ell(aq) + Fe(s) \rightarrow H_2(g) + Fe^{2+}(aq) + 2\ C\ell^{-}(aq)$$

Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

O átomo de ferro, ao _____ dois electrões, _____, sendo o ferro a espécie _____.

**(A)** ceder ... reduz-se ... oxidante

**(B)** ceder ... oxida-se ... redutora

**(C)** ganhar ... reduz-se ... oxidante

**(D)** ganhar ... oxida-se ... redutora

**4.** Num estudo de movimentos verticais, utilizou-se uma pequena bola de massa *m*, em duas situações diferentes, **I** e **II**.

Considere que o sentido do eixo O*y* é de baixo para cima, e que nas duas situações é desprezável o efeito da resistência do ar.

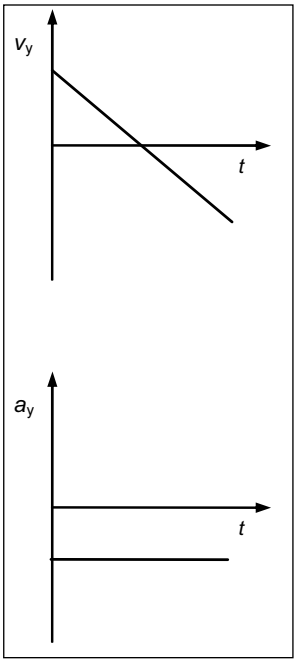
**4.1.** Na situação **I**, a bola é lançada verticalmente para cima, com velocidade inicial de módulo 5,0 m s$^{-1}$.

**4.1.1.** Determine a altura máxima atingida pela bola, em relação ao nível do lançamento.

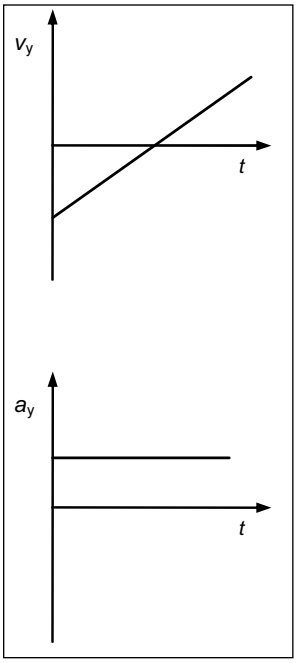
Apresente todas as etapas de resolução.

**4.1.2.** Seleccione a única alternativa 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.

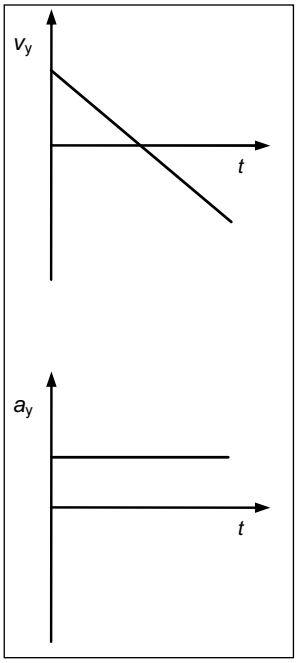
**(A)**



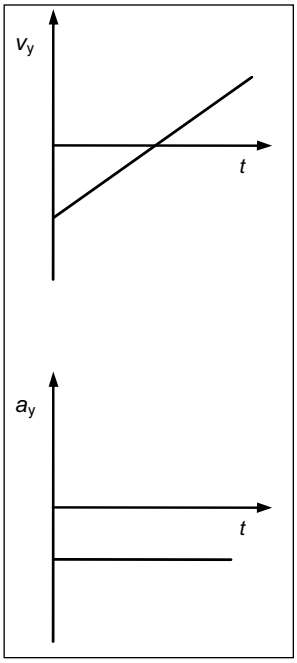

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**4.2.** Na situação **II**, a bola é largada, sem velocidade inicial, de uma determinada altura, atingindo o solo com velocidade de módulo 4,0 m s$^{-1}$.

Seleccione a única alternativa que contém a expressão do trabalho realizado pela resultante das forças que actuam na bola, até esta atingir o solo, em função da sua massa, *m*.

**(A)** $W = 8{,}0\ m$

**(B)** $W = -8{,}0\ m$

**(C)** $W = 10\ m$

**(D)** $W = -10\ m$

**5.** Os metais, como por exemplo o cobre, são, em geral, bons condutores térmicos e eléctricos.

**5.1.** O gráfico da figura 1 representa a variação de temperatura, $\Delta\theta$, de duas esferas de cobre A e B, em função da energia, *E*, fornecida a cada esfera.

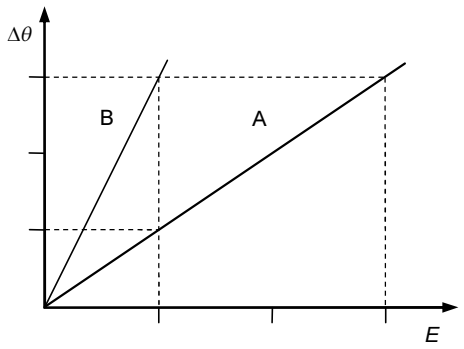



Fig. 1

Seleccione a única alternativa que traduz a relação correcta entre as massas das duas esferas, $m_A$ e $m_B$, respectivamente.

**(A)** $m_A = 2\ m_B$

**(B)** $m_A = \frac{1}{2}\ m_B$

**(C)** $m_A = 3\ m_B$

**(D)** $m_A = \frac{1}{3}\ m_B$

**5.2.** Uma resistência térmica de cobre de 500 W foi introduzida num recipiente com 500 g de água a 20 ºC.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

***c*(capacidade térmica mássica da água) = 4,18 × $10^3$ J $kg^{-1}$ $ºC^{-1}$**

**5.2.2.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

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

**6.** Na figura 2 estão representadas duas placas metálicas paralelas, uma com carga positiva e outra com carga negativa, originando um campo eléctrico uniforme.

Admita que no ponto P, é colocada uma partícula com carga negativa.

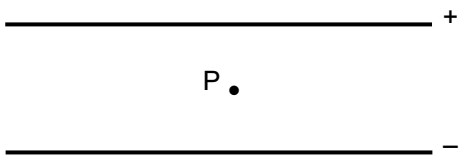
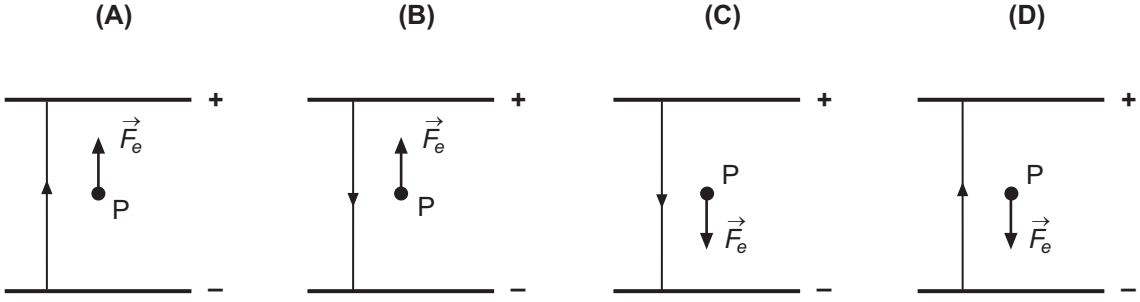



Fig. 2

**6.1.** Seleccione o único esquema que representa correctamente o sentido da linha de campo e a força eléctrica, $\vec{F}_e$ , que actua na partícula.




**6.2.** Os seres vivos evoluíram num mundo com campos eléctricos e magnéticos naturais de baixa intensidade, mas as novas tecnologias multiplicaram os campos electromagnéticos à nossa volta.

Elabore um texto, abordando os tópicos seguintes:

- Como são criados os campos magnéticos.
- Relação entre a direcção, o sentido e a intensidade do vector campo magnético e as linhas de campo magnético.
- Forma e posição relativa das linhas de campo num campo magnético uniforme.

**FIM**

**1.** A Terra é o único planeta do sistema solar que possui uma atmosfera rica em oxigénio.

**1.1.** A atmosfera terrestre constitui um filtro natural para as radiações provenientes do Sol, em especial para as radiações ultravioleta de maior energia, as UV-C, e as radiações ultravioleta de energia intermédia, as UV-B.

Elabore um texto relativo às radiações ultravioleta provenientes do Sol, abordando os tópicos seguintes:

- Camadas da atmosfera onde as radiações ultravioleta UV-C e UV-B são predominantemente absorvidas.
- Reacções que traduzem o efeito das radiações ultravioleta nas moléculas de oxigénio ($O_2$) e de ozono ($O_3$), na estratosfera.
- Significado de o índice de protecção solar (IPS) de um dado creme protector ser igual a 20.

**1.2.** A composição da atmosfera terrestre tem variado, desde a sua formação até aos tempos actuais.

Na figura 1 apresenta-se a composição da atmosfera terrestre em três momentos da sua existência – gráficos 1, 2 e 3.

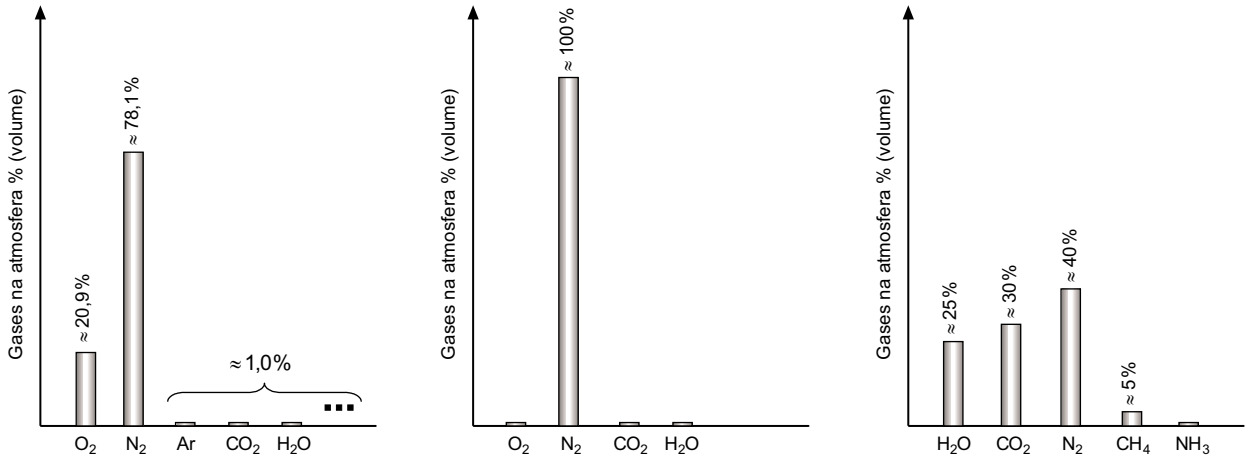



Gráfico 1 Gráfico 2 Gráfico 3

Fig. 1

Seleccione a única alternativa que contém a sequência correcta dos gráficos da composição da atmosfera da Terra, ordenados da mais antiga para a actual.

**(A)** Gráfico 3, Gráfico 2 e Gráfico 1.

**(B)** Gráfico 2, Gráfico 3 e Gráfico 1.

**(C)** Gráfico 3, Gráfico 1 e Gráfico 2.

**(D)** Gráfico 1, Gráfico 2 e Gráfico 3.

**2.** Os elementos químicos predominantes no Universo são o hidrogénio e o hélio, os dois elementos mais leves. Cerca de 98% do Universo é constituído por esses elementos.

**2.1.** Os espectros de emissão e de absorção atómica são espectros de riscas, estando estas riscas relacionadas com as transições electrónicas que ocorrem nos átomos.

Na figura 2 estão esquematizados alguns níveis de energia do átomo de hidrogénio (sendo *n* o número quântico principal correspondente a cada um desses níveis de energia), bem como algumas transições electrónicas, $T_1$ a $T_4$.

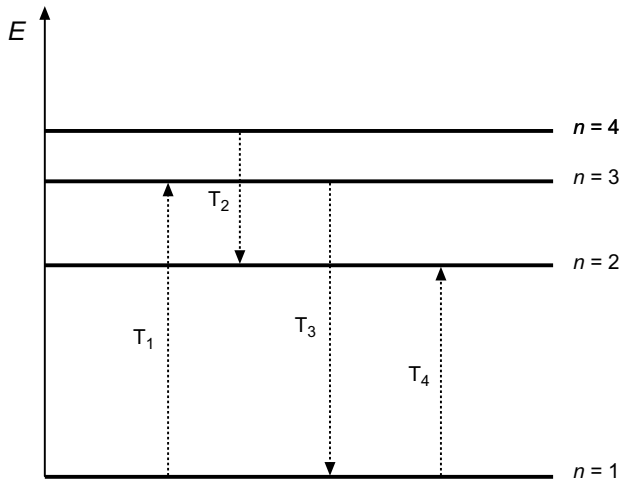



Fig. 2

Seleccione a única alternativa que corresponde a uma afirmação correcta, tendo em consideração o esquema da figura 2.

**(A)** A transição electrónica $T_1$ pode ocorrer por absorção de energia sob a forma de uma radiação electromagnética na zona do visível.

**(B)** A transição electrónica $T_2$ corresponde a uma risca, na zona do infravermelho, do espectro de emissão do átomo de hidrogénio.

**(C)** A transição electrónica $T_3$ pode ocorrer por emissão de energia sob a forma de uma radiação electromagnética na zona do infravermelho.

**(D)** A transição electrónica $T_4$ corresponde a uma risca negra, na zona do ultravioleta, do espectro de absorção do átomo de hidrogénio.

**2.2.** Seleccione a única alternativa que corresponde a uma afirmação correcta, relativamente ao átomo de hélio, He.

**(A)** No estado de menor energia, a configuração electrónica do átomo de hélio é $1s^1\ 2s^1$.

**(B)** No estado de menor energia, os electrões do átomo de hélio têm número quântico de spin, $m_s$, simétrico.

**(C)** Num estado excitado, um dos electrões do átomo de hélio pode estar numa orbital em que $n = 3$, $\ell = 0$ e $m_\ell = 1$.

**(D)** No átomo de hélio, um electrão na orbital 2*s* tem a mesma energia que um electrão numa das orbitais 2*p*.

**2.3.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem o espaço seguinte, de modo a obter uma afirmação correcta.

Nas mesmas condições de pressão e temperatura, o volume ocupado por 4,00 g de hélio, He(g), é aproximadamente _____ volume ocupado por 4,00 g de hidrogénio, $H_2(g)$.

**(A)** igual ao

**(B)** o dobro do

**(C)** metade do

**(D)** o quádruplo do

**3.** A espectroscopia fotoelectrónica, que se baseia no efeito fotoeléctrico, é um processo que pode ser usado para determinar a energia de cada electrão de um átomo.

**3.1.** A energia mínima para remover um electrão do átomo de sódio, Na, é $8{,}24 \times 10^{-19}$ J.

Determine o módulo da velocidade do electrão ejectado de um átomo de sódio, quando nele incide uma radiação de energia $2{,}00 \times 10^{-18}$ J / fotão.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$\boldsymbol{m}\textbf{(electrão)} = \mathbf{9{,}11 \times 10^{-31}\ kg}$$

**3.2.** As configurações electrónicas dos átomos dos metais alcalinos, no estado de menor energia, apresentam uma característica comum.

Indique essa característica.

**3.3.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

A energia de ionização do átomo de sódio, Na, é _____ do que a do átomo de magnésio, Mg, enquanto o raio do átomo de sódio é _____ do que o do átomo de magnésio.

**(A)** maior ... maior

**(B)** maior ... menor

**(C)** menor ... menor

**(D)** menor ... maior

**4.** O azoto e o oxigénio formam moléculas diatómicas homonucleares, $N_2$ e $O_2$, respectivamente.

**4.1.** Em condições normais de pressão e temperatura (condições PTN), a substância azoto, $N_2$, é um gás.

Seleccione a única alternativa que contém a expressão que permite obter o valor da densidade do azoto, $N_2(g)$, nessas condições, expresso em $g\,cm^{-3}$.

**(A)** $\rho = \frac{14,01}{22,4}$

**(B)** $\rho = \frac{28,02}{22,4 \times 10^3}$

**(C)** $\rho = \frac{28,02}{22,4}$

**(D)** $\rho = \frac{14,01}{22,4 \times 10^3}$

**4.2.** Seleccione a única alternativa que corresponde ao número aproximado de átomos que existem em 48,0 g de oxigénio, $O_2(g)$.

**(A)** $6,02 \times 10^{23}$

**(B)** $9,03 \times 10^{23}$

**(C)** $1,20 \times 10^{24}$

**(D)** $1,81 \times 10^{24}$

**5.** *Para arrefecer a água contida num copo, será mais eficaz adicionar-lhe água líquida a 0 ºC ou gelo à mesma temperatura?*

Para responder a esta pergunta através de uma actividade experimental, um grupo de alunos procedeu do modo seguinte:

- Numa tina de vidro, introduziram alguns cubos de gelo e uma pequena quantidade de água, e aguardaram até que se atingisse o equilíbrio térmico, a 0 ºC.
- Aqueceram água, que repartiram por dois gobelés, A e B, tendo colocado 200 g de água em cada um e medido a temperatura inicial em cada um deles, que era 42,3 ºC.
- Adicionaram, ao gobelé A, 51 g de água a 0 ºC, e foram medindo a temperatura da mistura, até ter sido atingido o equilíbrio térmico, que ocorreu a 34,7 ºC.
- Adicionaram, ao gobelé B, 51 g de gelo a 0 ºC, e foram medindo a temperatura da mistura, até que todo o gelo fundisse e fosse atingido o equilíbrio térmico, que ocorreu a 22,4 ºC.

**5.1.** Determine, com base nos resultados experimentais obtidos, o calor de fusão do gelo, $L_{fusão}$, admitindo que não ocorreram trocas de energia com o exterior.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

**5.2.** Cálculos teóricos permitem prever que o equilíbrio térmico, no gobelé B, seria atingido a 17,5 ºC, em vez de a 22,4 ºC, conforme obtido experimentalmente.

Indique uma razão que possa explicar esta diferença.

**5.3.** De acordo com os resultados experimentais obtidos, conclui-se que, para arrefecer a água contida num copo, é mais eficaz usar cubos de gelo do que água à mesma temperatura do gelo, uma vez que a temperatura à qual se atingiu o equilíbrio térmico é inferior no primeiro caso.

Justifique aquela conclusão, tendo em consideração o fenómeno que ocorre quando se utiliza gelo para arrefecer a água.

**5.4.** Como se designa o mecanismo de transferência de energia sob a forma de calor que ocorre, predominantemente, no arrefecimento da água contida no gobelé A?

**5.5.** Quando colocamos a mão em água e em gelo, ambos à temperatura de 0 ºC, aparentemente o gelo está mais frio do que a água.

Seleccione a única alternativa que contém a interpretação correcta deste facto.

**(A)** A energia transferida como calor da pele para o gelo é menor do que a energia transferida da pele para a água, no mesmo intervalo de tempo.

**(B)** A energia transferida como calor da água para a pele é maior do que a energia transferida do gelo para a pele, no mesmo intervalo de tempo.

**(C)** A energia transferida como calor do gelo para a pele é maior do que a energia transferida da água para a pele, no mesmo intervalo de tempo.

**(D)** A energia transferida como calor da pele para a água é menor do que a energia transferida da pele para o gelo, no mesmo intervalo de tempo.

**6.** Numa central hidroeléctrica, a água cai de uma altura de 100 m, com um caudal mássico de 2,0 toneladas por segundo.

Seleccione a única alternativa que contém o valor que corresponde à energia transferida, por segundo, para as pás das turbinas, admitindo que toda a energia resultante da queda da água é transferida para as turbinas.

**(A)** $E = 2{,}0 \times 10^{3}$ J

**(B)** $E = 2{,}0 \times 10^{-3}$ J

**(C)** $E = 2{,}0 \times 10^{6}$ J

**(D)** $E = 2{,}0 \times 10^{-6}$ J

**7.** Imagine que, numa plataforma suspensa por dois cabos, se encontrava um caixote de madeira com massa 50 kg. Por acidente, um dos cabos partiu-se e a plataforma ficou com uma inclinação de 20º com a horizontal, conforme esquematizado na figura 3.

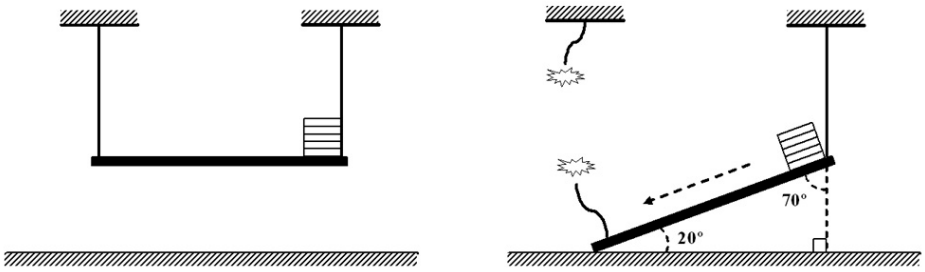



Fig. 3

Devido a esse acidente, o caixote escorregou, tendo percorrido 6,0 m até ao extremo da plataforma.

Admita que o atrito é desprezável.

**7.1.** Seleccione a única alternativa que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

À medida que o caixote escorrega pela plataforma inclinada, a sua energia cinética _____, e a sua energia potencial gravítica _____.

**(A)** aumenta ... diminui

**(B)** aumenta ... aumenta

**(C)** diminui ... diminui

**(D)** diminui ... aumenta

**7.2.** Determine o trabalho realizado pelo peso do caixote no seu deslocamento, desde a posição inicial até ao extremo da plataforma.

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

**1.** Leia o seguinte texto.

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, devemo-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 objectos 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)

**1.1.** 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.

Nos itens **1.2.** a **1.5.**, seleccione a única opção que, em cada caso, permite obter uma afirmação correcta.

**1.2.** Galileu previu que, na queda livre de um objecto, o tempo de queda…

**(A)** depende da forma e da massa do objecto.

**(B)** depende da forma do objecto, mas é independente da sua massa.

**(C)** é independente da forma do objecto, mas depende da sua massa.

**(D)** é independente da forma e da massa do objecto.

**1.3.** 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.

**1.4.** 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.

**1.5.** 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 / $\mathrm{mW\ m^{-1}\ K^{-1}}$** |
|---|---|
| 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.

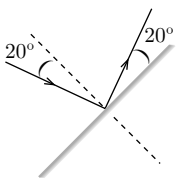
**(D)** 16 vezes superior na camada B.

**1.6.** A distância Terra – Lua foi determinada, com grande rigor, por reflexão de ondas electromagnéticas em reflectores colocados na superfície da Lua.

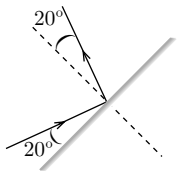
Considere um feixe *laser*, muito fino, que incide sobre uma superfície plana segundo um ângulo de incidência de $20^{\circ}$, sendo reflectido por essa superfície.

Seleccione a única opção que representa correctamente a situação descrita.

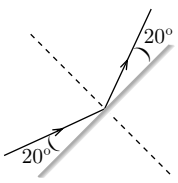
**(A)**



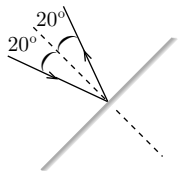

**(B)**




**(C)**




**(D)**



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

Considere que, nos itens **2.1.** a **2.4.**, o jipe pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

**2.1.** Na Figura 1, encontra-se representado o gráfico da distância percorrida pelo jipe, em função do tempo, num dado percurso.

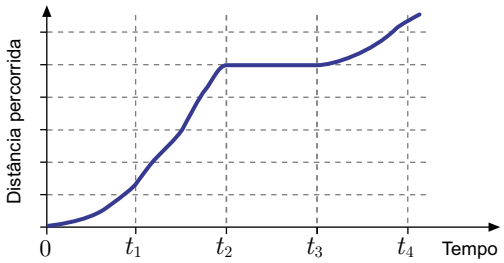



Figura 1

Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

O gráfico permite concluir que, no intervalo de tempo…

**(A)** $[0,\ t_1]$, o jipe descreveu uma trajectória curvilínea.

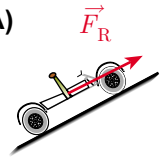
**(B)** $[t_1,\ t_2]$, o jipe inverteu o sentido do movimento.

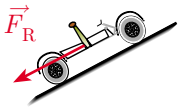
**(C)** $[t_2,\ t_3]$, o jipe esteve parado.

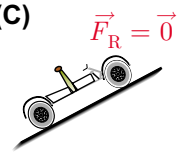
**(D)** $[t_3,\ t_4]$, o jipe se afastou do ponto de partida.

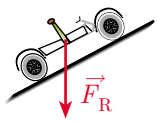
**2.2.** Admita que o jipe sobe, com velocidade constante, uma pequena rampa.

Seleccione a única opção em que a resultante das forças aplicadas no jipe, $\vec{F}_{\mathrm{R}}$ , está indicada correctamente.

**(A)**



**(B)**



**(C)**



**(D)**



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

**2.4.** O jipe estava equipado com um motor eléctrico cuja potência útil, responsável pelo movimento do seu centro de massa, era $7{,}4 \times 10^2\ \mathrm{W}$.

Admita que a Figura 2 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 $10\ \mathrm{s}$.

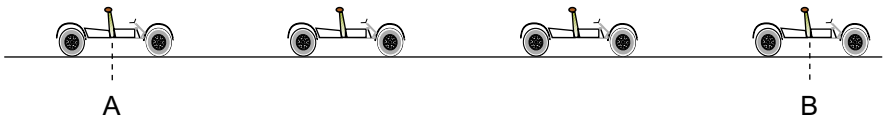



Figura 2

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.5.** Na Lua, a inexistência de atmosfera impede que ocorra o mecanismo de convecção que, na Terra, facilitaria o arrefecimento do motor do jipe.

Descreva o modo como aquele mecanismo de convecção se processa.

**3.** Os ímanes têm, hoje em dia, diversas aplicações tecnológicas.

**3.1.** A Figura 3 representa linhas de campo magnético criadas por um íman em barra e por um íman em U.

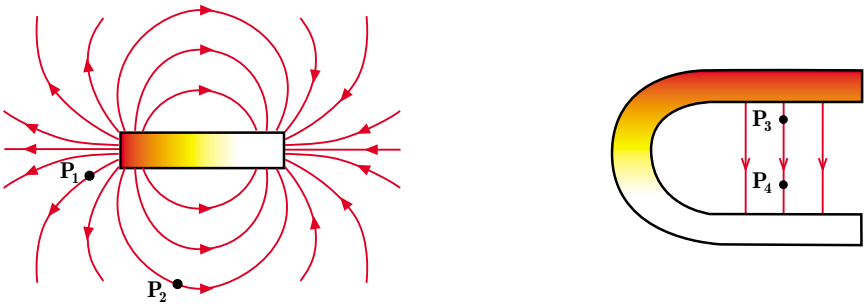



Figura 3

Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

O módulo do campo magnético é…

**(A)** maior em $\mathrm{P}_4$ do que em $\mathrm{P}_3$.

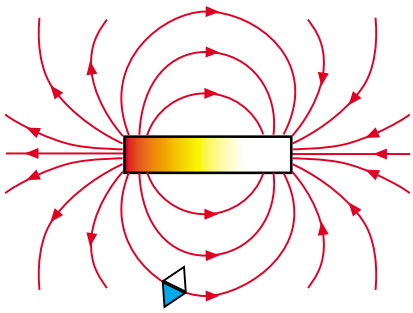
**(B)** igual em $\mathrm{P}_4$ e em $\mathrm{P}_3$.

**(C)** maior em $\mathrm{P}_2$ do que em $\mathrm{P}_1$.

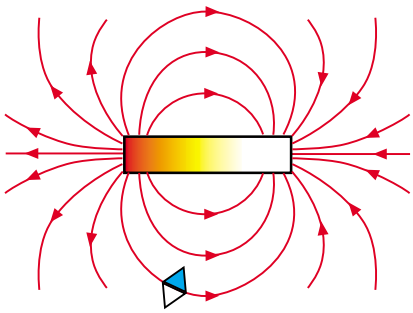
**(D)** igual em $\mathrm{P}_2$ e em $\mathrm{P}_1$.

**3.2.** Seleccione a única opção que apresenta correctamente a orientação de uma bússola, cujo pólo norte está assinalado a azul, colocada na proximidade do íman representado nos esquemas seguintes.

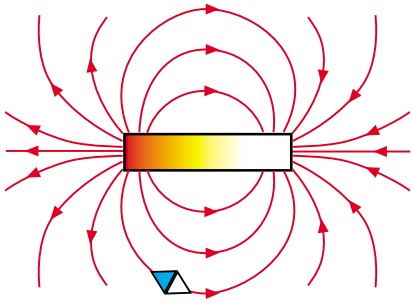
**(A)**



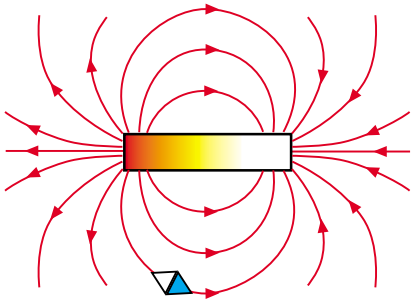
**(B)**



**(C)**



**(D)**



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

Refira o que se pode concluir deste resultado.

**3.4.** Os ímanes são um dos constituintes dos microfones de indução, dispositivos que permitem converter um sinal sonoro num sinal eléctrico.

Na Figura 4, 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.

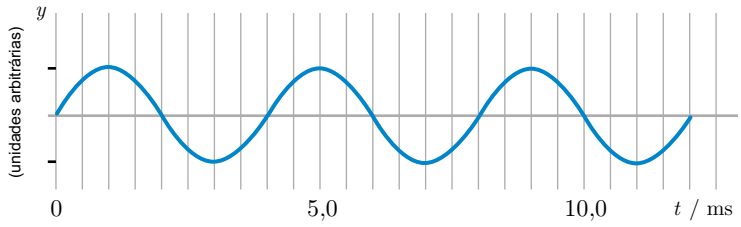



Figura 4

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** O azoto (N) é um elemento químico essencial à vida, uma vez que entra na constituição de muitas moléculas biologicamente importantes. O azoto molecular ($N_2$) é um gás à temperatura e pressão ambientes, sendo o componente largamente maioritário da atmosfera terrestre.

**4.1.** Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

No átomo de azoto no estado fundamental, existem…

**(A)** cinco electrões de valência, distribuídos por duas orbitais.

**(B)** três electrões de valência, distribuídos por quatro orbitais.

**(C)** cinco electrões de valência, distribuídos por quatro orbitais.

**(D)** três electrões de valência, distribuídos por uma orbital.

**4.2.** Justifique a afirmação seguinte, com base nas posições relativas dos elementos azoto (N) e fósforo (P), na Tabela Periódica.

A energia de ionização do azoto é superior à energia de ionização do fósforo.

**4.3.** Considere que a energia média de ligação N – N é igual a $193\ \text{kJ mol}^{-1}$ e que, na molécula de azoto ($N_2$), a ligação que se estabelece entre os átomos é uma ligação covalente tripla.

Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

A quebra das ligações triplas em $1\ \text{mol}$ de moléculas de azoto, no estado gasoso, envolve a _____ de uma energia _____ a $193\ \text{kJ}$.

**(A)** libertação ... inferior

**(B)** libertação ... superior

**(C)** absorção ... superior

**(D)** absorção ... inferior

**4.4.** Represente a molécula de azoto ($N_2$), utilizando a notação de Lewis.

**4.5.** O gráfico da Figura 5 representa o volume, $V$, de diferentes amostras de azoto ($N_2$), em função da quantidade de gás, $n$, existente nessas amostras, à pressão de $752\ \text{mm Hg}$ e à temperatura de $55\ ^{\circ}\text{C}$.

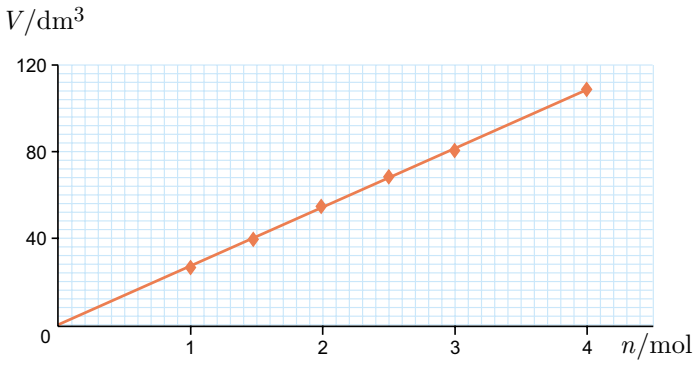



Figura 5

Que significado físico tem o declive da recta representada?

**5.** Um dos compostos cuja emissão para a atmosfera acarreta prejuízos graves à saúde dos seres vivos é o óxido de azoto, NO(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 reacção entre o azoto e o oxigénio atmosféricos, de acordo com a seguinte equação química:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ NO(g)$$

Na tabela seguinte, estão registados os valores da constante de equilíbrio, $K_c$, desta reacção, para diferentes valores de temperatura.

| $T/\mathrm{K}$ | $K_c$ |
|---|---|
| $2000$ | $1{,}98 \times 10^{-2}$ |
| $2250$ | $3{,}64 \times 10^{-2}$ |
| $2500$ | $5{,}90 \times 10^{-2}$ |

**5.1.** Considere que o sistema químico se encontra em equilíbrio à temperatura de $2000\,\mathrm{K}$ e que as concentrações de equilíbrio das espécies $N_2(g)$ e $O_2(g)$ são, respectivamente, iguais a $0{,}040\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$ e a $0{,}010\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$.

Escreva a expressão que traduz a constante de equilíbrio da reacção de formação do NO(g).

Calcule a concentração de equilíbrio da espécie NO(g), à temperatura referida.

Apresente todas as etapas de resolução.

**5.2.** Faça uma estimativa do valor da constante de equilíbrio da reacção de formação do NO(g), à temperatura de $2400\ \mathrm{K}$, 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.

**5.3.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

Quando se provoca um aumento da temperatura do sistema em equilíbrio, a pressão constante, a reacção _____ é favorecida, o que permite concluir que a reacção de formação da espécie NO(g) é _____.

**(A)** inversa … exotérmica

**(B)** directa … endotérmica

**(C)** inversa … endotérmica

**(D)** directa … exotérmica

**5.4.** As reacções entre o óxido de azoto, NO(g), e o ozono, $O_3(g)$, podem ser traduzidas por um mecanismo reaccional (em cadeia), no qual ocorrem, sucessivamente, a destruição de uma molécula de $O_3(g)$ e a regeneração de uma molécula de NO(g).

Seleccione a única opção que refere as fórmulas químicas que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter um esquema correcto do mecanismo reaccional considerado.

$$O_3(g) + NO(g) \rightarrow NO_2(g) + _____$$

$$NO_2(g) + O(g) \rightarrow _____ + O_2(g)$$

**(A)** O(g) ... $N_2(g)$

**(B)** O(g) ... NO(g)

**(C)** $O_2(g)$ ... NO(g)

**(D)** $O_2(g)$ ... $N_2(g)$

**5.5.** 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.

**6.** 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).

**6.1.** Admita que, para efectuar uma titulação de uma solução de um ácido, se começou por encher uma bureta de $50\ \text{mL}$ com uma solução padrão de NaOH, aferindo-se o nível de líquido com o zero da escala.

Na Figura 6 está representado o nível de titulante na bureta num determinado ponto da titulação.

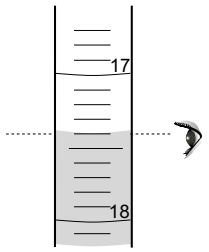



Figura 6

Seleccione a única opção que apresenta 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)** $(18{,}6 \pm 0{,}1)\ \text{cm}^3$

**6.2.** A Figura 7 representa a curva de titulação de $25{,}00\ \text{cm}^3$ de uma solução aquosa de ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, com uma solução padrão de NaOH, de concentração $0{,}10\ \text{mol dm}^{-3}$, podendo a reacção que ocorre ser representada por:

$$H_2SO_4(aq) + 2\ NaOH(aq) \longrightarrow 2\ H_2O(\ell) + Na_2SO_4(aq)$$

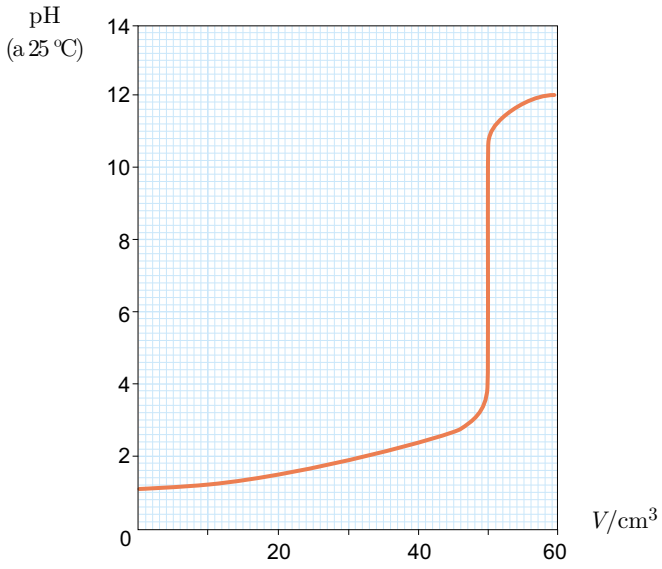



Figura 7

**6.2.1.** 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.

**6.2.2.** 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 detecção do ponto de equivalência da titulação considerada.

**FIM**

**1.** Leia o seguinte texto.

A vida dos organismos marinhos com concha enfrenta uma nova ameaça: o aumento do nível de dióxido de carbono ($CO_2$) atmosférico.

Os oceanos absorvem naturalmente parte do $CO_2$ emitido para a atmosfera, dissolvendo-o nas suas águas. Uma vez em solução, o $CO_2$ reage, tornando a água do mar, actualmente a um pH de cerca de 8,1, menos alcalina. Como se continua a emitir enormes quantidades daquele gás, o impacto começa a notar-se – os cientistas mediram já um aumento de acidez de cerca de 30% na água do mar e prevêem um aumento de 100 a 150% até 2100.

O aumento de acidez é acompanhado por uma diminuição da concentração de iões carbonato em solução. Assim, muitos organismos marinhos, que dependem do carbonato da água do mar para construírem as suas conchas e outras componentes duras, perderão a capacidade de construir ou de manter essas estruturas vitais.

J.S. Holland, «A ameaça ácida», *National Geographic Portugal*, Novembro 2007 (adaptado)

**1.1.** Refira, com base no texto, um factor que ameaça a vida dos organismos marinhos com concha e que é devido ao aumento da concentração de $CO_2$ dissolvido na água do mar.

**1.2.** Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

Entendendo por acidez de uma solução a concentração hidrogeniónica ($[H_3O^+]$) total existente nessa solução, um aumento de acidez de cerca de 100% na água do mar, em relação ao valor actual, determinará um $\mathrm{pH}$ de cerca de...

**(A)** $4{,}1$

**(B)** $8{,}4$

**(C)** $16{,}2$

**(D)** $7{,}8$

**1.3.** Considere que a densidade do $CO_2$(g), à pressão de $1\ \mathrm{atm}$ e à temperatura de $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$, é igual a $1{,}80\ \mathrm{g\ dm^{-3}}$.

Calcule o volume ocupado por $\frac{N_A}{2}$ moléculas de $CO_2$(g) nas condições de pressão e de temperatura referidas, sendo $N_A$ a constante de Avogadro.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.4.** Seleccione a única opção que apresenta uma equação química que pode traduzir a reacção do dióxido de carbono com a água.

**(A)** $CO_2(g) + 2\ H_2O(\ell) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + 2\ H_3O^+(aq)$

**(B)** $CO_2(g) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$

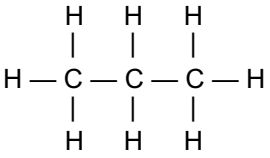
**(C)** $CO_2(g) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$

**(D)** $CO_2(g) + 2\ H_2O(\ell) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$

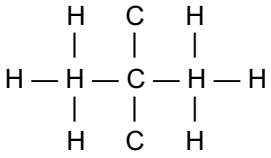
**1.5.** O carbono, elemento presente nas moléculas de $CO_2$, dá origem a uma grande variedade de compostos orgânicos, nos quais se incluem os hidrocarbonetos saturados, também designados por alcanos.

Seleccione a única opção que corresponde à representação correcta de uma molécula de propano.

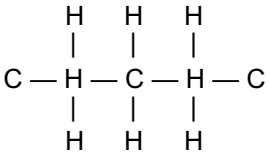
**(A)**



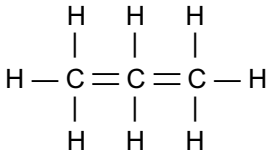
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**2.** As conchas dos organismos marinhos são constituídas, maioritariamente, por carbonato de cálcio, $CaCO_3$.

**2.1.** O carbonato de cálcio resulta de uma reacção de precipitação entre os iões cálcio ($Ca^{2+}$) e os iões carbonato ($CO_3^{2-}$) presentes na água. Entre o precipitado e os iões em solução estabelece-se um equilíbrio que é traduzido por:

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$$

Seleccione a única opção que apresenta o valor da solubilidade do carbonato de cálcio em água, à temperatura de $25\ ^{\circ}C$, sabendo que a constante de produto de solubilidade deste sal, à mesma temperatura, é $8{,}7 \times 10^{-9}$.

**(A)** $4{,}4 \times 10^{-9}\ \text{mol dm}^{-3}$

**(B)** $1{,}7 \times 10^{-8}\ \text{mol dm}^{-3}$

**(C)** $7{,}6 \times 10^{-17}\ \text{mol dm}^{-3}$

**(D)** $9{,}3 \times 10^{-5}\ \text{mol dm}^{-3}$

**2.2.** O carbonato de cálcio dissolve-se em meio ácido, devido a uma reacção química que pode ser representada por:

$$CaCO_3(s) + 2\ H_3O^+(aq) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + 3\ H_2O(\ell) + CO_2(g)$$

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 hidrogeniónica 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.

**2.3.** Escreva a configuração electrónica do átomo de cálcio no estado fundamental.

**2.4.** Justifique a afirmação seguinte, com base nas posições relativas dos elementos cálcio (Ca) e manganês (Mn), na Tabela Periódica.

O raio atómico do cálcio é superior ao raio atómico do manganês.

**2.5.** 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 reacção | Há reacção | Há reacção |
| **Fe** | Não há reacção | — | Há reacção | Há reacção |
| **Ag** | Não há reacção | Não há reacção | — | Não há reacção |
| **Pb** | Não há reacção | Não há reacção | Há reacção | — |

Indique qual dos metais tem menor poder redutor.

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

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

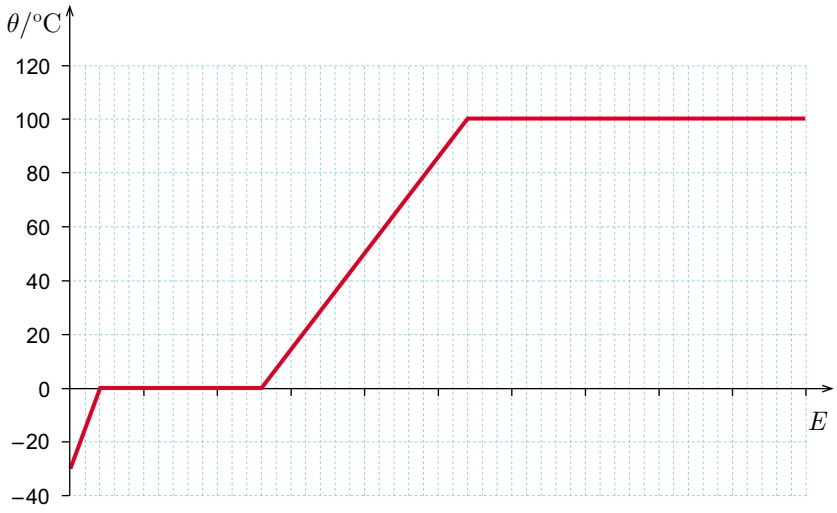



Figura 1

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

**3.1.2.** A Figura 2 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 $1\ \text{atm}$.

Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

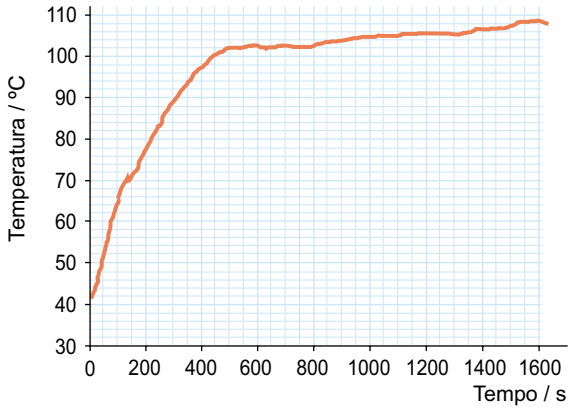



Figura 2

A amostra de água considerada _____ impurezas, uma vez que a ebulição ocorre a uma temperatura, diferente de $100\ ^{\circ}\text{C}$, 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

**3.2.** 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.

**3.3.** 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 $\mathrm{J\ kg^{-1}}$, a partir da equação da recta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentado na tabela.

Utilize a calculadora gráfica.

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

**3.4.** As paredes dos *igloos*, abrigos tradicionalmente usados pelos esquimós, são feitas de blocos de gelo ou de neve compacta.

Se, num *igloo*, o gelo fosse substituído por betão, a espessura da parede do *igloo* deveria ser maior, para que, considerando uma mesma diferença de temperatura entre as faces interior e exterior dessa parede, a energia transferida por unidade de tempo fosse a mesma.

Que conclusão se pode retirar da afirmação anterior?

**3.5.** 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.

Seleccione a única opção que apresenta um valor aproximado do índice de refracção da água em fase líquida, para aquela radiação.

**(A)** $0{,}75$

**(B)** $1{,}33$

**(C)** $2{,}25$

**(D)** $1{,}20$

**4.** O amoníaco, $NH_3(g)$, obtém-se industrialmente através do processo de Haber, podendo a reacção de síntese ser representada por:

$$3\ H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3(g) \qquad \Delta H = -92{,}6\ \text{kJ mol}^{-1}$$

**4.1.** Preveja, justificando, como varia a concentração de $NH_3(g)$ quando ocorre um aumento da temperatura do sistema inicialmente em equilíbrio.

**4.2.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

Se a reacção 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

**4.3.** 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 |

Seleccione a única opção que apresenta a expressão que permite estimar a energia envolvida na quebra da ligação tripla $(E_{N\equiv N})$ na molécula de azoto, 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)** $-3(436{,}4) - E_{N\equiv N} + 2(393) = -92{,}6$

**4.4.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

Na molécula de $NH_3$, existem, no total, _____ electrões de valência não ligantes e _____ electrões de valência ligantes.

**(A)** três ... dois

**(B)** dois ... seis

**(C)** dois ... três

**(D)** três ... seis

**5.** As auto-estradas dispõem de diversos dispositivos de segurança, como os postos SOS e as escapatórias destinadas à imobilização de veículos com falhas no sistema de travagem.

Considere que, no item **5.1.**, o automóvel pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

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

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

**5.1.1.** A Figura 3 representa o percurso do automóvel na escapatória, imobilizando-se aquele a uma altura de $4{,}8\ \mathrm{m}$ em relação à base da rampa, após ter percorrido $53{,}1\ \mathrm{m}$.

A figura não está à escala.

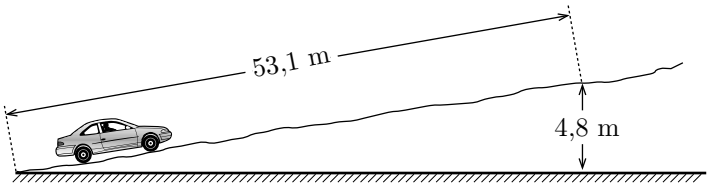



Figura 3

Calcule a intensidade da resultante das forças não conservativas que actuam 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.

**5.1.2.** Considere que o automóvel entra na escapatória, nas mesmas condições.

Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

Se a intensidade das forças dissipativas que actuam 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.

**5.1.3.** Suponha que a escapatória não tinha o perfil representado na Figura 3 (situação A), mas tinha o perfil representado na Figura 4 (situação B), e que o automóvel se imobilizava à mesma altura ($4{,}8\ \mathrm{m}$).

A figura não está à escala.

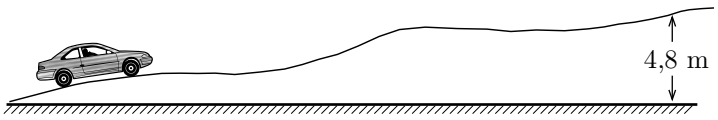



Figura 4

Seleccione a única opção que compara correctamente 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, $W_{\mathrm{A}}$, e na situação B, $W_{\mathrm{B}}$.

**(A)** $W_{\mathrm{A}} = W_{\mathrm{B}}$

**(B)** $W_{\mathrm{A}} > W_{\mathrm{B}}$

**(C)** $W_{\mathrm{A}} < W_{\mathrm{B}}$

**(D)** $W_{\mathrm{A}} \geq W_{\mathrm{B}}$

**5.2.** Nas auto-estradas, os telefones dos postos SOS são alimentados com painéis fotovoltaicos.

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

Seleccione a única opção que permite calcular a potência útil desse painel, expressa em $\mathrm{W}$.

**(A)** $(600 \times 0{,}50 \times 10)\ \mathrm{W}$

**(B)** $\left(\frac{600 \times 10}{0,50}\right)\ \mathrm{W}$

**(C)** $\left(\frac{600 \times 0,50}{0,10}\right)\mathrm{W}$

**(D)** $(600 \times 0{,}50 \times 0{,}10)\ \mathrm{W}$

**5.3.** Em situações de emergência, os automobilistas podem usar a buzina para emitir um sinal sonoro que, ao propagar-se no ar, origina uma onda sonora.

Sabendo que uma onda sonora é uma onda mecânica longitudinal, descreva como ocorre a propagação de um sinal sonoro no ar.

**6.** Para investigar se o valor da aceleração da gravidade depende da massa dos corpos em queda livre e da altura de queda, um grupo de alunos usou duas células fotoeléctricas, $\mathrm{X}$ e $\mathrm{Y}$, ligadas a um cronómetro digital, e diversas esferas de um mesmo material, mas com diâmetros diferentes.

A Figura 5 representa um esquema da montagem utilizada.

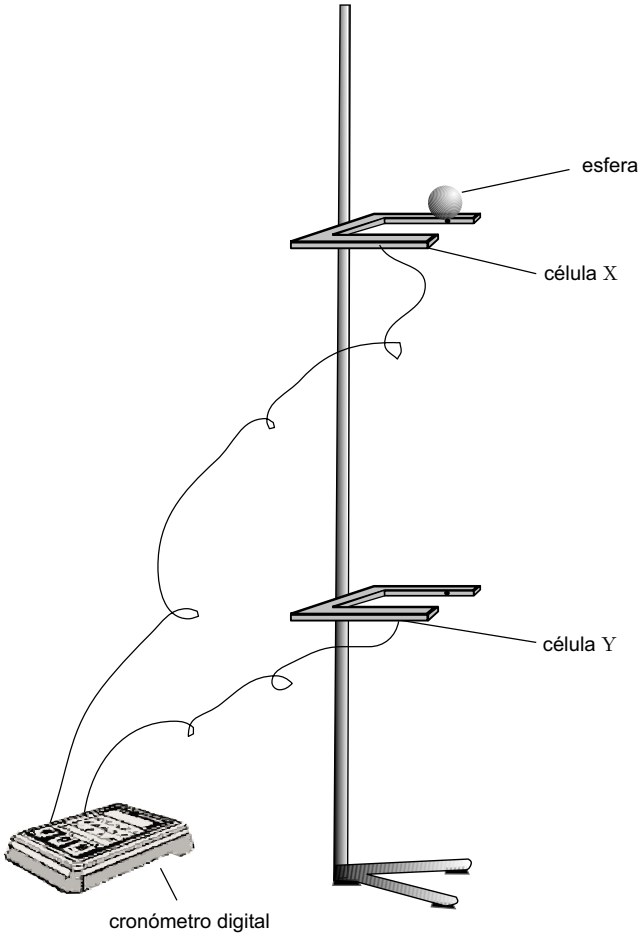



Figura 5

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 $\mathrm{X}$ e $\mathrm{Y}$, $\Delta t_{\mathrm{queda}}$;

– o tempo que cada esfera demora a passar em frente à célula $\mathrm{Y}$, $\Delta t_{\mathrm{Y}}$.

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

**6.1.** Para uma dada esfera, os alunos obtiveram os valores mais prováveis do diâmetro, $d$, e do tempo de passagem da esfera pela célula $\mathrm{Y}$, $\Delta t_{\mathrm{Y}}$:

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

Os alunos usaram a expressão $v_{\mathrm{Y}} = \dfrac{d}{\Delta t_{\mathrm{Y}}}$ (que se refere a um movimento rectilíneo uniforme) para calcular um valor aproximado da velocidade, $v_{\mathrm{Y}}$, com que a esfera passa na célula $\mathrm{Y}$.

**6.1.1.** Explique por que é possível utilizar-se aquela expressão no cálculo do valor aproximado da velocidade $v_{\mathrm{Y}}$.

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

| **Ensaio** | $\boldsymbol{\Delta t_{\mathrm{queda}}}$ **/ 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 efectuadas.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

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

Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

A partir dos resultados experimentais obtidos, podemos concluir que o valor 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

**FIM**

**1.** Leia o seguinte texto.

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 kW h $m^{-2}$ $ano^{-1}$. Tomando este valor e uma eficiência de conversão de 15%, possível com a tecnologia actual, 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 eléctrica com painéis solares fotovoltaicos! No entanto, a viabilidade da penetração da energia fotovoltaica, em larga escala, no mercado da energia, depende da evolução das tecnologias e da produção em massa, que permitam reduzir o seu preço.

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

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

**1.2.** Seleccione a única opção que permite calcular correctamente a intensidade média da radiação solar, em Portugal, expressa em $\mathrm{W\ m^{-2}}$.

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

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

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

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

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

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

**1.4.** Os colectores 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 colectora, como representado na Figura 1.

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

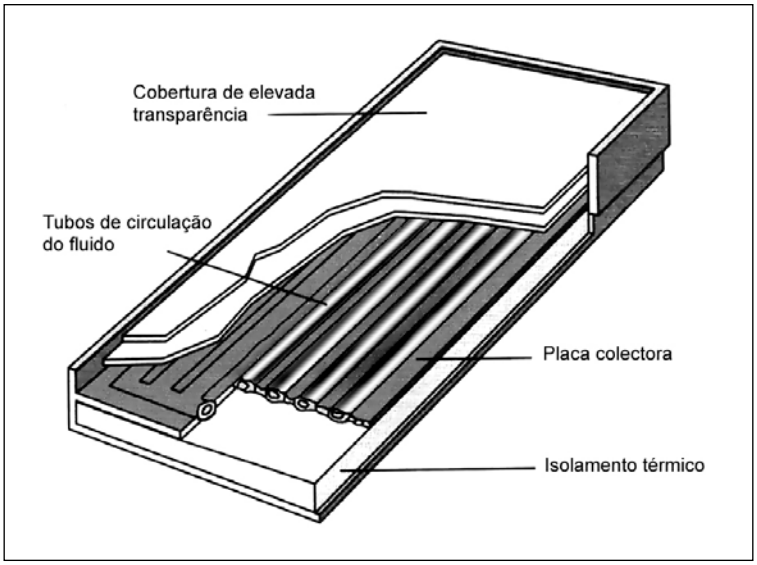



Figura 1

**1.5.** Um fabricante de componentes de colectores 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.

Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

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

**2.** Nas aulas laboratoriais de Física é comum usar planos inclinados no estudo de transferências e transformações de energia em sistemas mecânicos.

Na Figura 2 encontra-se representada uma calha, inclinada, na qual estão marcados dois pontos, $\mathrm{A}$ e $\mathrm{B}$, que distam $1{,}65\ \mathrm{m}$. Junto ao ponto $\mathrm{B}$ foi colocada uma célula fotoeléctrica, ligada a um sistema de aquisição de dados, de modo a medir a velocidade com que um carrinho passa nesse ponto.




Figura 2

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

**2.1.** Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

No trajecto $\mathrm{AB}$ 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.

**2.2.** Calcule a intensidade da resultante das forças que actuam no carrinho durante o percurso $\mathrm{AB}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.3.** Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

No ponto $\mathrm{B}$, o valor da velocidade medido experimentalmente foi inferior ao valor calculado aplicando a lei da conservação da energia mecânica, pelo que, entre os pontos $\mathrm{A}$ e $\mathrm{B}$, 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*.

**3.** Para estudar a relação entre a velocidade de lançamento horizontal de um projéctil 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 $2{,}05\ \mathrm{m}$ em relação ao solo, tal como esquematizado na Figura 3 (a figura não se encontra à escala).

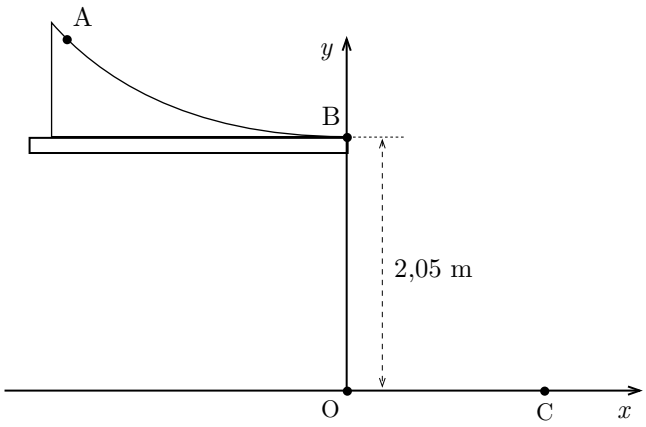



Figura 3

**3.1.** Os alunos abandonaram uma esfera, de massa $m$, no ponto $\mathrm{A}$ e verificaram que ela atingia o solo no ponto $\mathrm{C}$.

Mediram, então, a distância entre os pontos $\mathrm{O}$ e $\mathrm{C}$, em três ensaios consecutivos, tendo obtido os valores que se encontram registados na Tabela 1.

**Tabela 1**

| **Ensaio** | $\overline{\mathbf{OC}}\ /\ \mathbf{m}$ |
|---|---|
| 1 | 1,16 |
| 2 | 1,18 |
| 3 | 1,17 |

Determine o valor da velocidade da esfera à saída da calha (ponto $\mathrm{B}$), considerando o referencial bidimensional representado na Figura 3.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.2.** 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 2.

**Tabela 2**

| **Velocidade de lançamento** / $\mathbf{m\ s^{-1}}$ | **Alcance** / $\mathbf{m}$ |
|---|---|
| 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 recta obtida pelos alunos que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais.

**3.3.** Considere que uma esfera, de massa $m_1$, abandonada no ponto $\mathrm{A}$, passa em $\mathrm{B}$ com uma velocidade de módulo $v_1$.

Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

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 $\mathrm{A}$, passará em $\mathrm{B}$ com uma velocidade de módulo…

**(A)** $v_1$

**(B)** $2\,v_1$

**(C)** $^1/_2\ v_1$

**(D)** $4\,v_1$

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

**4.1.** A Figura 4 representa um satélite, em órbita à volta da Terra, com movimento circular uniforme.

Copie a Figura 4 para a sua folha de respostas.

Trace os vectores que representam a velocidade do satélite e a força que o mantém em órbita à volta da Terra.

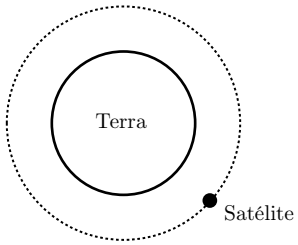



Figura 4

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

Seleccione a única opção que permite calcular, em $\mathrm{m\ s^{-1}}$, o módulo da velocidade desse satélite.

**(A)** $\dfrac{7{,}0 \times 10^6}{2\pi \times 5{,}76 \times 10^3}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

**(B)** $\dfrac{2\pi \times 5{,}76 \times 10^3}{7{,}0 \times 10^6}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

**(C)** $2\pi \times 7{,}0 \times 10^6 \times 5{,}76 \times 10^3\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

**(D)** $\dfrac{2\pi \times 7{,}0 \times 10^6}{5{,}76 \times 10^3}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

**4.3.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

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

**4.4.** O primeiro satélite artificial da Terra, o *Sputnik 1*, enviava sinais electromagnéticos, de frequências $20\ \text{MHz}$ e $40\ \text{MHz}$, que foram detectados por radioamadores de diversos países.

Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

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.

**5.** Quando um feixe luminoso incide na superfície de separação de dois meios transparentes, ocorrem, entre outros, fenómenos de reflexão e de refracção.

A Figura 5 representa um feixe luminoso, muito fino, que incide na superfície de separação de dois meios, $\text{I}$ e $\text{II}$.

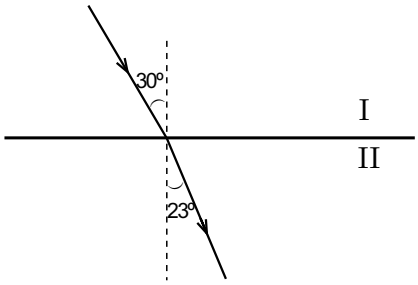



Figura 5

Seleccione a única opção que identifica correctamente os meios $\text{I}$ e $\text{II}$, tendo em conta os valores de índice de refracção, $n$, listados na Tabela 3.

**(A)** $\text{I}$ – óleo ; $\text{II}$ – água.

**(B)** $\text{I}$ – óleo ; $\text{II}$ – ar.

**(C)** $\text{I}$ – ar ; $\text{II}$ – vidro.

**(D)** $\text{I}$ – ar ; $\text{II}$ – óleo.

**Tabela 3**

| **Meio** | **Índice de refracção, $n$** |
|---|---|
| ar | $1{,}00$ |
| óleo | $1{,}28$ |
| água | $1{,}33$ |
| vidro | $1{,}50$ |

**6.** Deve-se a M. Faraday a descoberta da indução electromagnética, que permite a produção de corrente eléctrica em muitos dispositivos.

**6.1.** Algumas bicicletas dispõem de faróis cujas lâmpadas estão ligadas a um dínamo, semelhante ao representado na Figura 6.

Quando a roda da bicicleta está em movimento, o eixo do dínamo gira, provocando a rotação do íman, e a lâmpada acende. Porém, quando a roda está parada, a lâmpada não acende.

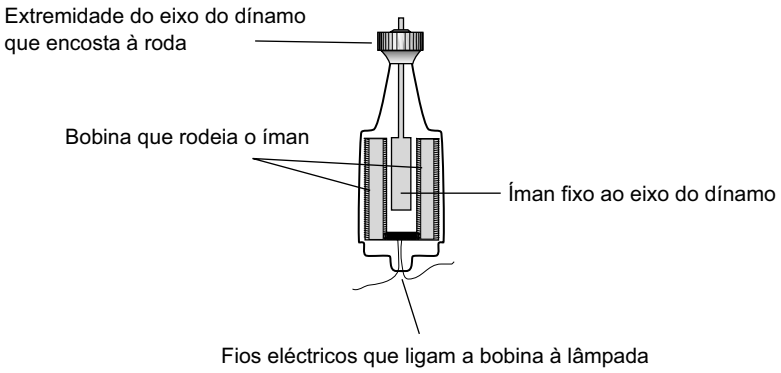



Figura 6

Explique, com base na lei de Faraday, o aparecimento de uma corrente eléctrica no circuito apenas quando a roda está em movimento.

**6.2.** O gráfico da Figura 7 representa o fluxo magnético que atravessa uma espira metálica, em função do tempo.

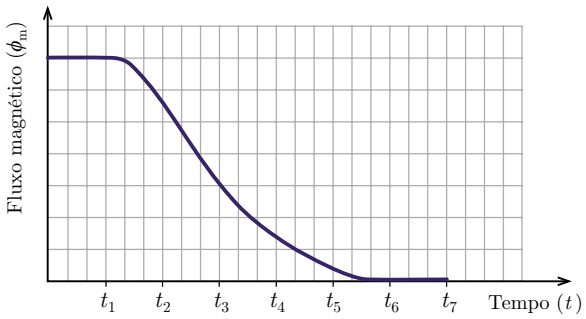



Figura 7

Seleccione a única opção que apresenta a resposta correcta.

Em qual dos intervalos de tempo seguintes o módulo da força electromotriz induzida na espira é maior?

**(A)** $[0;\ t_1]$

**(B)** $[t_2;\ t_3]$

**(C)** $[t_4;\ t_5]$

**(D)** $[t_6;\ t_7]$

**6.3.** O gráfico da Figura 8 representa um sinal eléctrico, recebido num osciloscópio, em que a base de tempo foi regulada para $5\ \mathrm{ms/div}$ e o amplificador vertical para $5\ \mathrm{V/div}$.

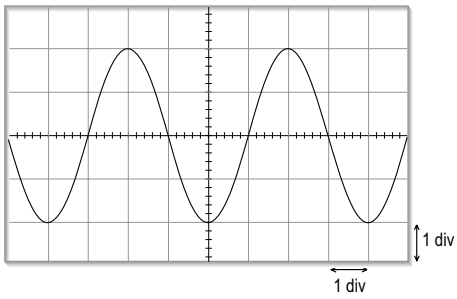



Figura 8

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.

**FIM**

**1.** Leia o seguinte texto.

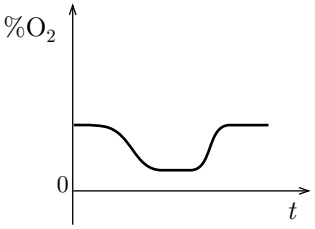
Pensa-se que a atmosfera primordial da Terra tenha sido substancialmente diferente da atmosfera actual, contendo muito pouco, ou nenhum, oxigénio, $O_2$. Este terá sido libertado para a atmosfera por organismos unicelulares, como produto secundário da fotossíntese. O oxigénio terá, assim, começado a 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 acção 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.

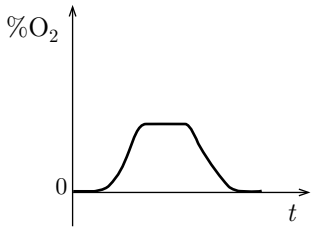
F. D. Santos, *Que Futuro? Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento e Ambiente*, Gradiva, 2007 (adaptado)

**1.1.** Seleccione, tendo em conta a informação dada no texto, o único 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 actualidade.

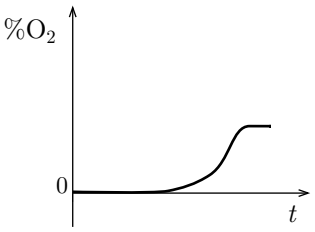
**(A)**



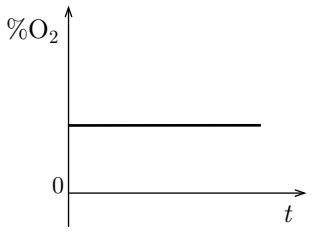

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**1.2.** Identifique o fenómeno, fundamental para a vida na Terra, que ocorre na camada de ozono estratosférico.

**1.3.** Escreva as duas equações químicas que traduzem o mecanismo reaccional de produção do ozono estratosférico, com base na informação dada no texto.

**1.4.** Calcule o número de átomos que existe numa amostra de $48\ \mathrm{g}$ de oxigénio, $O_2(g)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.5.** Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

Nas mesmas condições de pressão e temperatura, o volume ocupado por $0{,}5\ \mathrm{mol}$ de oxigénio, $O_2(g)$, é aproximadamente...

**(A)** um quarto do volume ocupado por $32\,\mathrm{g}$ desse mesmo gás.

**(B)** um meio do volume ocupado por $32\,\mathrm{g}$ desse mesmo gás.

**(C)** o dobro do volume ocupado por $32\,\mathrm{g}$ desse mesmo gás.

**(D)** o quádruplo do volume ocupado por $32\,\mathrm{g}$ desse mesmo gás.

**2.** 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.

**2.1.** 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 1 representa, à mesma escala, parte de um espectro atómico de emissão e parte de um espectro atómico de absorção.

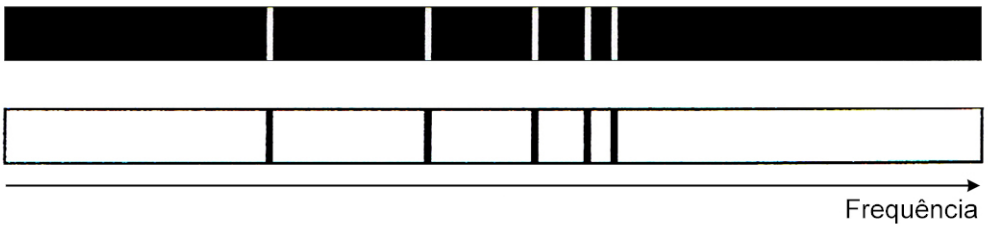



Figura 1

Por que motivo se pode concluir que os dois espectros apresentados se referem a um mesmo elemento químico?

**2.2.** A estrela Alfa A da constelação do Centauro encontra-se a uma distância de $1{,}32\ \text{parsec}$ da Terra, ou seja, a $4{,}3\ \text{anos-luz}$ do nosso planeta. A estrela Altair, da constelação da Águia, encontra-se a $17\ \text{anos-luz}$ da Terra.

Seleccione a única opção que permite calcular correctamente a distância da estrela Altair à Terra, em $\text{parsec (pc)}$.

**(A)** $\dfrac{17 \times 1{,}32}{4{,}3}\ \text{pc}$

**(B)** $\dfrac{17 \times 4{,}3}{1{,}32}\ \text{pc}$

**(C)** $\dfrac{1{,}32}{17 \times 4{,}3}\ \text{pc}$

**(D)** $\dfrac{4{,}3}{17 \times 1{,}32}\ \text{pc}$

**2.3.** No núcleo das estrelas ocorre um tipo de reacções responsáveis pela energia por elas irradiada.

Identifique esse tipo de reacções.

**3.** Os hidrocarbonetos são compostos químicos constituídos por átomos de carbono (um dos elementos mais abundantes no espaço interestelar) e de hidrogénio (o elemento mais abundante no Universo).

**3.1.** A Figura 2 representa um diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio.

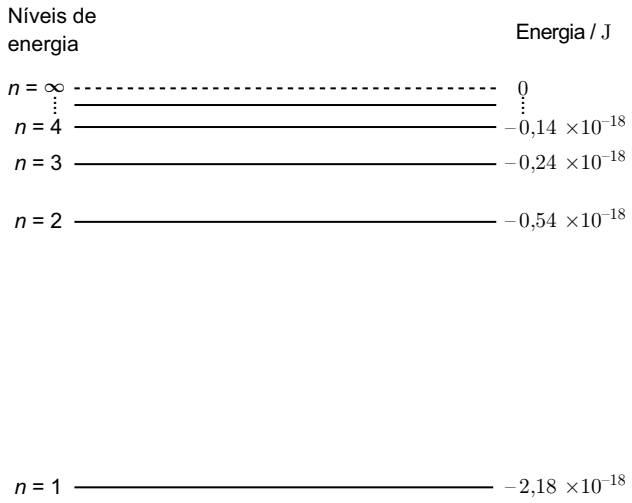



Figura 2

Seleccione a única opção que apresenta o valor da energia da radiação envolvida na transição do electrão, do nível energético correspondente ao primeiro estado excitado do átomo de hidrogénio, para o nível energético correspondente ao estado fundamental do mesmo átomo.

**(A)** $0{,}30 \times 10^{-18}$ J

**(B)** $2{,}18 \times 10^{-18}$ J

**(C)** $0{,}14 \times 10^{-18}$ J

**(D)** $1{,}64 \times 10^{-18}$ J

**3.2.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

Os átomos de carbono (C), no estado fundamental, apresentam _____ electrões de valência, distribuídos por _____ .

**(A)** dois … uma orbital

**(B)** dois … duas orbitais

**(C)** quatro … duas orbitais

**(D)** quatro … três orbitais

**3.3.** O etino, $C_2H_2$, é um hidrocarboneto, de fórmula de estrutura

$$H - C \equiv C - H$$

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

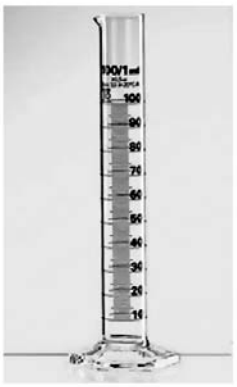
**4.** Considere que na sua bancada de laboratório se encontrava um frasco contendo uma solução aquosa de etanol e que o trabalho que lhe foi proposto consistia na determinação da densidade relativa daquela solução, utilizando o método do picnómetro.

**4.1.** Seleccione a única opção que apresenta a imagem de um picnómetro de líquidos.

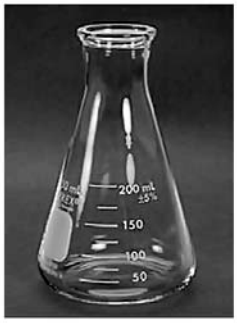
(As imagens não estão representadas à mesma escala.)



(A)



(B)




(C)




(D)

**4.2.** Para realizar o trabalho que lhe foi proposto, a primeira determinação que teve que efectuar 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 ºC.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

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

**4.3.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

No trabalho laboratorial realizado, a densidade relativa foi determinada _____ e as massas foram determinadas _____ .

**(A)** indirectamente … directamente

**(B)** directamente … indirectamente

**(C)** indirectamente … indirectamente

**(D)** directamente … directamente

**4.4.** Considere que, em seguida, lhe foi pedido que preparasse, com rigor, $500{,}0\ \mathrm{mL}$ de uma solução aquosa de etanol mais diluída, a partir da solução aquosa de etanol que encontrou na sua bancada de laboratório.

Descreva o procedimento seguido na preparação da solução diluída de etanol, considerando, por ordem cronológica, as três principais etapas que devem ser realizadas nesse procedimento.

**5.** Numa análise efectuada a uma amostra de $500\ \mathrm{g}$ de água de um poço, destinada a ser utilizada para fins agrícolas, determinou-se um teor em ião sulfato, $SO_4^{2-}$, de $6{,}0\ \mathrm{ppm\ (m/m)}$.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**6.** 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).

**6.1.** Seleccione a única opção que corresponde a uma configuração electrónica 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)** $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$

**6.2.** Seleccione a única opção que contém o conjunto de números quânticos que pode caracterizar um dos electrões mais energéticos do átomo de enxofre, no estado fundamental.

**(A)** $\left(3, 2, 0, +\frac{1}{2}\right)$

**(B)** $\left(3, 1, 1, +\frac{1}{2}\right)$

**(C)** $\left(3, 1, 2, +\frac{1}{2}\right)$

**(D)** $\left(3, 2, 1, +\frac{1}{2}\right)$

**6.3.** 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.

**FIM**

**1.** Leia o seguinte texto.

Maxwell (1831-1879) previu a existência de ondas electromagnéticas, que seriam originadas por cargas eléctricas 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 detectar ondas electromagnéticas, 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 electromagnéticas, ordenadas segundo as suas frequências, chama-se espectro electromagnético, que pode ser representado como mostra a Figura 1.

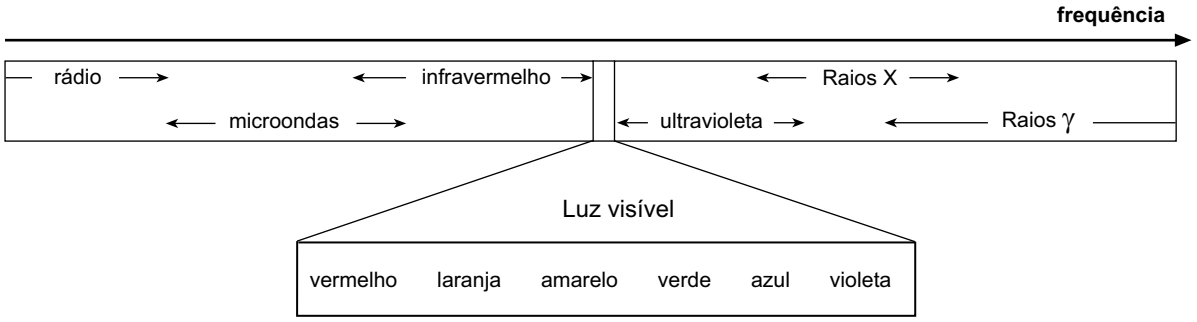



Figura 1

As ondas electromagnéticas 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.

**1.1.** Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

Maxwell previu que as ondas luminosas seriam ondas electromagnéticas porque, de acordo com o trabalho por ele desenvolvido, as ondas electromagnéticas…

**(A)** seriam originadas por cargas eléctricas em movimento rectilíneo uniforme.

**(B)** poderiam ser usadas em sistemas de telecomunicações.

**(C)** apresentariam comportamentos distintos na atmosfera.

**(D)** se propagariam no vácuo à velocidade da luz.

**1.2.** Seleccione a única opção que identifica o fenómeno a que se refere a última frase do texto.

**(A)** Refracção

**(B)** Reflexão

**(C)** Difracção

**(D)** Dispersão

**1.3.** A Figura 2 representa um feixe luminoso monocromático, muito fino, que incide na superfície de separação de dois meios transparentes, I e II, sofrendo refracção.

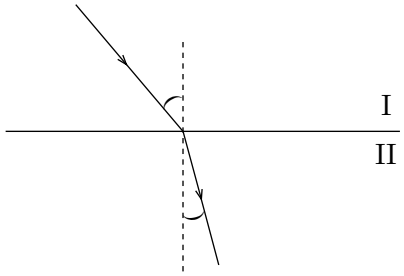



Figura 2

Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

O índice de refracção do meio I é _____ ao índice de refracção 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

**1.4.** O césio é um metal alcalino bastante utilizado em células fotoeléctricas.

**1.4.1.** Fazendo incidir, sobre uma placa de césio, quer radiação verde, quer radiação violeta, ocorre efeito fotoeléctrico.

Justifique a afirmação seguinte.

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

**1.4.2.** Justifique a afirmação seguinte, com base na configuração electrónica de valência dos átomos dos elementos considerados, no estado fundamental.

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

**1.5.** 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.

Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

A cor observada deve-se à _____ de radiação, quando electrões 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

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

Na Figura 3 estão representados dois sinais eléctricos, **A** e **B**, originados por dois sinais sonoros.

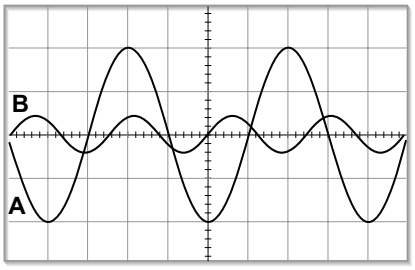



Figura 3

Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

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

**(A)** maior … maior

**(B)** maior … menor

**(C)** menor … maior

**(D)** menor … menor

**3.** Galileu e Newton contribuíram decisivamente para o estudo e compreensão dos movimentos.

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

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 $v(t)$.

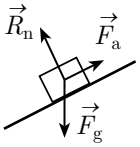
Apresente todas as etapas de resolução.

**3.2.** Lançou-se um paralelepípedo de madeira, de modo a que ele subisse uma rampa, em condições nas quais a resistência do ar pode ser desprezada.

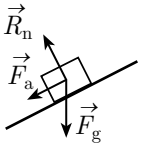
Seja $\vec{F}_{\mathrm{g}}$ a força gravítica, $\vec{R}_{\mathrm{n}}$ a força de reacção normal e $\vec{F}_{\mathrm{a}}$ a força de atrito.

Seleccione a única opção que apresenta o diagrama das forças que actuam sobre esse paralelepípedo, ao longo da subida da rampa.

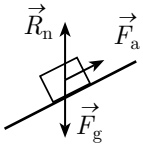
**(A)**



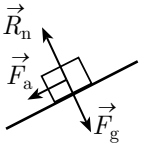

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**3.3.** Considere que se mediu a intensidade da resultante das forças aplicadas a um conjunto *corpo+sobrecarga*, que descreve, em diversos ensaios, uma mesma trajectória 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**/ $\mathbf{kg}$ | **Força /** $\mathbf{N}$ |
|---|---|
| $0{,}244$ | $0{,}440$ |
| $0{,}295$ | $0{,}525$ |
| $0{,}345$ | $0{,}626$ |
| $0{,}395$ | $0{,}705$ |

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

Utilize a calculadora gráfica.

Apresente o valor obtido com três algarismos significativos.

**4.** O amoníaco, $NH_3$, é uma substância inorgânica importante, sendo um dos compostos de azoto melhor conhecidos.

Obtém-se industrialmente através do processo de Haber-Bosch, fazendo reagir, em condições apropriadas, hidrogénio e azoto gasosos. A síntese do amoníaco pode ser representada por:

$$3\ H_2(g)\ +\ N_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3(g)$$

O gráfico apresentado na Figura 4 traduz o modo como varia a constante de equilíbrio $K_c$, daquela reacção, em função da temperatura, $T$.

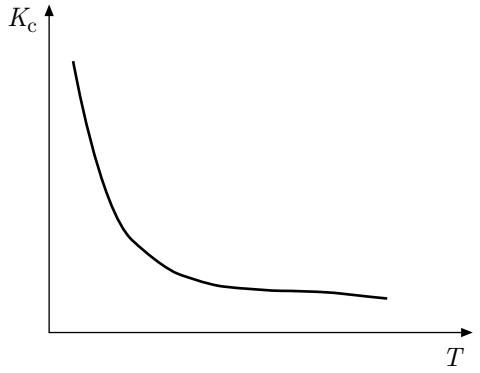



Figura 4

Para a reacção em causa, compare a energia envolvida na ruptura e na formação das ligações químicas, fundamentando a sua resposta a partir da informação fornecida pelo gráfico.

**5.** O amoníaco é um composto molecular que se encontra em fase gasosa à temperatura e pressão ambientes.

**5.1.** 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 adoptar uma geometria piramidal trigonal.

**5.2.** Considere que a densidade do amoníaco, à pressão de $0{,}989\ \text{atm}$ e a $55\ ^{\circ}\text{C}$, é $0{,}626\ \text{g dm}^{-3}$.

Calcule o número de moléculas de amoníaco que existem numa amostra de $500\ \text{cm}^3$ desse gás, naquelas condições de pressão e de temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

**5.3.** Admita que dispunha de uma solução aquosa de amoníaco de concentração mássica $2{,}50 \times 10^2\ \mathrm{g\ dm^{-3}}$, e que pretendia preparar, a partir daquela solução concentrada, $500\ \mathrm{cm^3}$ de uma solução diluída, de concentração $0{,}400\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$.

**5.3.1.** Calcule o volume de solução concentrada que teria de medir para preparar a solução pretendida.

Apresente todas as etapas de resolução.

**5.3.2.** Na diluição efectuada utilizou água destilada, de $\mathrm{pH}$ igual a $7{,}04$.

Seleccione a única opção que refere o valor correcto da concentração de iões $\mathrm{H_3O^+}$ na referida água.

**(A)** $9{,}12 \times 10^{-8}\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$

**(B)** $1{,}00 \times 10^{-7}\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$

**(C)** $1{,}10 \times 10^{7}\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$

**(D)** $8{,}48 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$

**5.3.3.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

Na solução aquosa diluída de $\mathrm{NH_3}$, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$, a concentração de iões $\mathrm{OH^-}$(aq) é $2{,}7 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$ e a concentração de iões $\mathrm{H_3O^+}$(aq) é _____ $\mathrm{mol\ dm^{-3}}$, 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

**6.** O amoníaco é utilizado na síntese do sulfato de tetraaminocobre $(\mathrm{II})$ mono-hidratado, um sal complexo que é usado em estamparia têxtil.

A reacção de síntese pode ser traduzida por:

$$CuSO_4 \cdot 5\ H_2O(aq) + 4\ NH_3(aq) \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]\ SO_4 \cdot H_2O(aq) + 4\ H_2O(\ell)$$

**6.1.** Numa síntese laboratorial de sulfato de tetraaminocobre $(\mathrm{II})$ mono-hidratado $(M = 245{,}8\ \mathrm{g\ mol^{-1}})$, utilizou-se uma amostra impura de sulfato de cobre penta-hidratado, $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$ $(M = 249{,}7\,\mathrm{g\ mol^{-1}})$, de massa $6{,}10\ \mathrm{g}$, contendo $5\%\ (m/m)$ de impurezas inertes, e solução aquosa de amoníaco em excesso. Obteve-se $3{,}92\ \mathrm{g}$ de sal complexo.

Determine o rendimento da síntese efectuada.

Apresente todas as etapas de resolução.

**6.2.** Para obter os cristais de sulfato de tetraaminocobre $(\mathrm{II})$ mono-hidratado é necessário separá-los da solução sobrenadante.

Seleccione a única opção que apresenta a sequência dos procedimentos para efectuar aquela separação.

**(A)** Decantação, filtração e secagem.

**(B)** Decantação, secagem e filtração.

**(C)** Filtração, decantação e secagem.

**(D)** Filtração, secagem e decantação.

# FIM

Para responder aos itens de escolha múltipla, **seleccione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correcta ou responder correctamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

Suponhamos que alguém vai a empurrar um carrinho por uma estrada rectilínea 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)

**1.** «Neste caso, nada interferiria no carrinho, que se moveria perpetuamente.»

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

**2.** Das forças que actuam sobre o carrinho em movimento sobre uma superfície horizontal, a força gravítica, $\vec{F}_{\mathrm{g}}$, e a força normal, $\vec{F}_{\mathrm{N}}$, exercida pela estrada, são forças com intensidades

**(A)** iguais, que constituem um par acção-reacção.

**(B)** diferentes, que constituem um par acção-reacção.

**(C)** diferentes, que não constituem um par acção-reacção.

**(D)** iguais, que não constituem um par acção-reacção.

**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.

**4.** Considere que, movendo-se o carrinho com velocidade aproximadamente constante, uma das rodas dá $5{,}0$ voltas em $4{,}0\ \mathrm{s}$.

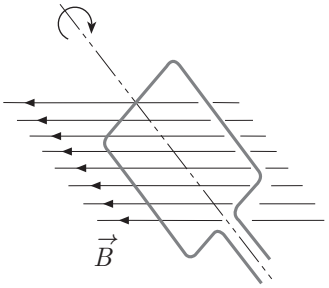
Calcule o valor da velocidade angular dessa roda em radianos por segundo $(\mathrm{rad\ s^{-1}})$.

Apresente todas as etapas de resolução.

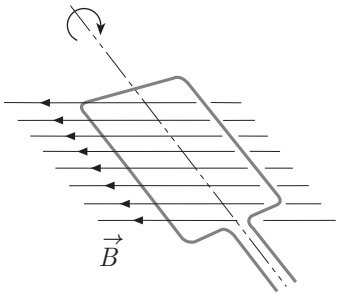
**5.** Um eixo em rotação pode fazer rodar uma espira condutora numa região do espaço onde exista um campo magnético uniforme, $\vec{B}$.

Qual das figuras seguintes representa a situação em que é maior o módulo do fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pela espira?

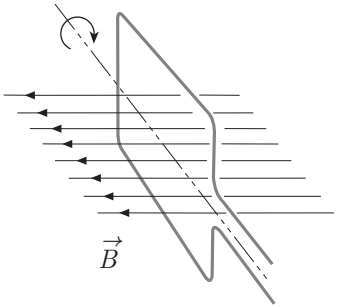
**(A)**



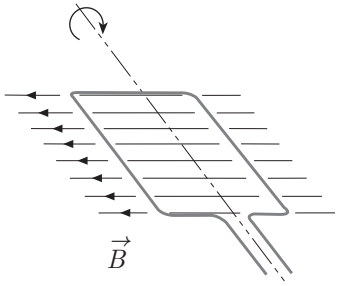

**(B)**




**(C)**




**(D)**




.

# GRUPO II

Com o objectivo de identificar factores que influenciam a intensidade da força de atrito que actua 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, efectuado as medições necessárias.

**1.** Em algumas das medições efectuadas, usaram uma fita métrica com uma escala cuja menor divisão é $1\ \text{mm}$.

Qual é a incerteza associada à escala dessa fita métrica?

**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 actuou 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?

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

**3.1.** Admita que os alunos abandonaram os conjuntos *paralelepípedo + sobrecarga* num ponto situado a uma altura de $47{,}00\,\text{cm}$ em relação à base do plano, de modo que esses conjuntos percorressem uma distância de $125{,}00\,\text{cm}$ até ao final do plano, como esquematizado na Figura 1.

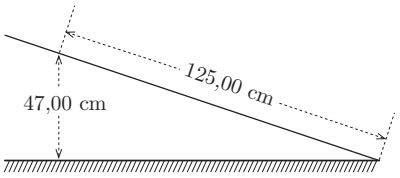



Figura 1

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**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.

## GRUPO III

Considere um sinal sonoro que se propaga no ar.

Na Figura 2, está representada graficamente a pressão do ar, em função do tempo, $t$, num ponto onde o som foi detectado.

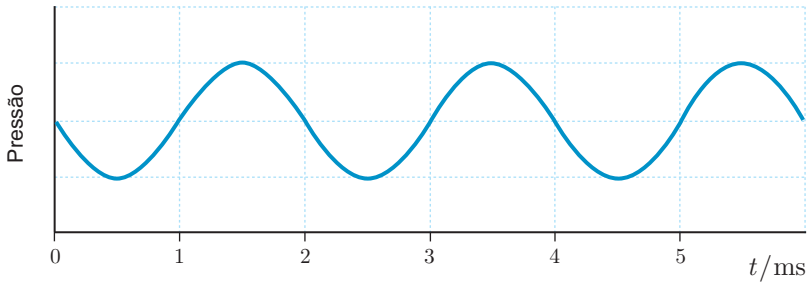



Figura 2

**1.** Por leitura directa do gráfico da Figura 2, é possível obter, relativamente ao som detectado,

**(A)** o comprimento de onda.

**(B)** a velocidade de propagação.

**(C)** o período.

**(D)** a frequência.

**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 detectado, 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.

## GRUPO IV

O metano, $CH_4$, é o mais simples dos alcanos, sendo a sua molécula constituída por um átomo de carbono e quatro átomos de hidrogénio.

**1.** O carbono é um elemento químico formado nas estrelas a partir de reacções nucleares. Uma dessas reacções envolve a fusão de três núcleos de hélio-4.

Quais devem ser os valores de $X$ e de $Y$ para que o esquema seguinte possa representar a reacção de fusão nuclear referida?

$$3\ {}^{4}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{X}_{Y}\mathrm{C}$$

**(A)** $X = 4$
$Y = 6$

**(B)** $X = 12$
$Y = 6$

**(C)** $X = 6$
$Y = 12$

**(D)** $X = 6$
$Y = 4$

**2.** O átomo de hidrogénio no estado fundamental apresenta um electrão 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 electrões na orbital.

**3.** A molécula $\mathrm{CH_4}$ apresenta uma geometria tetraédrica.

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

**4.** O triclorofluorometano, $\mathrm{CFCl_3}$, é um derivado halogenado do metano.

**4.1.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes.

Na molécula $\mathrm{CFCl_3}$ _____ pares de electrões de valência não ligantes, apresentando a molécula um total de _____ pares de electrões de valência ligantes.

**(A)** existem … oito

**(B)** existem … quatro

**(C)** não existem … oito

**(D)** não existem … quatro

**4.2.** A energia média da ligação $\mathrm{C-F}$ é $467\,\mathrm{kJ\ mol^{-1}}$.

O valor médio da energia, em joule ($\mathrm{J}$), que é libertada quando se estabelece uma ligação $\mathrm{C-F}$ é

**(A)** $\dfrac{6{,}02\times10^{23}}{467\times10^{3}}\,\mathrm{J}$

**(B)** $\dfrac{10^{3}}{467\times6{,}02\times10^{23}}\,\mathrm{J}$

**(C)** $\dfrac{467\times6{,}02\times10^{23}}{10^{3}}\,\mathrm{J}$

**(D)** $\dfrac{467\times10^{3}}{6{,}02\times10^{23}}\,\mathrm{J}$

**4.3.** Preveja, justificando com base nas configurações electrónicas de valência dos átomos de flúor ($\mathrm{F}$) e de cloro ($\mathrm{Cl}$) no estado fundamental, em qual desses átomos a remoção de um dos electrões de valência mais energéticos deverá requerer menor energia.

**5.** O hidrogénio é produzido industrialmente a partir do metano, segundo uma reacção que pode ser representada por

$$\mathrm{CH_4(g)} + \mathrm{H_2O(g)} \rightleftharpoons \mathrm{CO(g)} + 3\ \mathrm{H_2(g)}$$

**5.1.** Considere que a constante de equilíbrio, $K_\mathrm{c}$, desta reacção é $292$, à temperatura $T$.

Na tabela seguinte, estão registadas as concentrações de equilíbrio, à temperatura $T$, de três dos gases envolvidos naquela reacção.

| **Gás** | **Concentração / $\mathbf{mol\ dm^{-3}}$** |
|---|---|
| $\mathrm{CH_4}$ | $5{,}00$ |
| $\mathrm{H_2O}$ | $5{,}00$ |
| $\mathrm{H_2}$ | $12{,}0$ |

Calcule a concentração de equilíbrio de monóxido de carbono, $\mathrm{CO(g)}$, à temperatura $T$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**5.2.** Conclua, justificando, qual é o efeito, na quantidade de $\mathrm{H_2(g)}$, da diminuição da pressão provocada por um aumento do volume do sistema em equilíbrio, admitindo que a temperatura se mantém constante.

**6.** Considere uma amostra de $8{,}24\ \mathrm{mol}$ de $\mathrm{CH_4(g)}$ e uma amostra de $0{,}398\ \mathrm{mol}$ de $\mathrm{CO(g)}$, nas mesmas condições de pressão e de temperatura.

Quantas vezes é que o volume ocupado pela amostra de metano é maior do que o volume ocupado pela amostra de monóxido de carbono?

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

## GRUPO V

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

**1.** Um dos componentes minoritários que pode existir no gás natural é o azoto, $\mathrm{N_2(g)}$.

A composição em $\mathrm{N_2(g)}$, expressa em partes por milhão em volume, de uma amostra de gás natural que contém $1{,}3\%$, em volume, de azoto, pode ser determinada a partir da expressão

**(A)** $\dfrac{1{,}3\times10^{6}}{10^{2}}$

**(B)** $\dfrac{1{,}3\times10^{2}}{10^{6}}$

**(C)** $\dfrac{10^{6}}{1{,}3\times10^{2}}$

**(D)** $\dfrac{10^{2}}{1{,}3\times10^{6}}$

**2.** Procedeu-se ao aquecimento de $0{,}800\,\mathrm{kg}$ de água, usando como combustível gás natural, que, por cada metro cúbico ($\mathrm{m^3}$) consumido, fornece uma energia de $4{,}0\times10^{7}\ \mathrm{J}$.

A Figura 3 apresenta o gráfico da temperatura dessa amostra de água em função do volume, $V$, de gás natural consumido.

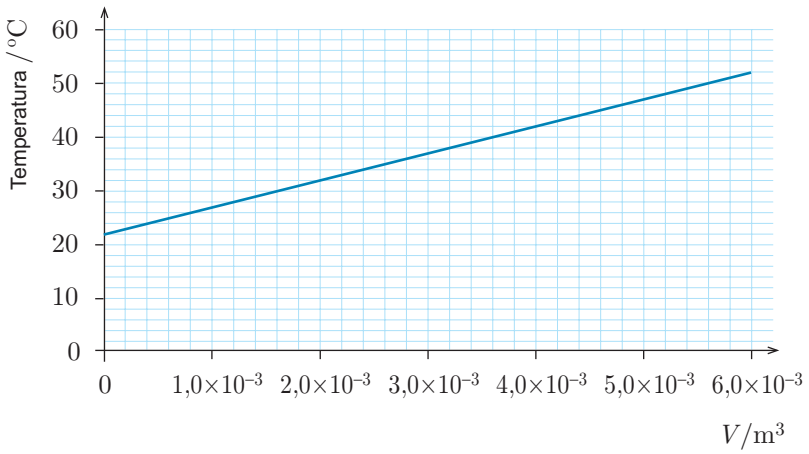



Figura 3

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

Apresente todas as etapas de resolução.

$c$ **(capacidade térmica mássica da água)** $= 4{,}18\times10^{3}\ \mathrm{J\ kg^{-1}\ ^{o}C^{-1}}$

**3.** A Figura 4 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.

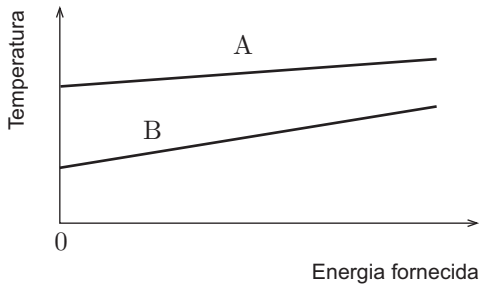



Figura 4

Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes.

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

## GRUPO VI

**1.** Colocaram-se pequenos pedaços de zinco $(\mathrm{Zn})$ em cada uma de duas soluções aquosas contendo catiões metálicos em concentrações semelhantes: uma solução de sulfato de cobre $(\mathrm{II})$, $\mathrm{CuSO_4}$, e uma solução de nitrato de magnésio, $\mathrm{Mg(NO_3)_2}$.

Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte.

| Catião metálico / Metal | $\mathbf{Cu^{2+}}$ | $\mathbf{Mg^{2+}}$ |
|---|---|---|
| **Zn** | Houve reacção 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 reacção. |

**1.1.** A semi-reacção de redução que ocorre pode ser traduzida por

**(A)** $\mathrm{Zn} \rightarrow \mathrm{Zn^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-}$

**(B)** $\mathrm{Zn^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{Zn}$

**(C)** $\mathrm{Cu^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{Cu}$

**(D)** $\mathrm{Cu} \rightarrow \mathrm{Cu^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-}$

**1.2.** Qual dos três metais $(\mathrm{Zn},\ \mathrm{Cu},\ \mathrm{Mg})$ apresenta maior poder redutor?

**2.** O ião $\mathrm{Cu^{2+}}$ confere à chama uma cor verde azulada, que resulta da sobreposição das radiações

**(A)** emitidas pelos iões $\mathrm{Cu^{2+}}$ em processos de excitação.

**(B)** emitidas pelos iões $\mathrm{Cu^{2+}}$ em processos de desexcitação.

**(C)** absorvidas pelos iões $\mathrm{Cu^{2+}}$ em processos de excitação.

**(D)** absorvidas pelos iões $\mathrm{Cu^{2+}}$ em processos de desexcitação.

**3.** Uma moeda de cobre de massa $4{,}10\,\mathrm{g}$ foi introduzida numa solução aquosa de nitrato de prata, $\mathrm{AgNO_3(aq)}$. Ocorreu uma reacção que pode ser traduzida por

$$\mathrm{Cu(s) + 2\ Ag^{+}(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\ Ag(s)}$$

Obteve-se $2{,}65\,\mathrm{g}$ de prata sólida.

Calcule a quantidade de cobre que reagiu.

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** O cloreto de prata, $\mathrm{AgCl}$, é um sal cujo produto de solubilidade é, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$, $1{,}8 \times 10^{-10}$.

Numa solução aquosa contendo iões $\mathrm{Ag^{+}}$ e $\mathrm{Cl^{-}}$, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$, formar-se-á um precipitado de $\mathrm{AgCl}$, se

**(A)** as concentrações daqueles iões forem inferiores à solubilidade do $\mathrm{AgCl}$.

**(B)** as concentrações daqueles iões forem iguais à solubilidade do $\mathrm{AgCl}$.

**(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 $1{,}8 \times 10^{-10}$.

**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **seleccione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correcta ou responder correctamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

O espectro da radiação electromagnética, que abrange uma enorme gama de frequências, compreende um pequeno segmento que corresponde a uma sequência de cores – violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho.

Mas há muito mais luz do que aquela que vemos nesse pequeno segmento do espectro. Nas frequências mais altas, para lá do violeta, fica uma parte do espectro chamada ultravioleta: uma espécie de luz, invisível aos nossos olhos, mas perfeitamente real. Para lá do ultravioleta fica a parte de raios X do espectro e para lá dos raios X ficam os raios gama.

Nas frequências mais baixas, do outro lado do vermelho, fica a parte infravermelha do espectro. Foi descoberta colocando um termómetro nessa zona do espectro: a temperatura subiu, o que significava que havia radiação a incidir no termómetro. Nas frequências ainda mais baixas, fica a vasta região espectral das ondas de rádio.

Dos raios gama às ondas de rádio, todos são tipos respeitáveis de luz. Mas, em virtude das limitações dos nossos olhos, temos uma espécie de preconceito a favor daquele pequeno segmento de arco-íris a que chamamos espectro da luz visível.

Carl Sagan, *Cosmos*, Gradiva, 1984 (adaptado)

**1.** Apresente um esquema que traduza a sequência dos vários tipos de radiação no espectro electromagnético, com base na informação dada no texto.

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

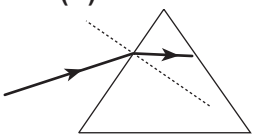
Admita que o índice de refracção, $n$, do vidro de que é constituído um prisma é $1{,}51$ para uma radiação vermelha e $1{,}53$ para uma radiação violeta.

Conclua, justificando, qual destas radiações se propaga com maior velocidade no interior do prisma.

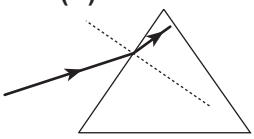
**3.** Considere um feixe *laser*, muito fino, que se propaga no ar e que incide numa das faces de um prisma de vidro.

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

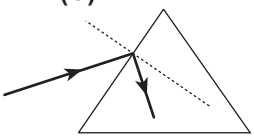
**(A)**



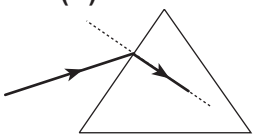
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**4.** Os colectores 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 colectores orientados de modo que neles incida, por cada metro quadrado ($\mathrm{m}^2$), radiação de energia média diária de $1{,}0 \times 10^7\ \mathrm{J}$. O sistema, com um rendimento médio de $35\%$, destina-se a aquecer $300\ \mathrm{kg}$ de água.

Calcule a área de colectores que deve ser instalada, caso se pretenda que o aumento médio diário da temperatura da água seja $40\ ^{\circ}\mathrm{C}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

**5.** Admitindo que as estrelas se comportam como corpos negros, o comprimento de onda da radiação de máxima intensidade emitida por uma estrela será tanto maior quanto

**(A)** maior for a temperatura a que esta se encontra.

**(B)** menor for a temperatura a que esta se encontra.

**(C)** maior for a área da sua superfície.

**(D)** menor for a área da sua superfície.

## GRUPO II

**1.** Na Figura 1, está representado o espectro da estrela Rigel na região do visível.

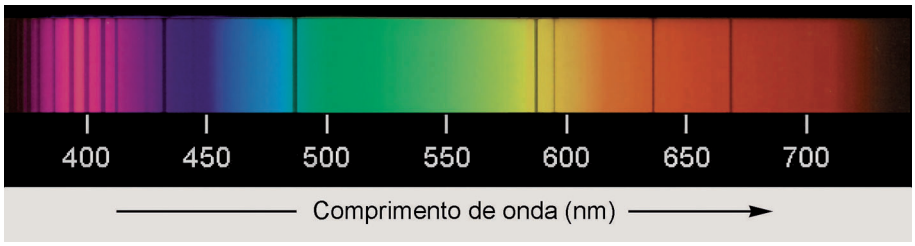



Figura 1

**1.1.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes.

O espectro representado na Figura 1 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

**1.2.** O espectro da estrela Rigel apresenta uma risca negra bem definida a um comprimento de onda de $486\ \text{nm}$.

Qual das expressões seguintes permite calcular a frequência, $f$, em hertz ($\text{Hz}$), da radiação que, no vácuo, tem aquele comprimento de onda?

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

**(B)** $f = \dfrac{3{,}00 \times 10^{8}}{4{,}86 \times 10^{-7}}\ \text{Hz}$

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

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

**1.3.** O espectro de emissão do hélio atómico na região do visível apresenta, entre outras, uma risca a $587\ \text{nm}$ e uma risca a $667\ \text{nm}$.

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

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

O número quântico principal, $n$, do nível energético para o qual o electrão transita e a variação de energia, $\Delta E$, associada a essa transição electrónica são, respectivamente,

**(A)** $n = 3$ e $\Delta E = +\ 3{,}03 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$

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

**(C)** $n = 2$ e $\Delta E = -\ 3{,}03 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$

**(D)** $n = 3$ e $\Delta E = -\ 3{,}03 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$

## GRUPO III

O oxigénio, $\mathrm{O_2(g)}$, é um dos componentes principais da atmosfera terrestre.

**1.** Considere o período da Tabela Periódica onde se encontra o elemento oxigénio.

Qual é o elemento desse período cujos átomos apresentam maior raio atómico?

**2.** Represente a molécula $\mathrm{O_2}$, utilizando a notação de Lewis.

**3.** Na termosfera, pode ocorrer a ionização de $\mathrm{O_2(g)}$ por absorção de, pelo menos, $1{,}18 \times 10^3\ \mathrm{kJ\ mol^{-1}}$.

Para que ocorra a ionização de uma molécula de $\mathrm{O_2(g)}$, deverá ser absorvida, pelo menos, uma energia, em joule ($\mathrm{J}$), igual a

**(A)** $\dfrac{1{,}18 \times 10^3}{10^3 \times 6{,}02 \times 10^{23}}\ \mathrm{J}$

**(B)** $\dfrac{10^3}{1{,}18 \times 10^3 \times 6{,}02 \times 10^{23}}\ \mathrm{J}$

**(C)** $\dfrac{6{,}02 \times 10^{23}}{1{,}18 \times 10^3 \times 10^3}\ \mathrm{J}$

**(D)** $\dfrac{1{,}18 \times 10^3 \times 10^3}{6{,}02 \times 10^{23}}\ \mathrm{J}$

**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 fracção molar de $O_2(g)$, $x_{O_2}$, nessa amostra?

**(A)** $x_{O_2} = \dfrac{0,047}{0,174 \times 0,047 \times 0,002}$

**(B)** $x_{O_2} = \dfrac{0,047}{0,174 + 0,047 + 0,002}$

**(C)** $x_{O_2} = \dfrac{0,174 \times 0,047 \times 0,002}{0,047}$

**(D)** $x_{O_2} = \dfrac{0,174 + 0,047 + 0,002}{0,047}$

**5.** A reacção de combustão do butano, $C_4H_{10}(g)$ $(M = 58,14\ g\ mol^{-1})$, no ar, pode ser traduzida por

$$2\,C_4H_{10}(g) \ + \ 13\,O_2(g) \ \longrightarrow \ 8\,CO_2(g) \ + \ 10\,H_2O(g)$$

Calcule o volume de $O_2(g)$ necessário para que ocorra a combustão completa de $23,26\,g$ de butano, em condições normais de pressão e de temperatura (PTN).

Apresente todas as etapas de resolução.

**6.** Considere um som harmónico que se propaga no ar.

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.

## GRUPO IV

**1.** O produto iónico da água, $K_w$, é a constante de equilíbrio definida para a reacção de auto-ionização da água que pode ser traduzida por

$$2\ H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

O gráfico da Figura 2 representa o produto iónico da água, $K_w$, em função da temperatura.

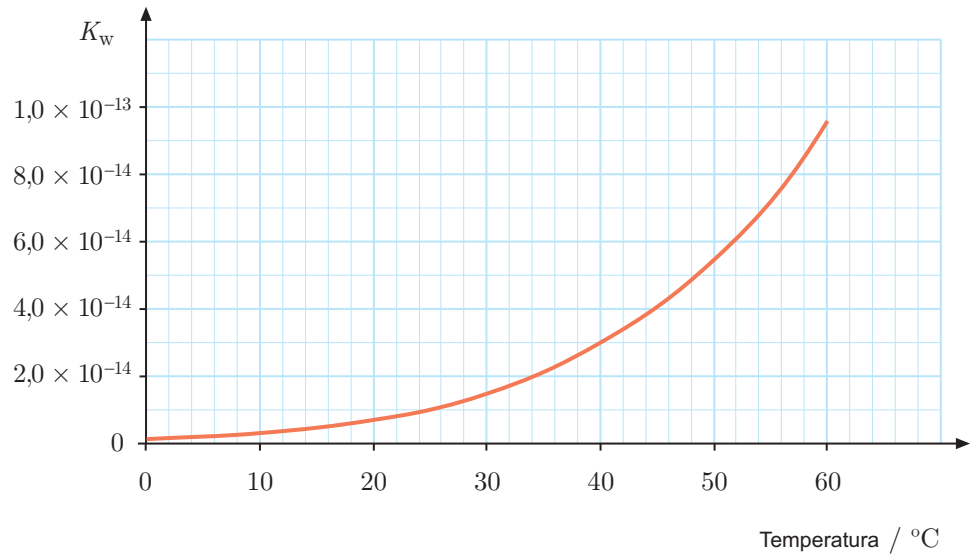



Figura 2

**1.1.** Determine o pH de uma amostra pura de água à temperatura de $40\ ^{\circ}C$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.2.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes.

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 reacção de auto-ionização da água é endotérmica ou exotérmica.

**2.** A água é uma espécie química anfotérica (ou anfiprótica), porque, em reacções 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.

**3.** Numa solução aquosa ácida, a $25\ ^{o}\mathrm{C}$, verifica-se a relação

**(A)** $\left[\mathrm{H_3O^+}\right] = \left[\mathrm{OH^-}\right] \times 1,0 \times 10^{-14}$

**(B)** $\left[\mathrm{H_3O^+}\right] \times \left[\mathrm{OH^-}\right] < 1,0 \times 10^{-14}$

**(C)** $\left[\mathrm{H_3O^+}\right] \times \left[\mathrm{OH^-}\right] > 1,0 \times 10^{-14}$

**(D)** $\left[\mathrm{H_3O^+}\right] \times \left[\mathrm{OH^-}\right] = 1,0 \times 10^{-14}$

**4.** Atendendo apenas à estequiometria do composto, a molécula $\mathrm{H_2O}$ 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.

## GRUPO V

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 3. Os alunos abandonaram um carrinho, de massa $457{,}0\,\mathrm{g}$, 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.

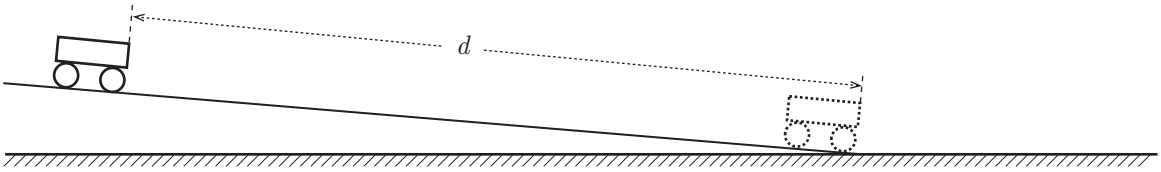



Figura 3

**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** | $\boldsymbol{v}\ /\ \mathbf{m\,s^{-1}}$ |
|---|---|
| $1$ | $0{,}846$ |
| $2$ | $0{,}853$ |
| $3$ | $0{,}842$ |

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.

**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.

**3.** Na Figura 4, está representado o gráfico da energia cinética do carrinho no final da rampa, para diversos valores da distância percorrida, $d$.

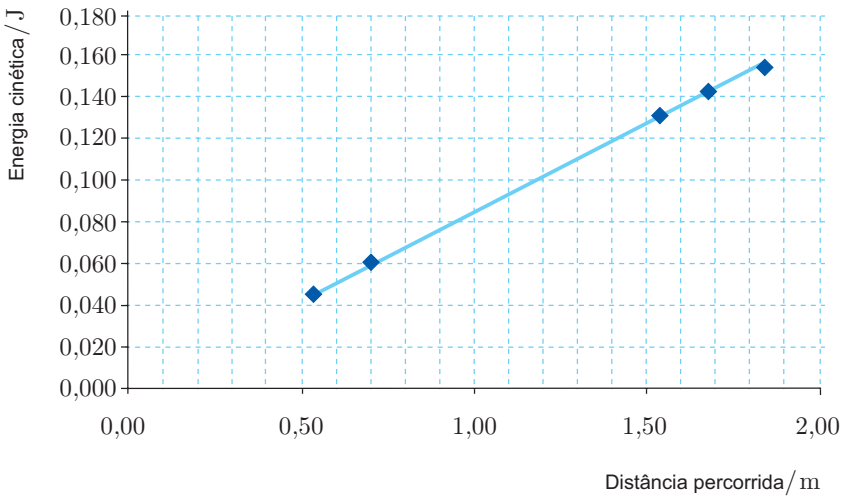



Figura 4

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

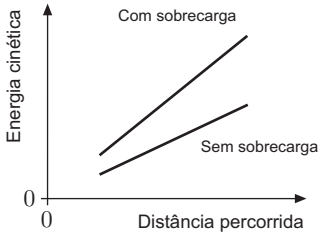
**(A)** $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 0{,}170}{0{,}4570}}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ **(B)** $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 0{,}180}{0{,}4570}}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

**(C)** $v = \sqrt{\dfrac{0{,}4570 \times 0{,}180}{2}}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ **(D)** $v = \sqrt{\dfrac{0{,}4570 \times 0{,}170}{2}}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

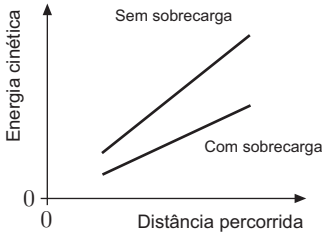
**4.** Os alunos repetiram a experiência, colocando uma sobrecarga sobre o carrinho.

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

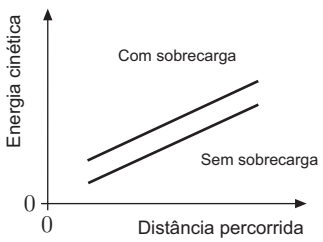
**(A)**



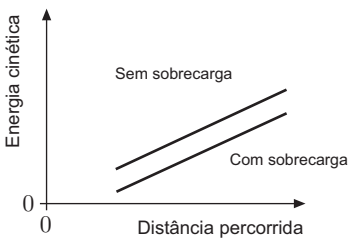

**(B)**




**(C)**




**(D)**



## GRUPO VI

Considere um carrinho que se move segundo uma trajectória rectilínea, coincidente com o eixo $Ox$ de um referencial unidimensional.

Na Figura 5, 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.

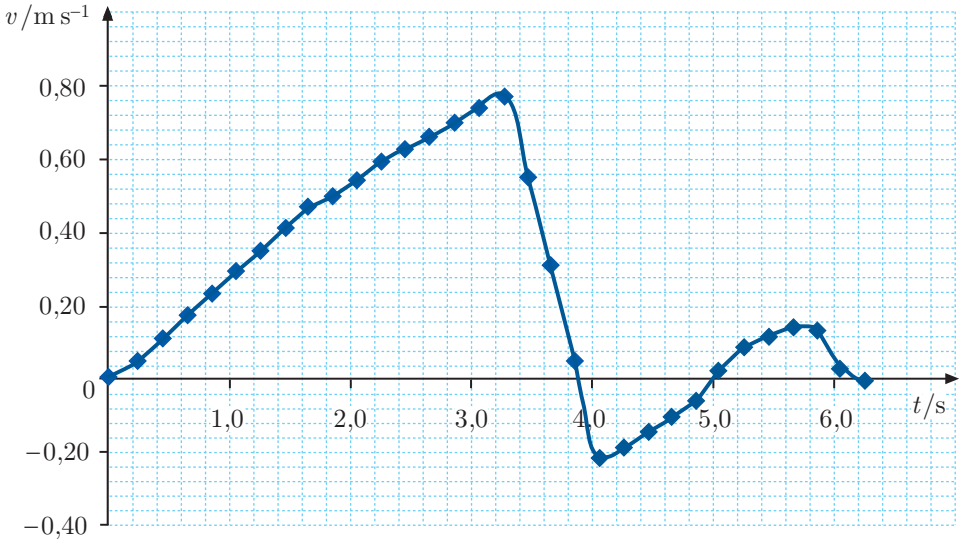



Figura 5

**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

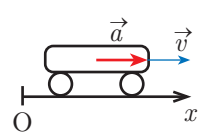
**(D)** $[5{,}6\ ;\ 6{,}0]$ s

**2.** Calcule a distância percorrida pelo carrinho no intervalo de tempo $[0{,}0\ ;\ 1{,}4]$ s.

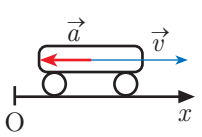
Apresente todas as etapas de resolução.

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

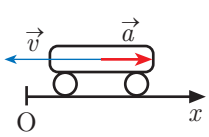
**(A)**



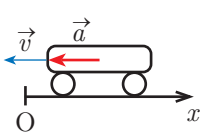

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**FIM**

# GRUPO I

Durante algum tempo o magnetismo e a electricidade ignoraram-se mutuamente. Foi só no início do século XIX que um dinamarquês, Hans Christian Oersted, reparou que uma agulha magnética sofria um desvio quando colocada perto de um circuito eléctrico, à semelhança do que acontecia quando estava perto de um íman. Existia pois uma relação entre electricidade e magnetismo.

C. Fiolhais, *Física Divertida*, Gradiva, 1991 (adaptado)

**1.** Transcreva a parte do texto que refere o que Oersted observou.

**2.** A Figura 1, onde estão marcados os pontos $\mathrm{P}$, $\mathrm{Q}$, $\mathrm{R}$ e $\mathrm{S}$, representa linhas de campo magnético, numa região do espaço.

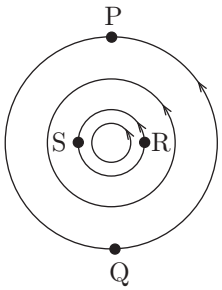



Figura 1

**2.1.** Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

A intensidade do campo magnético é maior no ponto

**(A)** $\mathrm{R}$ do que no ponto $\mathrm{S}$.

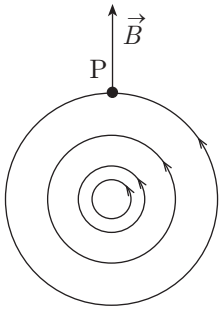
**(B)** $\mathrm{P}$ do que no ponto $\mathrm{Q}$.

**(C)** $\mathrm{Q}$ do que no ponto $\mathrm{R}$.

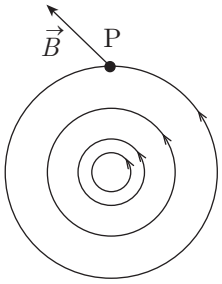
**(D)** $\mathrm{S}$ do que no ponto $\mathrm{P}$.

**2.2.** Seleccione a única opção em que se encontra correctamente representado o vector campo magnético, $\vec{B}$, no ponto $\mathrm{P}$.

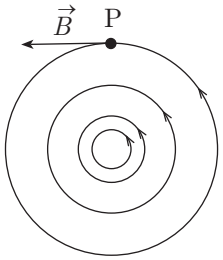
**(A)**



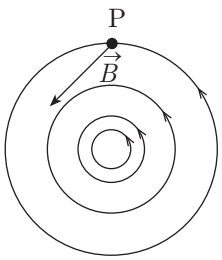

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**3.** Um campo magnético variável pode induzir uma força electromotriz numa bobina.

A Figura 2 representa o gráfico da força electromotriz 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.

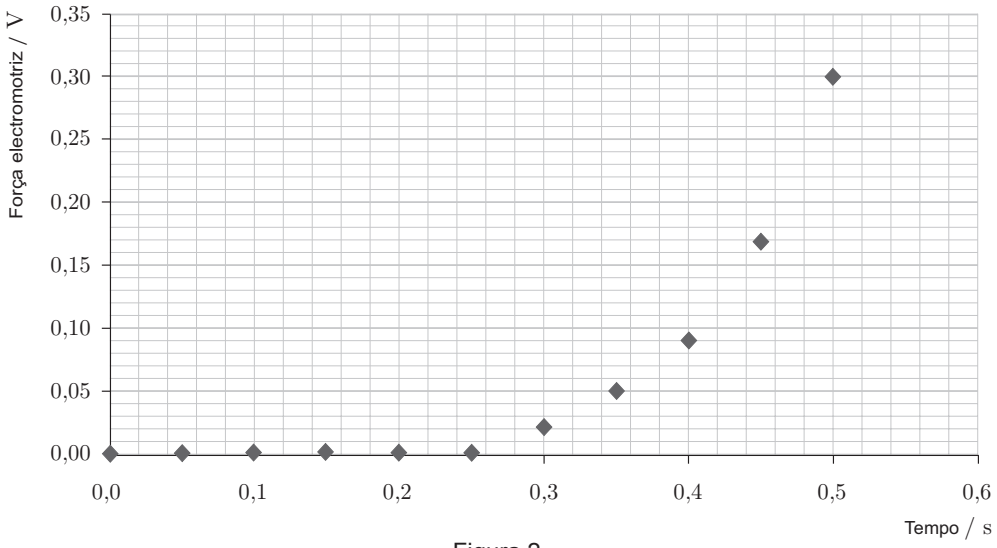



Figura 2

A Figura 3 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.

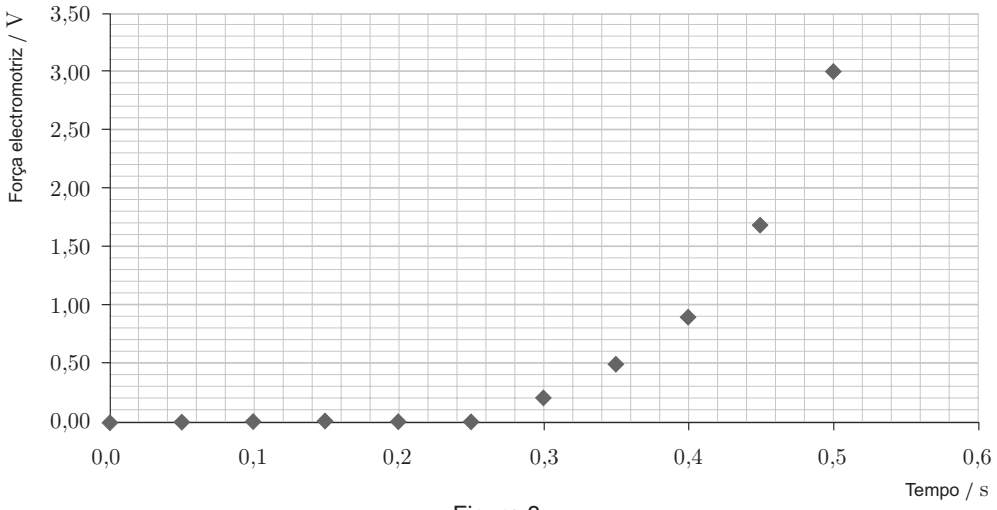



Figura 3

Seleccione a única opção que refere o número de espiras da bobina utilizada na segunda experiência.

**(A)** 6000 espiras.

**(B)** 1200 espiras.

**(C)** 300 espiras.

**(D)** 60 espiras.

## GRUPO II

Na Figura 4, 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 $m = 500\,\mathrm{g}$. Na figura, encontram-se ainda representados dois pontos, $\mathrm{A}$ e $\mathrm{B}$, situados, respectivamente, às alturas $h_{\mathrm{A}}$ e $h_{\mathrm{B}}$ da base das rampas, considerada como nível de referência para a energia potencial gravítica.

A figura não está à escala.

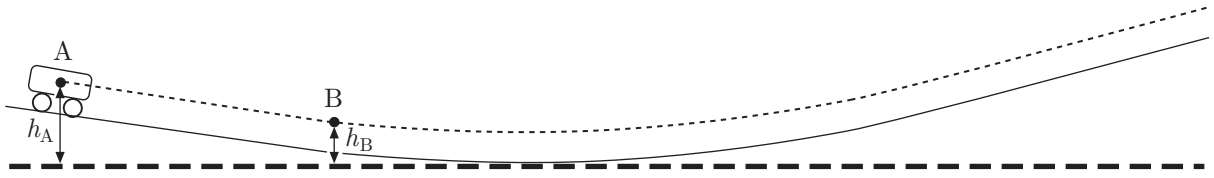



Figura 4

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 $\mathrm{A}$ e mede-se a sua velocidade, $v_{\mathrm{B}}$, no ponto $\mathrm{B}$.

**1.** Seleccione a única opção que apresenta uma expressão que permite determinar a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* no ponto $\mathrm{A}$, $E_{\mathrm{pA}}$.

**(A)** $E_{\mathrm{pA}} = \frac{1}{2} m \ {v_{\mathrm{B}}}^2 - m\,g\,h_{\mathrm{B}}$

**(B)** $E_{\mathrm{pA}} = \frac{1}{2} m \ {v_{\mathrm{B}}}^2 + m\,g\,h_{\mathrm{B}}$

**(C)** $E_{\mathrm{pA}} = m\,g\,h_{\mathrm{B}}$

**(D)** $E_{\mathrm{pA}} = \frac{1}{2} m\,{v_{\mathrm{B}}}^2$

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

Calcule a intensidade da resultante das forças que actuam no carrinho no percurso $\mathrm{AB}$, **sem recorrer às equações do movimento**.

Apresente todas as etapas de resolução.

**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, $h_{\mathrm{A}}$, e a altura máxima, $h_{\mathrm{máx}}$, que este atinge na rampa de maior inclinação.

## GRUPO III

Para estudar a relação entre a velocidade de lançamento horizontal de um projéctil 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 $1{,}80\,\mathrm{m}$ em relação ao solo, tal como esquematizado na Figura 5.

A figura não se encontra à escala.

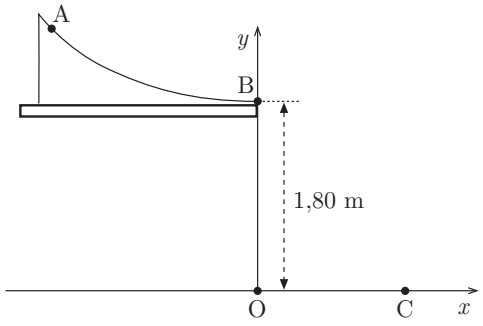



Figura 5

**1.** Os alunos abandonaram uma esfera, de massa $m$, no ponto $\mathrm{A}$ e verificaram que ela atingia o solo no ponto $\mathrm{C}$.

Mediram, então, a distância entre os pontos $\mathrm{O}$ e $\mathrm{C}$, em três ensaios consecutivos, tendo obtido os valores que se encontram registados na Tabela 1.

**Tabela 1**

| Ensaio | $\overline{\mathrm{OC}}\,/\,\mathrm{m}$ |
|---|---|
| 1 | 1,02 |
| 2 | 1,00 |
| 3 | 1,01 |

Calcule o valor da velocidade da esfera à saída da calha (ponto $\mathrm{B}$).

Recorra exclusivamente às equações $y(t)$ e $x(t)$, que traduzem o movimento da esfera, considerando o referencial bidimensional representado na Figura 5.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Considere que uma esfera, de massa $m_1$, abandonada no ponto $\mathrm{A}$, passa em $\mathrm{B}$ com uma velocidade de módulo $v_1$.

Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

Se forem desprezáveis a resistência do ar e o atrito entre as esferas e a calha, uma esfera de massa $3\,m_1$, abandonada no ponto $\mathrm{A}$, passará em $\mathrm{B}$ com uma velocidade de módulo

**(A)** $3\,v_1$ **(B)** $v_1$ **(C)** $9\,v_1$ **(D)** $\frac{1}{3}\,v_1$

## GRUPO IV

A Figura 6 representa, esquematicamente, uma ligação rodoviária entre os pontos $\mathrm{A}$ e $\mathrm{E}$, que se situa num mesmo plano horizontal, verificando-se que o velocímetro de um automóvel marca sempre $80\ \mathrm{km\ h^{-1}}$, ao longo de todo o percurso entre aqueles pontos.

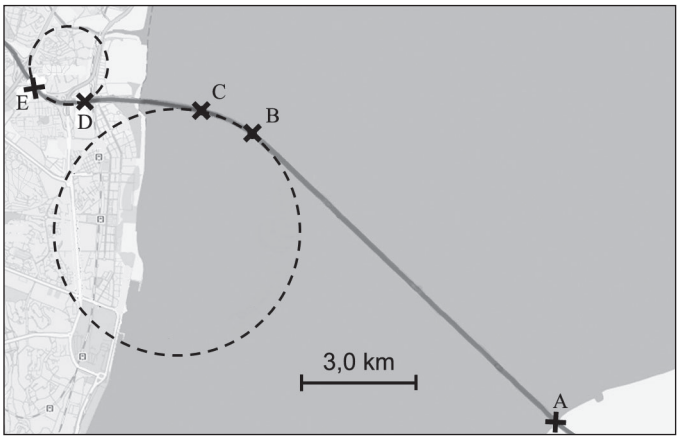



Figura 6

**1.** Considere o troço entre os pontos $\mathrm{A}$ e $\mathrm{B}$.

**1.1.** Determine o tempo que o automóvel demora a percorrer esse troço.

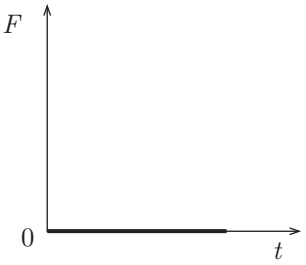
Apresente todas as etapas de resolução.

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

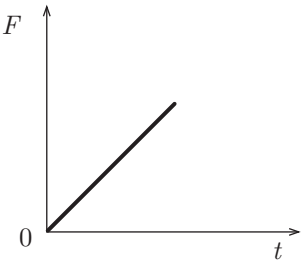
**2.** Considere que os troços entre os pontos $\mathrm{B}$ e $\mathrm{C}$ e entre os pontos $\mathrm{D}$ e $\mathrm{E}$, representados na Figura 6, correspondem a arcos de circunferência.

**2.1.** Seleccione a única opção que apresenta o esboço correcto do gráfico da intensidade da resultante das forças aplicadas no automóvel, $F$, em função do tempo, $t$, ao longo do troço $\mathrm{BC}$.

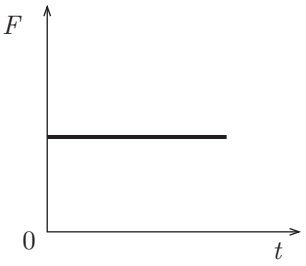
**(A)**



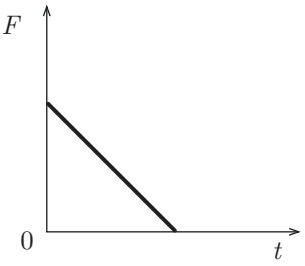

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.2.** Conclua, justificando, em qual dos troços, $\mathrm{BC}$ ou $\mathrm{DE}$, é maior a aceleração do automóvel.

**3.** O automóvel está equipado com um receptor GPS.

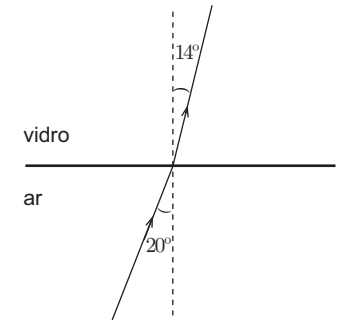
Qual é o valor, expresso em $\mathrm{m\,s^{-1}}$, da velocidade com que se propagam os sinais entre esse receptor e os satélites do sistema GPS?

## GRUPO V

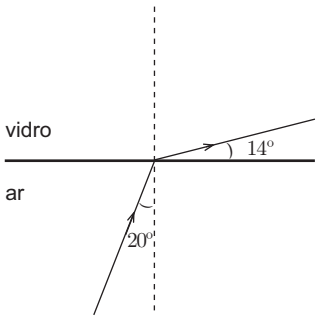
**1.** Fez-se incidir um feixe *laser* sobre um paralelepípedo de vidro, segundo um ângulo de incidência de $20^{\circ}$. Verificou-se que o ângulo de refracção foi de $14^{\circ}$.

Seleccione a única opção que esquematiza correctamente o trajecto do feixe *laser* na passagem do ar para o vidro.

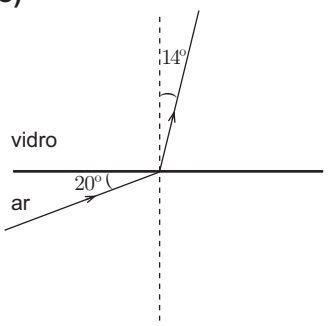
**(A)**



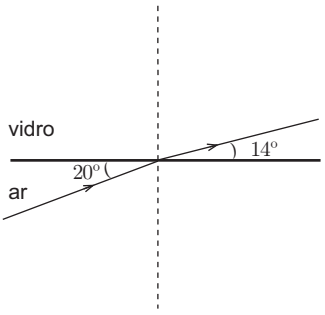

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.** A reflexão total é um fenómeno óptico muito utilizado na comunicação de informação a longas distâncias.

Refira as duas condições que devem ser garantidas para ocorrer a reflexão total.

## GRUPO VI

**1.** Um grupo de alunos reproduziu a experiência de Joule, utilizando o dispositivo esquematizado na Figura 7.

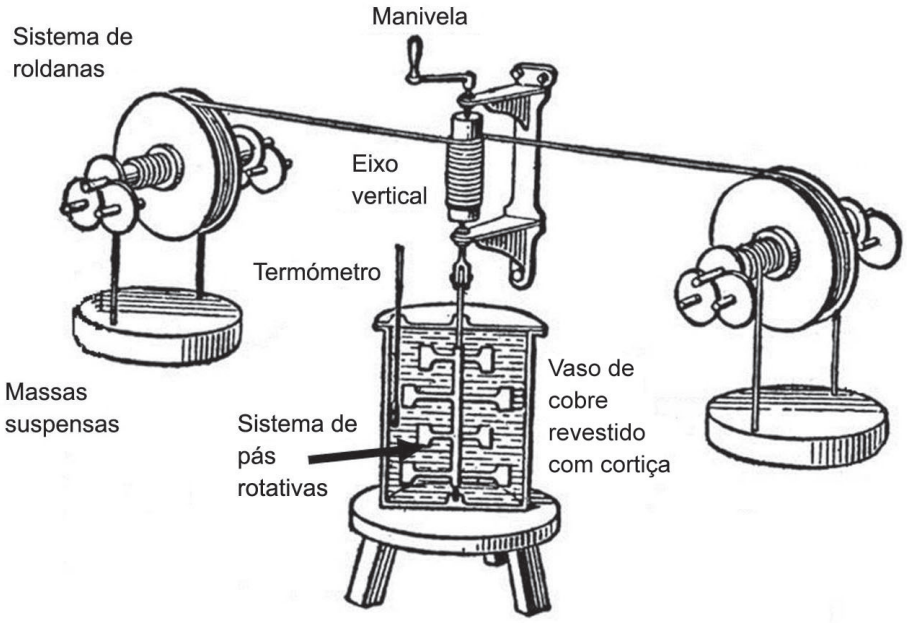



Figura 7

Os alunos colocaram $0{,}50\ \text{kg}$ 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 $7{,}2 \times 10^2\ \text{J}$, a temperatura da água aumentou $0{,}29\ ^\circ\text{C}$.

**1.1.** Por que motivo o vaso de cobre utilizado na experiência foi revestido com cortiça?

**1.2.** Indique a incerteza de leitura associada à medição da temperatura com o termómetro utilizado pelos alunos.

**1.3.** 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.

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

**2.** Considere que uma amostra de água é aquecida num forno de microondas.

Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta.

Num forno de microondas, a transferência de energia para a água ocorre sob a forma de

**(A)** calor por convecção.

**(B)** calor por condução.

**(C)** radiação.

**(D)** trabalho.

**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **seleccione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correcta ou responder correctamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

O carbono tem vários isótopos naturais, que existem em abundâncias relativas muito diferentes, sendo identificados de acordo com o seu número de massa. Existem dois isótopos estáveis, o carbono-12 ($^{12}C$) e o carbono-13 ($^{13}C$), e um isótopo instável, radioactivo, o carbono-14 ($^{14}C$).

**1.** Quantos neutrões existem no núcleo de um átomo de carbono-13?

**2.** Qual deve ser o valor de $\mathrm{X}$ para que a equação seguinte traduza uma reacção nuclear em que ocorre a formação de carbono-12?

$$^{8}_{4}\mathrm{Be} + {}^{\mathrm{X}}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C}$$

**(A)** $4$

**(B)** $6$

**(C)** $8$

**(D)** $12$

**3.** No átomo de carbono no estado fundamental, os electrões encontram-se distribuídos por

**(A)** duas orbitais.

**(B)** três orbitais.

**(C)** quatro orbitais.

**(D)** seis orbitais.

**4.** Um dos electrões de valência do átomo de carbono no estado fundamental pode ser caracterizado pelo conjunto de números quânticos

**(A)** $\left(1,1,0,+\frac{1}{2}\right)$

**(B)** $\left(2,0,0,+\frac{1}{2}\right)$

**(C)** $\left(2,1,2,-\frac{1}{2}\right)$

**(D)** $\left(1,0,0,-\frac{1}{2}\right)$

## GRUPO II

A Figura 1 representa um diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio.

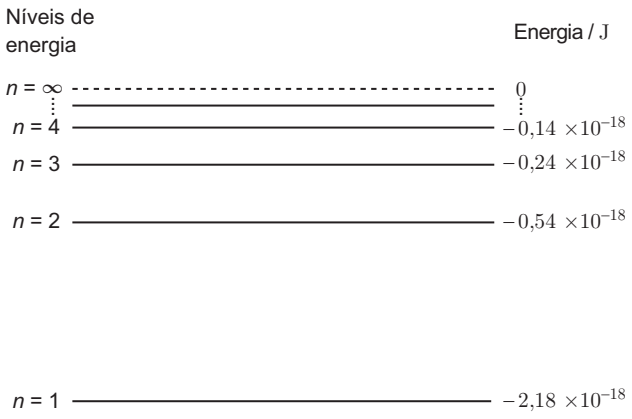



Figura 1

**1.** No átomo de hidrogénio, a variação de energia associada à transição do electrão do nível 2 para o nível 1 pode ser traduzida pela expressão

**(A)** $\left(-2{,}18\times10^{-18}+0{,}54\times10^{-18}\right)$ J

**(B)** $\left(-2{,}18\times10^{-18}-0{,}54\times10^{-18}\right)$ J

**(C)** $\left(0{,}54\times10^{-18}+2{,}18\times10^{-18}\right)$ J

**(D)** $\left(-0{,}54\times10^{-18}+2{,}18\times10^{-18}\right)$ J

**2.** No átomo de hidrogénio, qualquer transição do electrão 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.

**3.** De que tipo é o espectro de emissão do átomo de hidrogénio na região do visível?

## GRUPO III

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 actualmente um valor de cerca de $3{,}9 \times 10^{-2}\,\%$, em volume.

**1.** O teor de $CO_2$ na troposfera, expresso em partes por milhão, em volume $(\text{ppm}\,V)$, pode ser determinado a partir da expressão

**(A)** $\dfrac{10^2 \times 10^6}{3{,}9 \times 10^{-2}}\ \text{ppm}\,V$

**(B)** $\dfrac{3{,}9 \times 10^{-2} \times 10^6}{10^2}\ \text{ppm}\,V$

**(C)** $\dfrac{3{,}9 \times 10^{-2}}{10^2 \times 10^6}\ \text{ppm}\,V$

**(D)** $\dfrac{10^2}{3{,}9 \times 10^{-2} \times 10^6}\ \text{ppm}\,V$

**2.** Refira dois factores, de natureza antropogénica, que possam justificar o aumento do teor médio de $CO_2$ na troposfera.

**3.** Calcule o número de moléculas de $CO_2$ que existem numa amostra de $10{,}0\,dm^3$ de ar troposférico, em condições PTN.

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** Qual é a percentagem, em massa, de carbono em 1 mole de moléculas de $CO_2$?

**5.** Seleccione a única opção que contém os termos que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correcta.

O carbono e o oxigénio são elementos que pertencem ao mesmo _____ da Tabela Periódica, sendo a energia de ionização do carbono _____ à energia de ionização do oxigénio.

**(A)** período ... superior

**(B)** grupo ... superior

**(C)** período ... inferior

**(D)** grupo ... inferior

## GRUPO IV

A atmosfera da Terra é constituída por sucessivas camadas gasosas, que apresentam diferentes propriedades físicas e químicas.

**1.** Na Figura 2 apresenta-se o gráfico que relaciona a temperatura da atmosfera com a altitude, até cerca de $80\,\text{km}$.

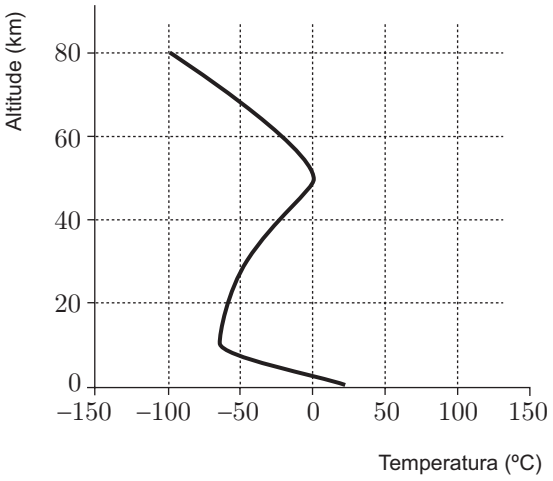



Figura 2

**1.1.** Qual é o valor aproximado da temperatura atmosférica a uma altitude de $10\ \text{km}$?

**(A)** $0\ ^{\circ}\text{C}$

**(B)** $-20\ ^{\circ}\text{C}$

**(C)** $-60\ ^{\circ}\text{C}$

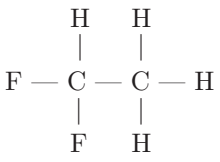
**(D)** $-90\ ^{\circ}\text{C}$

**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 $80\,\text{km}$.

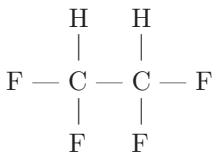
**2.** A diminuição da concentração de ozono $(O_3)$ na estratosfera está relacionada, entre outros factores, com reacções que envolvem os CFC.

Qual das seguintes fórmulas de estrutura representa um CFC?

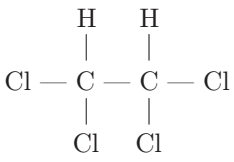
**(A)**



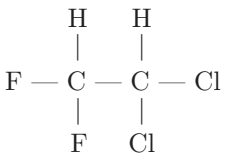
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**3.** Comparando as ligações $\mathrm{C-C}$ e $\mathrm{C \equiv C}$, a ligação $\mathrm{C \equiv C}$ 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.

## GRUPO V

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

**1.1.** 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 $0{,}01\ \mathrm{g}$.

Dos seguintes valores de massa, qual deve o aluno ter registado?

**(A)** $8{,}341\ \mathrm{g}$

**(B)** $8{,}34\ \mathrm{g}$

**(C)** $8{,}3\ \mathrm{g}$

**(D)** $8\ \mathrm{g}$

**1.2.** O volume de solução preparada foi $250{,}0\ \mathrm{cm^3}$.

Apresente o valor acima referido expresso em $\mathrm{dm^3}$, mantendo o número de algarismos significativos.

**2.** Em seguida, foi pedido ao aluno que preparasse, com rigor, $50{,}0\ \mathrm{cm^3}$ de uma solução aquosa de cloreto de sódio de concentração $0{,}23\ \mathrm{mol\,dm^{-3}}$, a partir da solução inicialmente preparada de concentração $5{,}71 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol\,dm^{-3}}$.

**2.1.** 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.

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

## GRUPO VI

Numa aula laboratorial, determinou-se a densidade relativa de uma solução aquosa de cloreto de sódio, pelo método do picnómetro.

A primeira operação efectuada foi a medição da massa do picnómetro vazio. Em seguida, mediu-se a massa do picnómetro cheio com água e a massa do picnómetro cheio com a solução aquosa de cloreto de sódio. Estas pesagens foram realizadas à temperatura de $20\,^{o}\mathrm{C}$. Os valores obtidos estão registados na tabela seguinte.

| | **Massa / g** |
|---|---|
| Picnómetro vazio | $37{,}96$ |
| Picnómetro cheio com água | $133{,}83$ |
| Picnómetro cheio com a solução aquosa de cloreto de sódio | $146{,}48$ |

Calcule a densidade relativa da solução aquosa de cloreto de sódio.

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **seleccione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correcta ou responder correctamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

No início do século XX, o amoníaco começou a ser produzido industrialmente, em larga escala, pelo processo de Haber-Bosch. Neste processo, o amoníaco é sintetizado, em condições de pressão e de temperatura adequadas, fazendo-se reagir azoto e hidrogénio em fase gasosa na presença de um catalisador. A reacção de síntese pode ser traduzida por

$$N_2(g) \ + \ 3 \ H_2(g) \ \rightleftharpoons \ 2 \ NH_3(g) \qquad \Delta H < 0$$

O amoníaco é uma matéria-prima muito utilizada na indústria química, nomeadamente, no fabrico de ácido nítrico e de compostos usados como adubos e fertilizantes agrícolas, como, por exemplo, sais de amónio, nitratos e ureia.

**1.** Quais são as matérias-primas utilizadas na produção industrial de amoníaco pelo processo de Haber-Bosch?

**2.** Realizando a síntese do amoníaco pelo processo de Haber-Bosch, a temperatura constante, um aumento de pressão devido a uma diminuição do volume do sistema, deverá provocar

**(A)** um aumento da constante de equilíbrio da reacção.

**(B)** um aumento do rendimento da reacção.

**(C)** uma diminuição da constante de equilíbrio da reacção.

**(D)** uma diminuição do rendimento da reacção.

**3.** Conclua, justificando, se a reacção de síntese do amoníaco é favorecida, do ponto de vista do equilíbrio químico, por um aumento ou por uma diminuição de temperatura.

**4.** Considere que se fez reagir $N_2(g)$ e $H_2(g)$ num recipiente com a capacidade de 1 L.

O gráfico da Figura 1 representa a evolução, ao longo do tempo, $t$, das concentrações das espécies envolvidas na reacção de síntese do amoníaco, a temperatura constante.

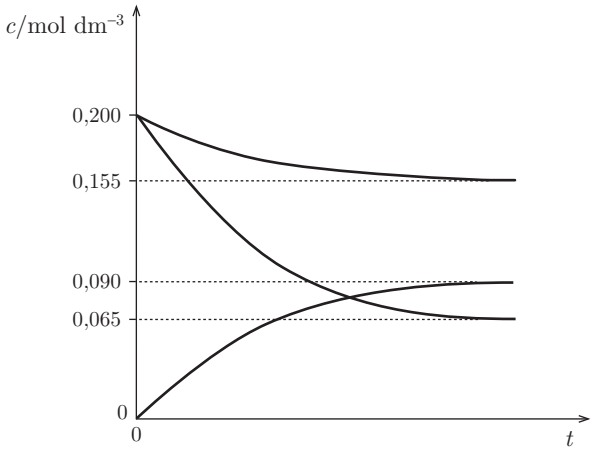



Figura 1

**4.1.** Qual é o valor do quociente da reacção no instante inicial?

**4.2.** Calcule o rendimento da reacção de síntese.

Apresente todas as etapas de resolução.

**5.** Qual é a geometria da molécula de amoníaco?

## GRUPO II

O amoníaco dissolve-se em água, dando origem a uma solução básica.

**1.** A constante de basicidade de $\mathrm{NH_3(aq)}$ é $1{,}8 \times 10^{-5}$, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$.

**1.1.** O carácter básico de uma solução de amoníaco deve-se à reacção de $\mathrm{NH_3(aq)}$ com a água. Essa reacção corresponde a um processo de

**(A)** dissociação completa.

**(B)** dissociação parcial.

**(C)** ionização completa.

**(D)** ionização parcial.

**1.2.** A constante de acidez do ácido conjugado de $\mathrm{NH_3(aq)}$, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$, é

**(A)** $\dfrac{1{,}00 \times 10^{-14}}{1{,}8 \times 10^{-5}}$

**(B)** $\dfrac{1{,}8 \times 10^{-5}}{1{,}00 \times 10^{-14}}$

**(C)** $\dfrac{\sqrt{1{,}00 \times 10^{-14}}}{1{,}8 \times 10^{-5}}$

**(D)** $\dfrac{1}{1{,}8 \times 10^{-5}}$

**2.** Transferem-se $20{,}0\,\mathrm{cm^3}$ de uma solução aquosa de amoníaco, de concentração $7{,}34\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$, para um balão volumétrico de $100{,}0\ \mathrm{mL}$, adicionando-se água até ao traço de referência do balão.

Calcule a concentração da solução diluída.

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO III

**1.** Considere a configuração electrónica do átomo de azoto, no estado fundamental.

Quantos electrões se encontram em orbitais caracterizadas pelo número quântico secundário $l = 1$?

**(A)** $2$

**(B)** $3$

**(C)** $4$

**(D)** $5$

**2.** Em determinadas condições de pressão e de temperatura, $0{,}5 \text{ mol}$ de $\text{N}_2(\text{g})$ ocupa o volume $V_1$.

Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, $0{,}5 \text{ mol}$ de $\text{NO}_2(\text{g})$ ocupa o volume

**(A)** $\frac{2}{3} V_1$

**(B)** $V_1$

**(C)** $\frac{3}{2} V_1$

**(D)** $2 V_1$

**3.** Na molécula $\text{N}_2$, os átomos de azoto partilham entre si

**(A)** dois electrões.

**(B)** três electrões.

**(C)** quatro electrões.

**(D)** seis electrões.

**4.** O ião fluoreto, $\text{F}^-$, e o ião sódio, $\text{Na}^+$, são partículas que, no estado fundamental, apresentam a mesma configuração electrónica.

Preveja, justificando, qual dessas partículas deverá apresentar maior raio.

# GRUPO IV

Com o objectivo de estudar o $\mathrm{pH}$ de soluções aquosas, um grupo de alunos realizou várias medições, utilizando um sensor devidamente calibrado.

**1.** Os alunos começaram por medir o $\mathrm{pH}$ de uma amostra de água mineral.

Os valores de $\mathrm{pH}$ obtidos em três ensaios, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$, encontram-se registados na tabela seguinte.

**Tabela 1**

| Ensaio | pH |
|---|---|
| 1 | 6,47 |
| 2 | 6,43 |
| 3 | 6,48 |

Obtenha o resultado da medição de $\mathrm{pH}$.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Em seguida, os alunos mediram, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$, o $\mathrm{pH}$ ao longo do tempo de uma outra amostra de água mineral. A esta amostra foi sendo adicionado dióxido de carbono, $\mathrm{CO_2(g)}$, durante o intervalo de tempo em que decorreu a experiência.

A Figura 2 apresenta o gráfico do $\mathrm{pH}$ da amostra de água em função do tempo.

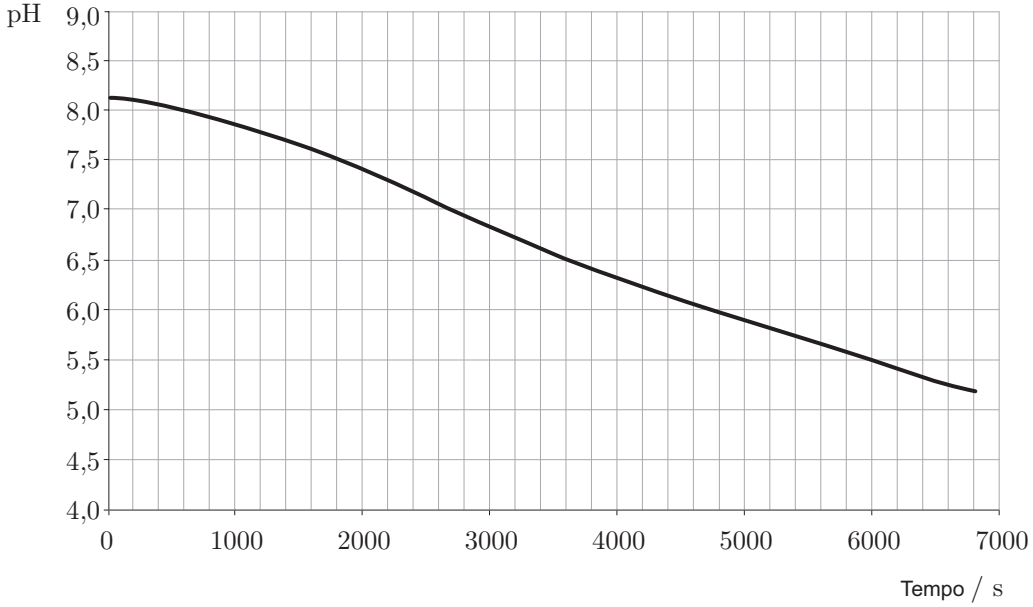



Figura 2

**2.1.** A variação de $\mathrm{pH}$ que se observa entre os instantes $t = 1800\,\mathrm{s}$ e $t = 6000\,\mathrm{s}$ 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.** O $\mathrm{CO_2}$ dissolvido reage com a água, dando origem a um ácido fraco, o ácido carbónico, $\mathrm{H_2CO_3(aq)}$. A reacção pode ser traduzida por

$$\mathrm{CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)}$$

Explique a diminuição do $\mathrm{pH}$ da amostra de água mineral, durante o intervalo de tempo em que decorreu a experiência.

## GRUPO V

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** A 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.

## GRUPO VI

**1.** 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.

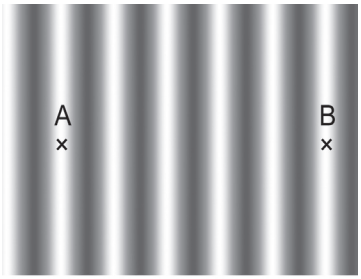



Figura 3

A Figura 3 representa ondas planas produzidas numa tina de ondas, com o gerador de ondas ajustado para uma frequência de $6{,}0\,\text{Hz}$. Na experiência realizada, verificou-se que a distância entre os pontos A e B, representados na figura, era de $20{,}8\,\text{cm}$.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** A Figura 4 representa um feixe, muito fino, de luz monocromática, que incide na superfície de separação de dois meios transparentes, $\text{I}$ e $\text{II}$, cujos índices de refracção são, respectivamente, $n_{\text{I}}$ e $n_{\text{II}}$.

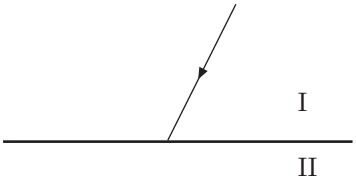



Figura 4

Se a luz se propagar com maior velocidade no meio $\text{II}$, o ângulo de refracção será

**(A)** maior do que o ângulo de incidência, uma vez que $n_{\text{I}} > n_{\text{II}}$.

**(B)** menor do que o ângulo de incidência, uma vez que $n_{\text{I}} > n_{\text{II}}$.

**(C)** maior do que o ângulo de incidência, uma vez que $n_{\text{I}} < n_{\text{II}}$.

**(D)** menor do que o ângulo de incidência, uma vez que $n_{\text{I}} < n_{\text{II}}$.

## FIM

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

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

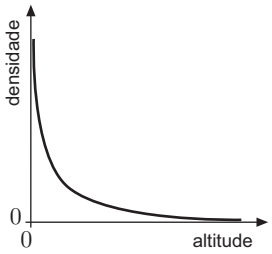
Na atmosfera, a densidade e a pressão decrescem exponencialmente com a altitude. A temperatura apresenta, no entanto, uma variação mais complexa, decrescendo com o aumento da altitude em algumas camadas da atmosfera e aumentando noutras.

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 azoto e 21%, em volume, de oxigénio. Os restantes gases – árgon, vapor de água, dióxido de carbono, néon, etc. – existem em percentagens relativamente baixas, embora alguns deles sejam muito importantes para a vida na Terra.

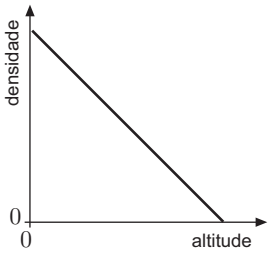
F. Duarte Santos, *Que Futuro? Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento e Ambiente*, Gradiva, 2007 (adaptado)

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

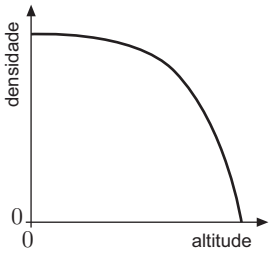
**(A)**



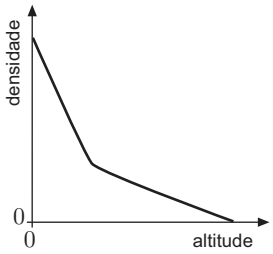

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.** O número de moléculas de oxigénio que existem em $100\ \mathrm{dm}^3$ de ar, na troposfera, em condições normais de pressão e de temperatura, pode ser calculado através da expressão

**(A)** $\left(\frac{100}{6{,}02\times10^{23}}\right)\times 22{,}4$

**(B)** $\left(\frac{100}{0{,}21\times6{,}02\times10^{23}}\right)\times 22{,}4$

**(C)** $\left(\frac{100}{22{,}4}\right)\times 6{,}02\times10^{23}$

**(D)** $\left(\frac{100\times0{,}21}{22{,}4}\right)\times 6{,}02\times10^{23}$

## GRUPO II

**1.** Uma das reações envolvidas na preparação do ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, é a reação do dióxido de enxofre, $SO_2(g)$, com o oxigénio, $O_2(g)$, na presença de um catalisador, formando-se trióxido de enxofre, $SO_3(g)$.

**1.1.** Escreva a equação química que traduz aquela reação (considere que a reação é reversível).

**1.2.** A reação de formação do $SO_3(g)$ é exotérmica.

Conclua, justificando, qual é o efeito, na concentração de $SO_3(g)$, do aumento da temperatura do sistema em equilíbrio, admitindo que a pressão se mantém constante.

**1.3.** A reação de formação do $SO_3(g)$ 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.

**2.** A última fase da preparação do ácido sulfúrico consiste em fazer reagir o $SO_3(g)$ 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.

# GRUPO III

**1.** O ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, é um ácido diprótico que se ioniza em água em duas etapas sucessivas, traduzidas por

$$H_2SO_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HSO_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

$$HSO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons SO_4^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$$

Na primeira etapa de ionização, o $H_2SO_4(aq)$ comporta-se como um ácido forte, podendo considerar-se a sua ionização completa. Na segunda etapa, a espécie $HSO_4^-(aq)$ comporta-se como um ácido fraco.

**1.1.** Identifique um par conjugado de ácido-base nas reações acima representadas.

**1.2.** 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 $HSO_4^-(aq)$ é $3{,}5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$.

Determine o pH da solução aquosa de ácido sulfúrico, a 25 ºC.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** As moléculas de ácido sulfúrico são constituídas por átomos de hidrogénio, de enxofre e de oxigénio.

**2.1.** Os eletrões de valência dos átomos de oxigénio e de enxofre, no estado fundamental, distribuem-se

**(A)** apenas por orbitais com $l = 1$.

**(B)** pelo mesmo número de orbitais.

**(C)** por orbitais com o mesmo número quântico principal.

**(D)** por orbitais com $l = 1$ e com $l = 2$.

**2.2.** Considere o período da tabela periódica onde se encontra o elemento enxofre.

Qual é o elemento desse período cujos átomos, no estado fundamental, apresentam maior energia de ionização?

## GRUPO IV

**1.** 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, $\Delta T_A$, e a diferença de temperatura registada entre as extremidades da barra do metal B, $\Delta T_B$, 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)** $\Delta T_A = 4\,\Delta T_B$

**2.** 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.

## GRUPO V

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

Na Figura 1, 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).

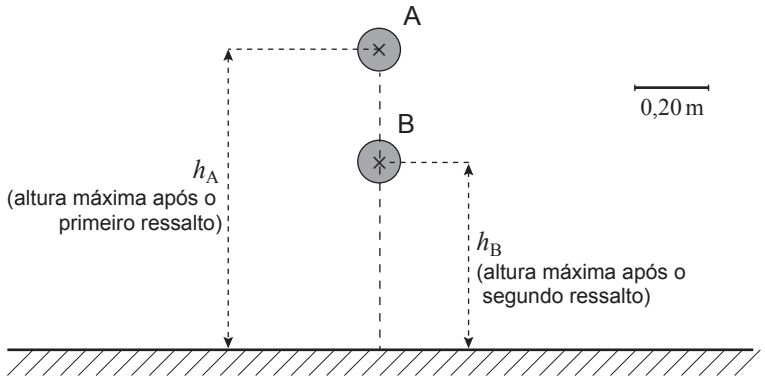



Figura 1

**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.

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

## GRUPO VI

A Figura 2 (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).

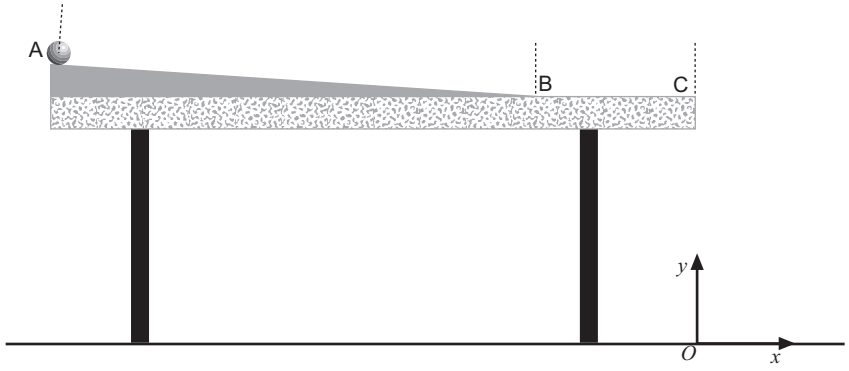



Figura 2

**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.

**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 $2{,}5\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

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 $1{,}0\ \mathrm{m}$.

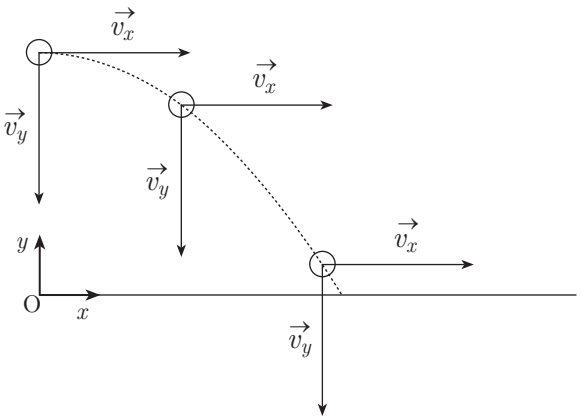
Recorra exclusivamente às equações $y(t)$ e $x(t)$, que traduzem o movimento da esfera, considerando o referencial bidimensional representado na Figura 2.

Apresente todas as etapas de resolução.

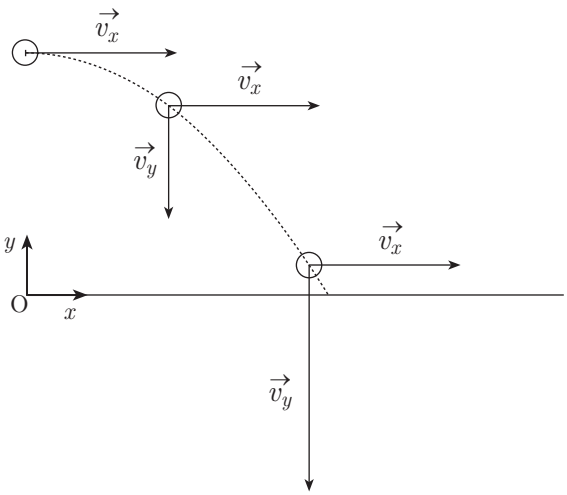
**3.** Considere a trajetória da esfera no seu movimento de queda.

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?

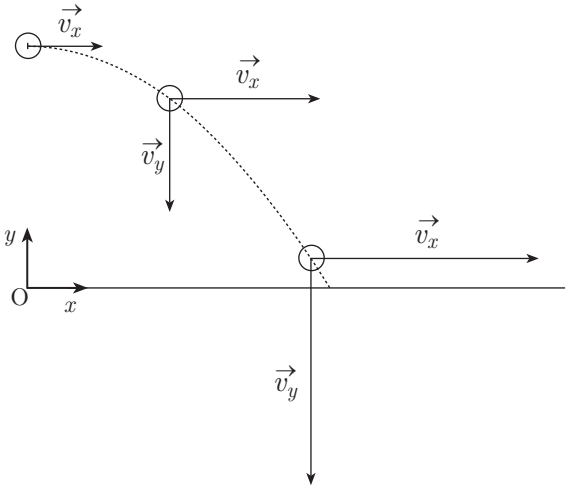
**(A)**



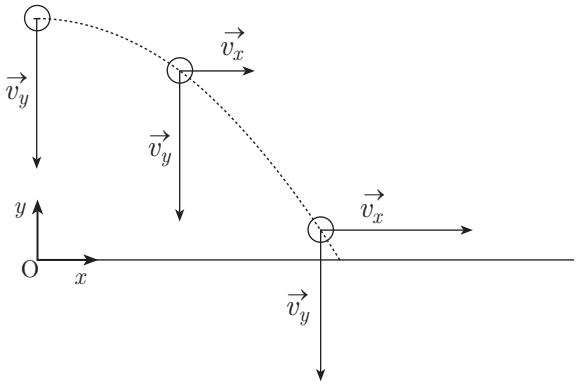

**(B)**




**(C)**




**(D)**



## GRUPO VII

**1.** 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 3.

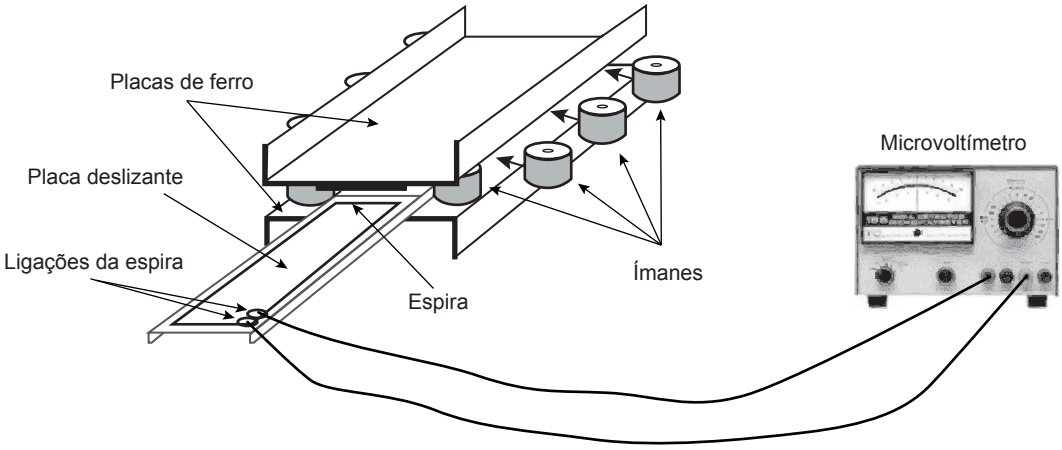



Figura 3

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 3, até uma posição final na qual a placa deslizante ficava completamente introduzida no espaço entre as duas placas de ferro.

**1.1.** Os alunos mediram com um cronómetro, em três ensaios, o intervalo de tempo, $\Delta t$, 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.

**1.2.** Seguidamente, utilizando uma espira com uma área de $60\ \text{cm}^2$, os alunos realizaram cinco ensaios sucessivos, procedendo de modo que a placa com a espira deslizasse entre as duas placas de ferro com velocidade de módulo sucessivamente maior.

Mediram, em cada um dos ensaios, o intervalo de tempo, $\Delta t$, 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, $\varepsilon_i$, 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.

| $\frac{1}{\Delta t}$ / $s^{-1}$ | $\lvert\varepsilon_i\rvert$ / $\mu V$ |
|---|---|
| 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 $0^o$.

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.

**2.** A Figura 4 representa o esboço do gráfico do fluxo magnético, $\Phi_m$, em função do tempo, $t$, devido ao movimento relativo de uma espira metálica imersa num outro campo magnético uniforme.

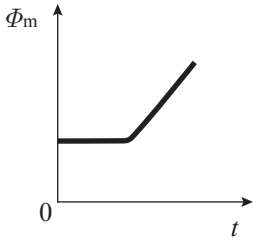
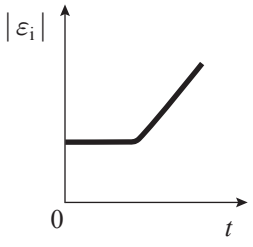


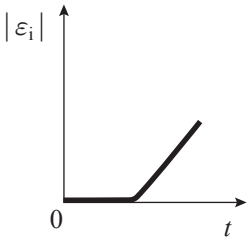

Figura 4

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

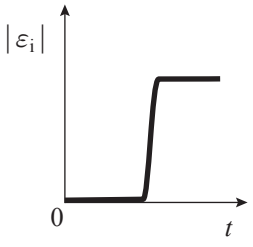
**(A)**



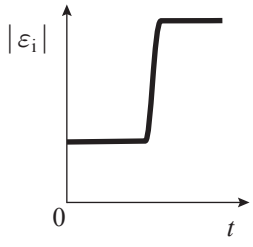

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

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)

**1.** Escreva as equações químicas que traduzem as reações referidas no segundo parágrafo do texto.

**2.** A reação dos radicais livres de oxigénio com as moléculas de oxigénio, na estratosfera, envolve a libertação de cerca de $105\ \text{kJ}$ 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)** $\dfrac{+1,05\times10^{5}}{6,02\times10^{23}}$

**(B)** $\dfrac{-1,05\times10^{5}}{6,02\times10^{23}}$

**(C)** $-1,05\times10^{5}\times6,02\times10^{23}$

**(D)** $+1,05\times10^{5}\times6,02\times10^{23}$

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

**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.

## GRUPO II

Muitos dos $CFC$ são derivados do metano, $CH_4$, um hidrocarboneto saturado cujas moléculas são constituídas por átomos de carbono e de hidrogénio.

À temperatura e à pressão ambientes, o metano é um gás.

**1.** Determine a quantidade total, em mol, de átomos existente numa amostra de $20{,}0\ g$ de metano, $CH_4(g)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** As moléculas de metano apresentam geometria tetraédrica. Nestas moléculas,

**(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.

**3.** No átomo de carbono no estado fundamental, os eletrões de valência encontram-se distribuídos por

**(A)** uma orbital.

**(B)** duas orbitais.

**(C)** três orbitais.

**(D)** quatro orbitais.

**4.** Na Figura 1, está representado um diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio.

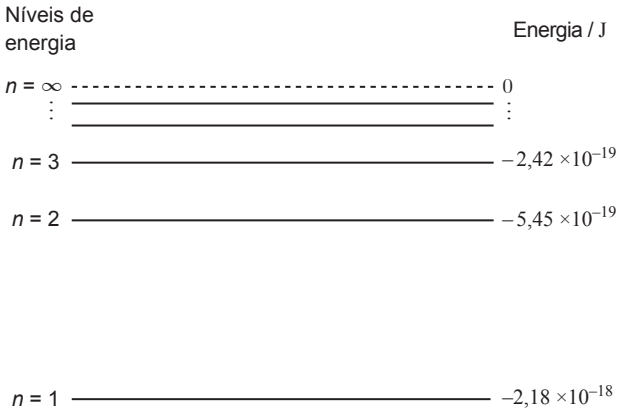



Figura 1

A Figura 2 representa parte do espectro de emissão do átomo de hidrogénio, na região do visível.

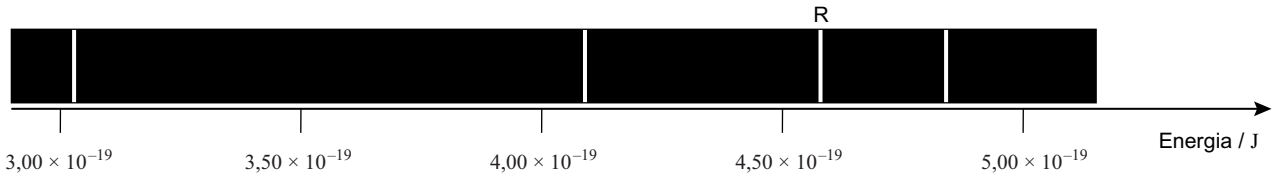



Figura 2

Calcule, para a transição eletrónica que origina a risca assinalada pela letra R na Figura 2, a energia do nível em que o eletrão se encontrava inicialmente.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO III

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 ºC.

**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 ºC ± 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.

**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, $\theta_f$, do naftaleno, que se encontram registados na tabela seguinte.

| | **Grupo 1** | **Grupo 2** |
|---|---|---|
| **Ensaio** | $\theta_f$ / ºC | $\theta_f$ / ºC |
| **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.

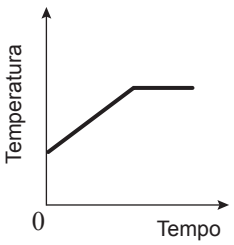
**(C)** menos exatos e menos precisos.

**(D)** menos exatos e mais precisos.

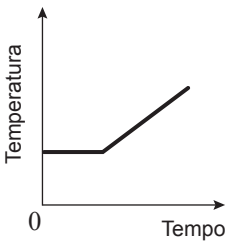
**3.** Considere que se forneceu energia a uma amostra pura de naftaleno no estado sólido, inicialmente à temperatura ambiente, até esta fundir completamente.

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

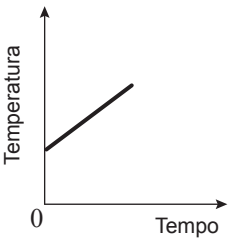
**(A)**



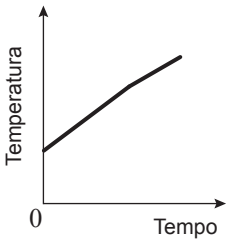

**(B)**




**(C)**




**(D)**



## GRUPO IV

**1.** Utilizou-se uma resistência de aquecimento de $200\ \text{W}$ para aquecer uma amostra de $500\ \text{g}$ de água, tendo a temperatura da amostra aumentado $27\ ^{\circ}\text{C}$.

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.

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

**2.** A água, colocada numa cafeteira, pode também ser aquecida num fogão a gás.

Identifique o principal processo de transferência de energia, como calor, que permite o aquecimento de toda a água contida na cafeteira e descreva o modo como essa transferência ocorre.

**3.** 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 3.

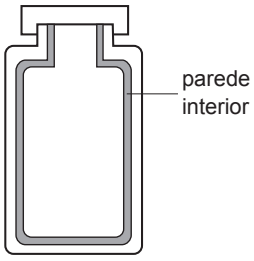



Figura 3

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

**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 $200\ \text{g}$ de azeite e a uma amostra de $100\ \text{g}$ 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.

## GRUPO V

A Figura 4 (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.

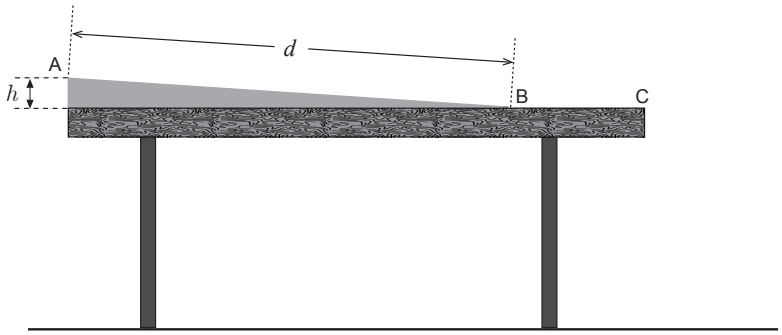



Figura 4

**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)** $W = -m\ g\ h$

**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)** $W = \frac{1}{2} m\, v_B^2 - mgh$

**(B)** $W = \frac{1}{2} m\, v_B^2 + mgh$

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

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

**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.

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

Determine a altura $h$, representada na Figura 4, a que a posição A se encontra em relação ao tampo da mesa.

Apresente todas as etapas de resolução.

**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.

**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

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)

**1.** Como se designam os eletrões que participam nas reações químicas?

**2.** 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.** 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.

**4.** 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?

## GRUPO II

**1.** O sulfureto de hidrogénio, $H_2S(g)$, é um gás incolor que tem um cheiro característico a ovos podres.

**1.1.** A tabela seguinte apresenta os volumes, $V$, de diferentes amostras de $H_2S(g)$ e as respetivas massas, $m$, à pressão de $1\ atm$ e à temperatura de $55\ ºC$.

| $V$ / 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.

**1.2.** Considere uma amostra de $H_2S(g)$ com o dobro do volume de uma amostra de metano, $CH_4(g)$, 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.

**1.3.** O $H_2S(g)$ libertado pelos vulcões reage, a temperaturas elevadas, com o oxigénio do ar, formando-se dióxido de enxofre, $SO_2(g)$, e água, $H_2O(g)$.

Escreva a equação química que traduz esta reação e justifique o facto de a emissão de $SO_2(g)$ para a atmosfera contribuir para o aumento da acidez da água da chuva.

**2.** O sulfureto de hidrogénio dissolve-se em água, dando origem ao ácido sulfídrico, $H_2S(aq)$.

**2.1.** 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)** $22 \times 10^6$

**(B)** $22$

**(C)** $22 \times 10^{-3}$

**(D)** $22 \times 10^3$

**2.2.** O mau cheiro de uma solução contendo $H_2S(aq)$ pode ser removido pela adição de cloro, $Cl_2(aq)$, a essa solução. A reação que ocorre é traduzida por

$$H_2S(aq) + Cl_2(aq) \longrightarrow S(s) + 2\ HCl(aq)$$

Nesta reação, o agente redutor é o

**(A)** $H_2S(aq)$ que é oxidado pelo $Cl_2(aq)$.

**(B)** $Cl_2(aq)$ que é oxidado pelo $H_2S(aq)$.

**(C)** $H_2S(aq)$ que é reduzido pelo $Cl_2(aq)$.

**(D)** $Cl_2(aq)$ que é reduzido pelo $H_2S(aq)$.

**3.** O ácido sulfídrico, $H_2S(aq)$, é um ácido diprótico muito fraco. A reação deste ácido com a água pode ser traduzida por

$$H_2S(aq) + 2\ H_2O(l) \rightleftharpoons S^{2-}(aq) + 2\ H_3O^+(aq)$$

A constante de acidez do $H_2S(aq)$, definida para a reação anterior, é $6{,}8 \times 10^{-23}$, a $25\ ºC$.

**3.1.** 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.

**3.2.** O sulfureto de ferro, $FeS$, é um sal bastante insolúvel em água, cujo produto de solubilidade é $6{,}3 \times 10^{-18}$, a 25 ºC. A precipitação deste sal, em solução aquosa, pode ser traduzida por

$$Fe^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightleftharpoons FeS(s)$$

Admita que se pretende precipitar sulfureto de ferro a partir de uma solução que contém $4{,}47\ g$ de ião $Fe^{2+}(aq)$ ($M = 55{,}85\ g\ mol^{-1}$) por $dm^3$, utilizando ácido sulfídrico de concentração $0{,}10\ mol\ dm^{-3}$, 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.

**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

# GRUPO III

As curvas representadas no gráfico da Figura 1 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 $T$.

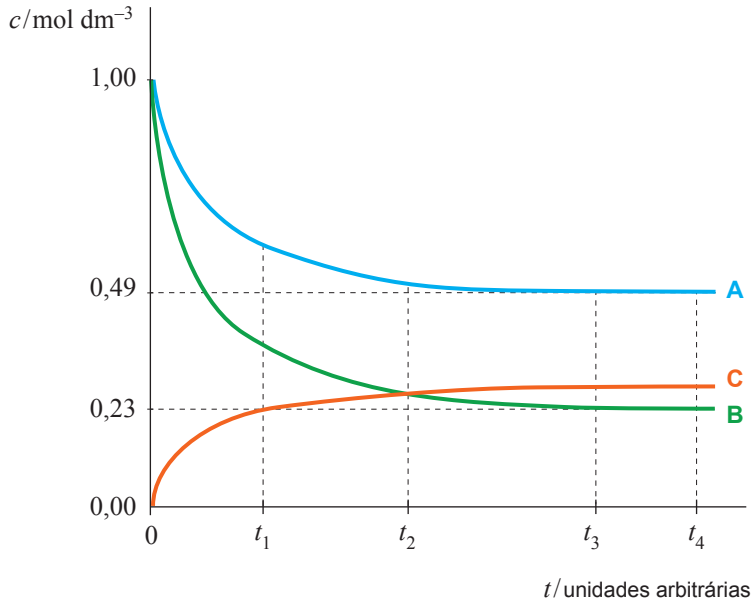



Figura 1

**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

**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)** $t_4$

**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.

## GRUPO IV

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 2.

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.

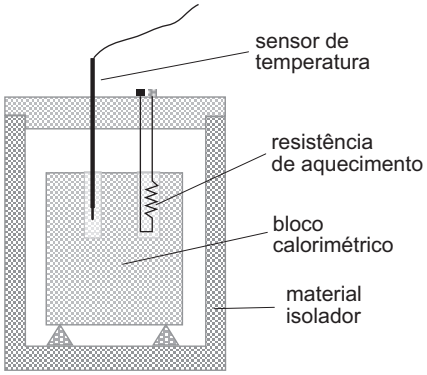
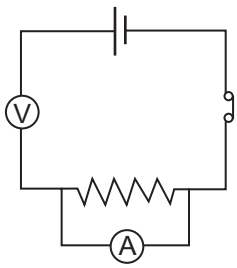


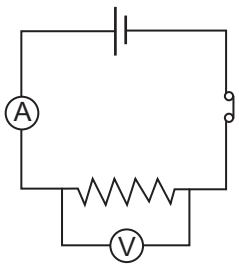

Figura 2

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

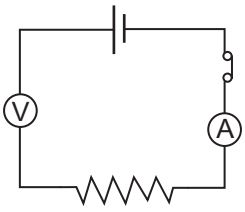
**(A)**



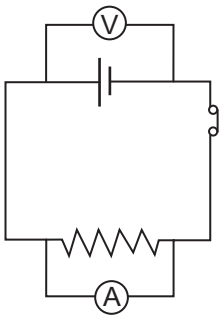

**(B)**




**(C)**




**(D)**



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

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

**2.2.** A potência dissipada pela resistência de aquecimento na experiência realizada foi $1{,}58\,\mathrm{W}$.

A Figura 3 apresenta o gráfico da temperatura do bloco de cobre, de massa $1{,}00\,\mathrm{kg}$, em função do tempo.

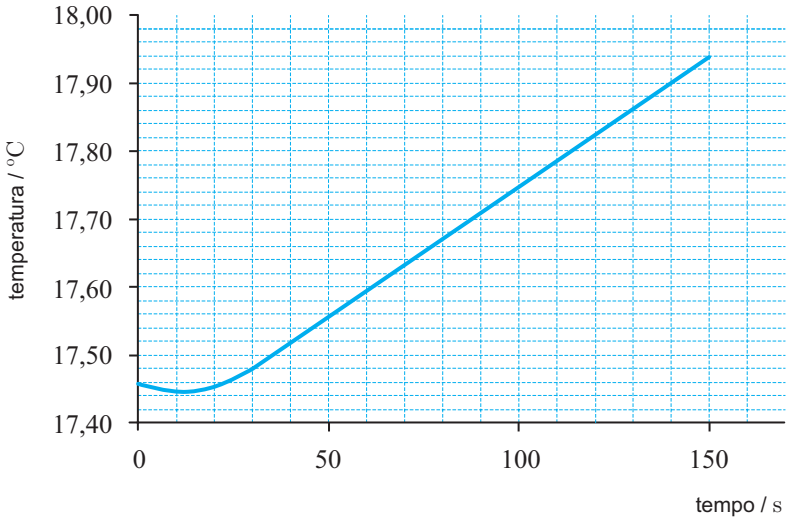



Figura 3

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**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 4 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.

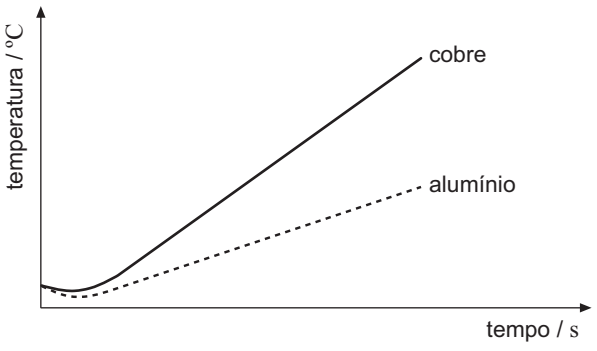



Figura 4

## GRUPO V

Um carrinho de brincar desloca-se sobre uma pista que pode ser montada com diferentes formatos.

**1.** Considere que a pista é montada de modo que o carrinho descreva sobre ela uma trajetória circular, num mesmo plano horizontal, com velocidade de módulo constante.

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

**1.2.** Considere que a trajetória circular descrita pelo carrinho tem $50{,}0\,\text{cm}$ de diâmetro e que o carrinho demora, em média, $47{,}6\,\text{s}$ a descrever $5$ voltas completas.

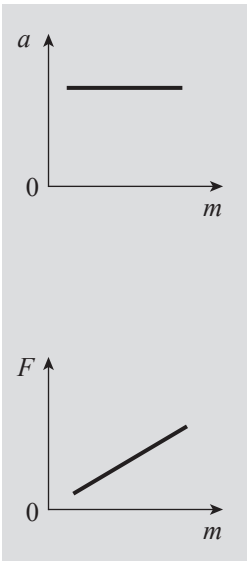
Determine o módulo da aceleração do carrinho.

Apresente todas as etapas de resolução.

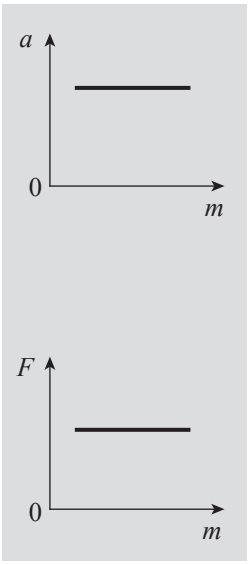
**1.3.** Admita que se colocaram sobrecargas de massa sucessivamente maior no carrinho e que os conjuntos *carrinho + sobrecarga* se deslocaram sobre a pista demorando o mesmo tempo a descrever uma volta completa.

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?

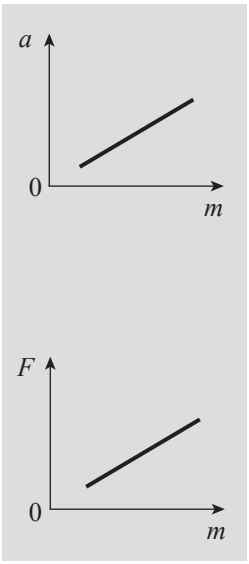
**(A)**



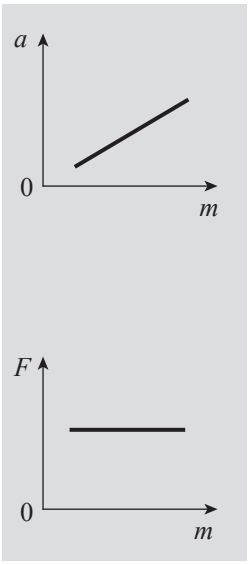

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**2.** Considere que a pista é agora montada formando uma rampa sobre a qual o carrinho percorre trajetórias retilíneas no sentido descendente ou no sentido ascendente.

**2.1.** Na Figura 5, 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?

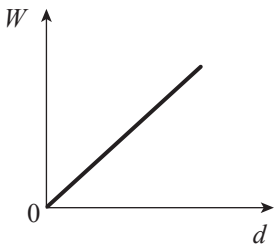



Figura 5

**2.2.** Conclua, justificando, se existe conservação da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* quando o carrinho sobe a rampa com velocidade constante.

**3.** A Figura 6 representa o espectro do som emitido pela buzina do carrinho.

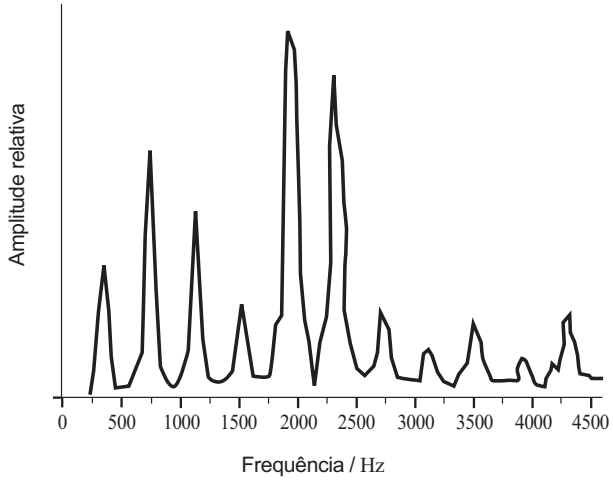



Figura 6

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.

## GRUPO VI

**1.** A Figura 7 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 $16{,}0^{\circ}$.

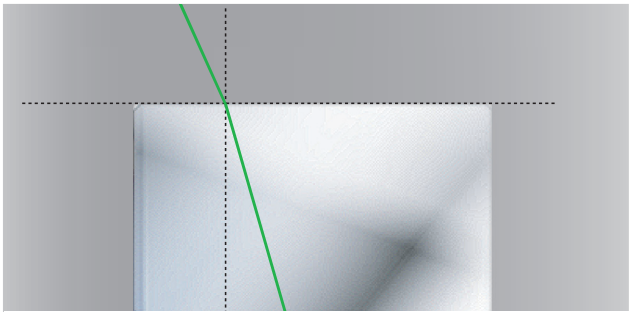


Figura 7

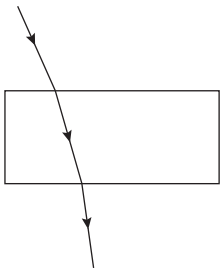
**1.1.** Determine a velocidade de propagação do feixe de luz monocromática no interior do vidro *Flint*.

Apresente todas as etapas de resolução.

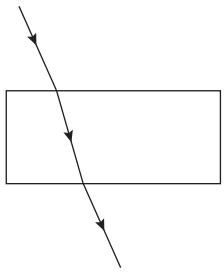
**$n_{ar}$ (índice de refração do ar) = $1{,}00$**

**1.2.** 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?

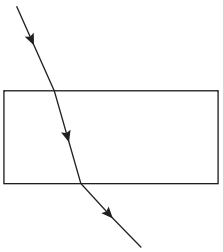
**(A)**



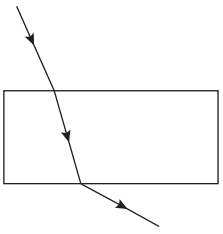
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**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.

**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

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.** A Figura 1 apresenta uma parte do gráfico da intensidade da radiação emitida por um corpo, a uma determinada temperatura, em função do comprimento de onda.

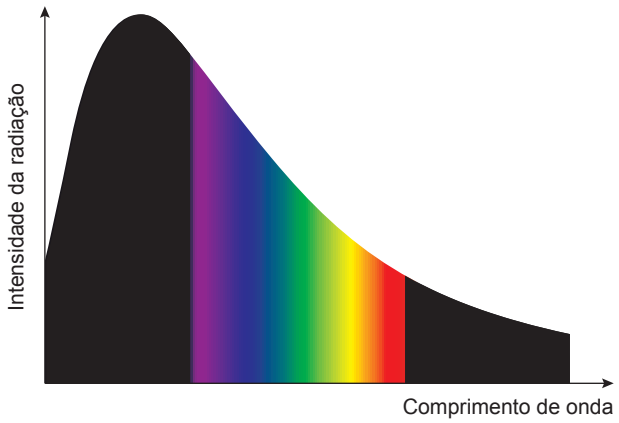



Figura 1

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.

**2.** Traduza por uma expressão matemática a lei enunciada no final do segundo parágrafo do texto.

**3.** Qual é a unidade do Sistema Internacional em que se exprime a taxa temporal de emissão de energia de um corpo?

**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.

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

**(A)** igual ... varia

**(B)** diferente ... varia

**(C)** igual ... não varia

**(D)** diferente ... não varia

## GRUPO II

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, $CH_4(g)$, embora possa conter outros gases, como, por exemplo, metilbutano, dióxido de carbono, vapor de água e sulfureto de hidrogénio.

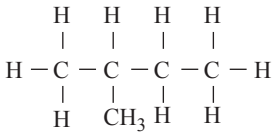
**1.** Considere que se extrai, de um determinado reservatório subterrâneo, gás natural contendo $70\%$, em volume, de metano.

Determine o número de moléculas de metano que existem numa amostra de $5{,}0\,dm^3$ do gás natural, nas condições normais de pressão e de temperatura.

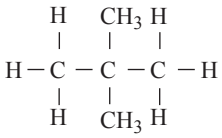
Apresente todas as etapas de resolução.

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

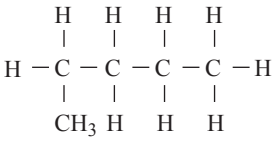
**(A)**



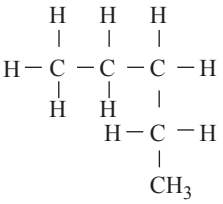
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**3.** Explique porque é que a geometria da molécula de dióxido de carbono, $CO_2$, é linear.

**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.

# GRUPO III

O ácido sulfídrico, $H_2S(aq)$, 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

$$H_2S(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HS^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

A constante de acidez do $H_2S(aq)$, definida para a reação anterior, é $1{,}32 \times 10^{-7}$, a $25\ ºC$.

**1.** Considere $250{,}0\ cm^3$ de uma solução de ácido sulfídrico cujo $pH$, a $25\ ºC$, 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.

**2.** O ião sulfureto, $S^{2-}(aq)$, é a base conjugada da espécie $HS^-(aq)$ na reação que corresponde à segunda etapa da ionização do ácido sulfídrico em água.

A reação entre o ião $S^{2-}(aq)$ e a água pode ser traduzida por

**(A)** $S^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2S(aq) + 2\ H_3O^+(aq)$

**(B)** $S^{2-}(aq) + 2\ H_2O(l) \rightleftharpoons H_2S(aq) + 2\ OH^-(aq)$

**(C)** $S^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2S(aq) + 2\ OH^-(aq)$

**(D)** $S^{2-}(aq) + 2\ H_2O(l) \rightleftharpoons H_2S(aq) + 2\ H_3O^+(aq)$

## GRUPO IV

**1.** O etanol, $C_2H_5OH$ ($M = 46{,}08\ g\ mol^{-1}$), pode reagir com o cloro, $Cl_2$ ($M = 70{,}90\ g\ mol^{-1}$), formando-se um composto orgânico denominado cloral, $CCl_3CHO$ ($M = 147{,}38\ g\ mol^{-1}$), e cloreto de hidrogénio, $HCl(g)$. A reação pode ser traduzida por

$$C_2H_5OH(l) + 4\ Cl_2(g) \longrightarrow CCl_3CHO(l) + 5\ HCl(g)$$

**1.1.** Considere que se fez reagir $3{,}0\ mol$ de etanol com $10{,}0\ mol$ de cloro.

Identifique, justificando, o reagente limitante.

**1.2.** 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.** Considere a reação traduzida por

$$Cl_2(g) + 2\ Na(s) \longrightarrow 2\ NaCl(s)$$

Nesta reação, o cloro atua como

**(A)** oxidante, oxidando-se.

**(B)** oxidante, reduzindo-se.

**(C)** redutor, reduzindo-se.

**(D)** redutor, oxidando-se.

**3.** Considere que a energia necessária para dissociar uma mole de moléculas de $Cl_2(g)$ 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 $Cl_2(g)$ é

**(A)** $+ (2 \times 242{,}7)\ kJ$

**(B)** $- (2 \times 242{,}7)\ kJ$

**(C)** $+ 242{,}7\ kJ$

**(D)** $- 242{,}7\ kJ$

**4.** Considere átomos de cloro no estado fundamental.

**4.1.** 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.

**4.2.** 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)** $(3, 1, 2)$

**4.3.** Como se designa a energia mínima necessária para remover um eletrão de um átomo de cloro, isolado e em fase gasosa, no estado fundamental?

## GRUPO V

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).

**1.** Considere, numa primeira situação, que o objeto de papel cai no ar.

Na Figura 2, 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.

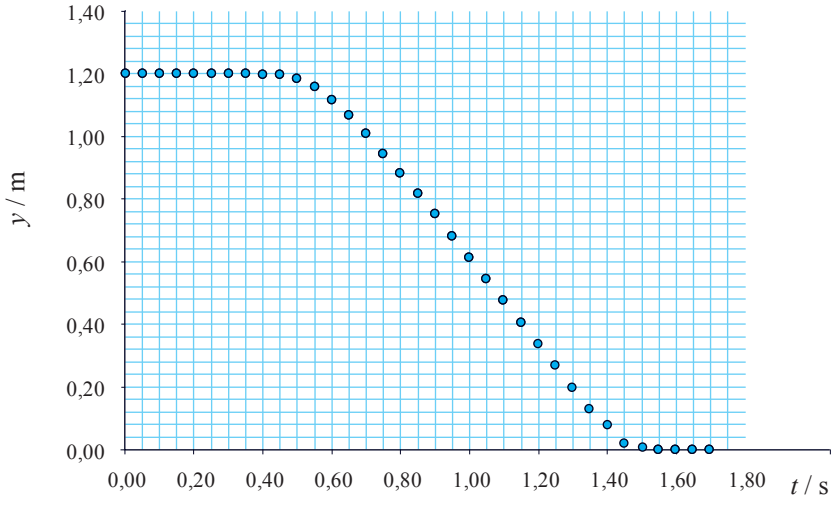
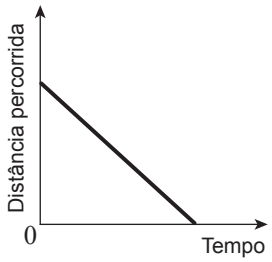


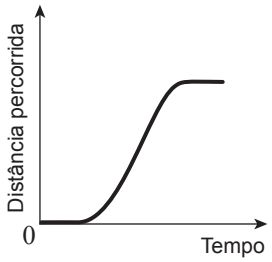

Figura 2

**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?

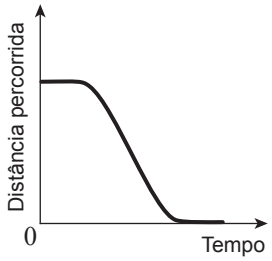
**(A)**



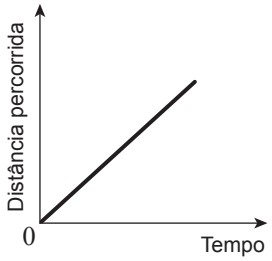

**(B)**




**(C)**

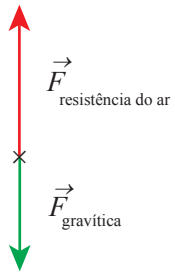



**(D)**




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

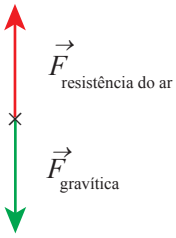
**(A)**



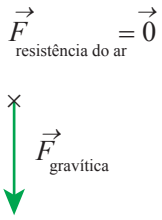

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**1.3.** Admita que a massa do objeto de papel é $0{,}23\ \text{g}$.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**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.

**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.

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

**(A)** $v_y = 10\,t$

**(B)** $v_y = -10\,t$

**(C)** $v_y = 1{,}20 - 10\,t$

**(D)** $v_y = 1{,}20 + 10\,t$

**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)** $\sqrt{\frac{1{,}20}{2\,g}}$

**(C)** $\frac{\sqrt{\frac{1{,}20}{2}}}{g}$

**(D)** $\sqrt{\frac{1{,}20}{g}}$

**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.

## GRUPO VI

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 3, na qual utilizou um osciloscópio, um gerador de sinais, um microfone, um altifalante com suporte e fios de ligação.

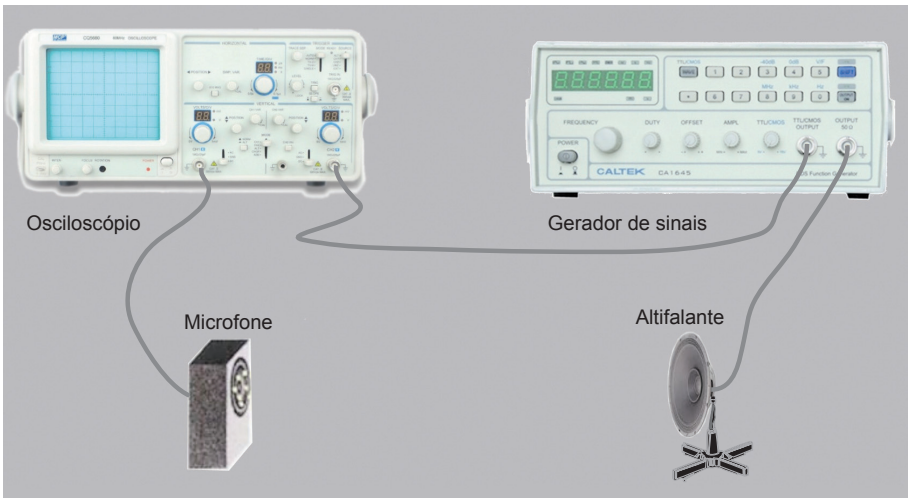



Figura 3

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 $342{,}3\ \text{m s}^{-1}$.

**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.

**2.** Os alunos mantiveram o altifalante e o microfone à mesma distância um do outro.

A Figura 4 representa o ecrã do osciloscópio onde estão registados os sinais obtidos no decorrer da experiência.

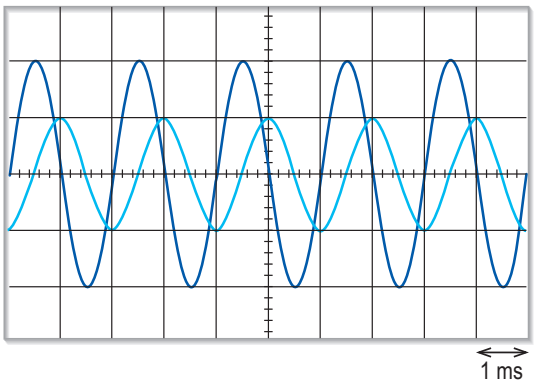



Figura 4

**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.

**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

**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.

**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

## GRUPO I

A elevada acidez da água da chuva, registada em diversos locais da Terra, é atribuída à emissão para a atmosfera de dióxido de enxofre, $SO_2(g)$, e de óxidos de azoto. 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, ZnS(s), envolve, numa primeira fase, a reação deste composto com o oxigénio atmosférico. Nesta reação, forma-se óxido de zinco, ZnO(s), e dióxido de enxofre, $SO_2(g)$.

Estima-se que sejam libertados para a atmosfera cerca de $6 \times 10^{10}$ kg de $SO_2(g)$ em cada ano.

Chang, R., *Química*, McGrawHill, 8.ª ed., 2005 (adaptado)

**1.** O número aproximado de moléculas de $SO_2(g)$ libertadas para a atmosfera, por ano, pode ser calculado pela expressão

**(A)** $\frac{6 \times 10^{10} \times 10^{3} \times 64{,}07}{6{,}02 \times 10^{23}}$

**(B)** $\frac{6 \times 10^{10} \times 64{,}07}{6{,}02 \times 10^{23} \times 10^{3}}$

**(C)** $\frac{6 \times 10^{10} \times 10^{3} \times 6{,}02 \times 10^{23}}{64{,}07}$

**(D)** $\frac{6 \times 10^{10} \times 6{,}02 \times 10^{23}}{10^{3} \times 64{,}07}$

**2.** Escreva a equação química que traduz a reação referida no segundo parágrafo do texto.

**3.** A reação do $SO_2(g)$ com o oxigénio na atmosfera pode ser traduzida por

$$2\ SO_2(g)\ +\ O_2(g)\ \longrightarrow\ 2\ SO_3(g)$$

**3.1.** 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 $-3$

**3.2.** Considere uma amostra de $SO_2(g)$ com metade do volume de uma amostra de $SO_3(g)$, nas mesmas condições de pressão e de temperatura.

Comparando com a amostra de $SO_3(g)$, a amostra de $SO_2(g)$ contém

**(A)** o dobro do número total de átomos.

**(B)** metade do número total de átomos.

**(C)** o dobro do número de átomos de enxofre.

**(D)** um terço do número de átomos de oxigénio.

**4.** 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.

**5.** Qual é a representação da molécula de oxigénio utilizando a notação de Lewis?

**(A)** $:O \equiv O:$

**(B)** $\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}} = \ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}$

**(C)** $O \equiv O$

**(D)** $:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}} = \ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}:$

**6.** O número quântico secundário, $l$, é um dos números quânticos que caracterizam as orbitais atómicas.

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 $l = -1$

**7.** Considere o período da tabela periódica onde se encontra o elemento oxigénio.

Qual é o elemento desse período cujos átomos, no estado fundamental, apresentam menor raio atómico?

## GRUPO II

**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.

**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 $16{,}40\ cm^3$.

Determine a massa molar do ácido monoprótico em solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** Uma outra solução aquosa de hidróxido de sódio, $NaOH(aq)$ ($M = 40{,}00\ g\ mol^{-1}$), 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.

## GRUPO III

Um grupo de alunos sintetizou sulfato de tetra-aminocobre (II) mono-hidratado, $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O(s)$ ($M = 245{,}8\ g\ mol^{-1}$). Os alunos começaram por triturar e pesar $5{,}00\ g$ de sulfato de cobre (II) penta-hidratado, $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O(s)$ ($M = 249{,}7\ g\ mol^{-1}$), que dissolveram completamente em cerca de $5\ cm^3$ de água. Adicionaram depois solução aquosa de amoníaco, $NH_3(aq)$, em excesso, à solução de sulfato de cobre.

A reação de síntese pode ser traduzida por

$$CuSO_4 \cdot 5\,H_2O\,(aq) + 4\,NH_3(aq) \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O(s) + 4\,H_2O(l)$$

**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.

**2.** Admita que os alunos obtiveram, na prática, uma massa de $2{,}60\ g$ de $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O(s)$.

Determine o rendimento da reação de síntese.

Apresente todas as etapas de resolução.

**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.

**4.** Na reação de síntese considerada, a precipitação dos cristais de $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O(s)$ 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.

## GRUPO IV

**1.** A Figura 1 representa uma garrafa térmica, contendo $100\ g$ de água. Quando se inverte a garrafa, pode considerar-se que a água cai $40\ cm$. Repetindo diversas vezes este procedimento, verifica-se um pequeno aumento da temperatura da água.

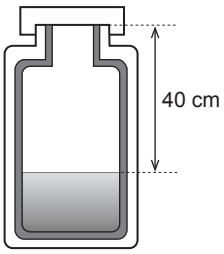



Figura 1

**1.1.** Identifique, para a situação descrita, o principal processo de transferência de energia para a água.

**1.2.** Determine o intervalo de tempo necessário para que a temperatura da água aumente $0{,}50\ ^{\circ}C$, se a garrafa térmica for invertida cerca de $30$ vezes por minuto.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

**2.** Introduziu-se a mesma massa de água em três latas idênticas, Q, R e S, pintadas com tintas diferentes. As latas, devidamente fechadas com uma rolha atravessada por um termómetro, foram colocadas à mesma distância de uma lâmpada de $100\ W$. Acendeu-se a lâmpada e mediu-se, para cada uma das latas, a temperatura da água nelas contida ao longo de um determinado intervalo de tempo.

A Figura 2 apresenta os esboços dos gráficos traçados a partir dos valores experimentais de temperatura em função do tempo, obtidos na experiência descrita.

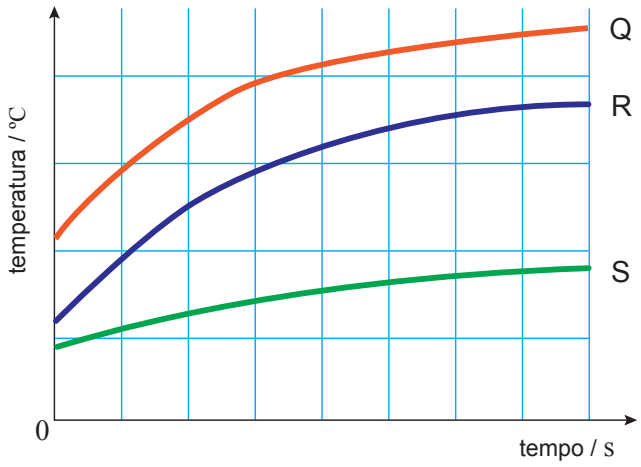



Figura 2

**2.1.** Conclua, justificando, qual das latas terá uma superfície mais refletora.

**2.2.** A partir de um determinado instante, a temperatura da água contida na lata S manteve-se aproximadamente constante, o que significa que

**(A)** as taxas temporais de emissão e de reflexão de energia da lata são iguais.

**(B)** a lata deixou de absorver energia do exterior.

**(C)** as taxas temporais de emissão e de absorção de energia da lata são iguais.

**(D)** a lata deixou de emitir energia para o exterior.

**3.** Considere diversas amostras puras de líquidos, todas inicialmente a $50\ ^{\circ}C$, 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.

## GRUPO V

A Figura 3 (que não está à escala) representa uma calha inclinada, montada sobre uma mesa.

Uma esfera de aço, de massa $30{,}0\ \text{g}$, é abandonada na posição A, situada a uma altura de $50{,}0\ \text{cm}$ 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).

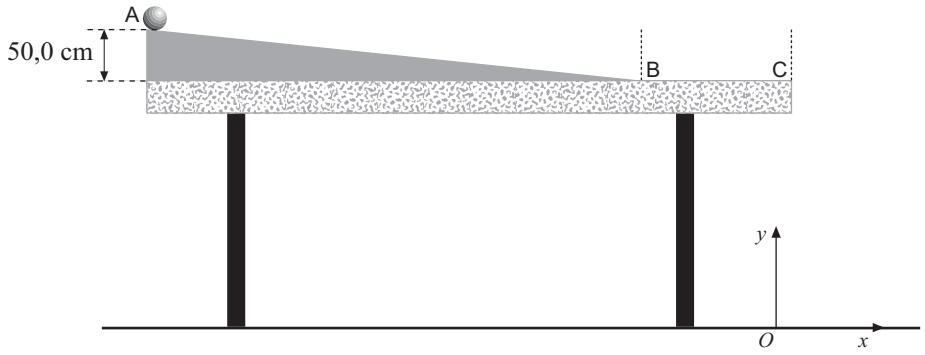



Figura 3

**1.** Admita que a energia dissipada é desprezável no trajeto entre as posições A e C e que a esfera atinge 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)** $100\ \text{cm}$.

**(B)** $140\ \text{cm}$.

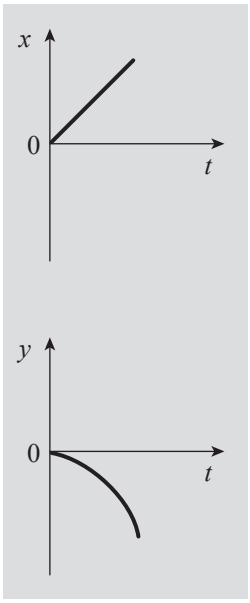
**(C)** $200\ \text{cm}$.

**(D)** $280\ \text{cm}$.

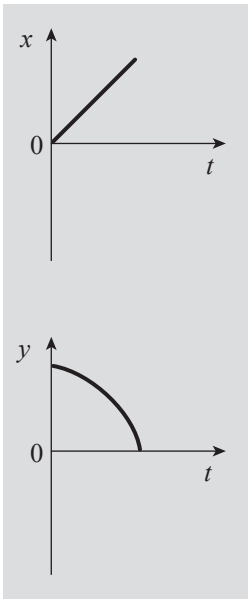
**2.** Considere o trajeto da esfera entre a posição C e o solo e, nesse trajeto, as componentes escalares da posição da esfera, $x$ e $y$, em relação ao referencial bidimensional $xOy$, representado na Figura 3.

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

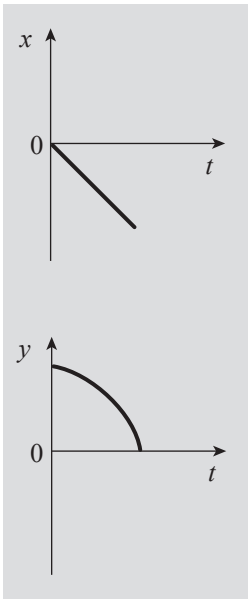
**(A)**



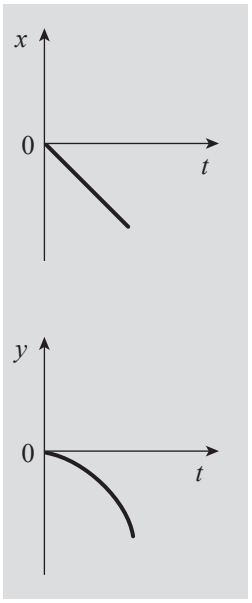

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**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.

**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.

## GRUPO VI

Na Figura 4, 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, $t_1$.

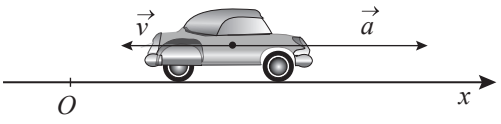



Figura 4

**1.** Em que sentido se move o automóvel no instante considerado?

**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.** A comunicação entre o recetor GPS, com o qual o automóvel estava equipado, e os satélites do sistema GPS faz-se por meio de sinais eletromagnéticos, na gama das micro-ondas.

**3.1.** 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.

**3.2.** As ondas eletromagnéticas são ondas

**(A)** transversais que não se propagam no vazio.

**(B)** transversais que se propagam no vazio.

**(C)** longitudinais que se propagam no vazio.

**(D)** longitudinais que não se propagam no vazio.

**4.** O rádio do automóvel estava sintonizado para uma estação em frequência modulada (FM).

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.

## FIM

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas no teste (no enunciado, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado.

## GRUPO I

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 1. 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.



Figura 1

No caso de o diapasão ser igual ao que se utiliza na afinação dos instrumentos musicais, o tempo de uma vibração é igual a 1/440 do segundo.

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

**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.

**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.** O som emitido por um diapasão pode ser analisado se o sinal sonoro for convertido num sinal elétrico, que é registado num osciloscópio.

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

**3.2.** A Figura 2 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 $2{,}0\ \text{ms/div}$.

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

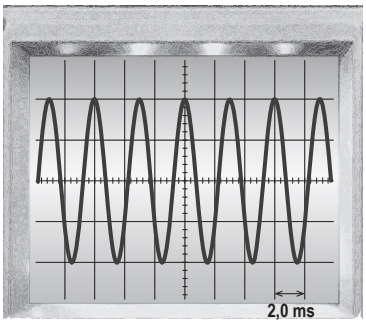



Figura 2

## GRUPO II

A Figura 3 (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.

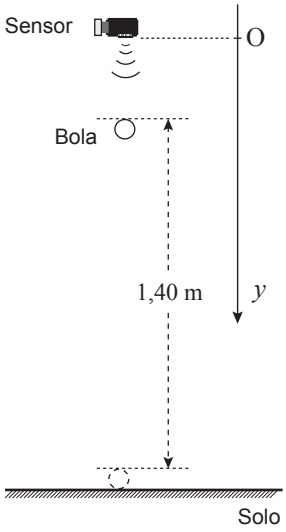



Figura 3

**1.** A bola foi abandonada, no instante $t = 0\,\text{s}$, da posição representada na figura, caindo $1{,}40\,\text{m}$ 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

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

**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 respetivas 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.

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

**(A)** $0{,}85\,\text{m}$

**(B)** $0{,}75\,\text{m}$

**(C)** $0{,}65\,\text{m}$

**(D)** $0{,}45\,\text{m}$

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

**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)** $\sqrt{0{,}80}\,v$

## GRUPO III

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

**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 $W_{\vec{F}_g} \neq 0$

**2.** Admita que a bola descreve cada uma das circunferências em $1{,}0\,\text{s}$.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO IV

O amoníaco obtém-se industrialmente através do processo de Haber-Bosch, fazendo reagir, em condições apropriadas, hidrogénio e nitrogénio gasosos.

A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por

$$3\,H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

**1.** Fazendo reagir $6$ moles de $H_2(g)$ com $3$ moles de $N_2(g)$, seria possível obter

**(A)** $4$ moles de $NH_3(g)$, sendo o $N_2(g)$ o reagente limitante.

**(B)** $4$ moles de $NH_3(g)$, sendo o $H_2(g)$ o reagente limitante.

**(C)** $6$ moles de $NH_3(g)$, sendo o $N_2(g)$ o reagente limitante.

**(D)** $6$ moles de $NH_3(g)$, sendo o $H_2(g)$ o reagente limitante.

**2.** Considere que a variação de energia associada à formação de $2$ moles de amoníaco, a partir da reação acima indicada, é $-92\,\text{kJ}$.

A formação de $12$ moles de amoníaco, a partir da mesma reação, envolverá

**(A)** a libertação de $(6 \times 92)\,\text{kJ}$.

**(B)** a absorção de $(6 \times 92)\,\text{kJ}$.

**(C)** a libertação de $(12 \times 92)\,\text{kJ}$.

**(D)** a absorção de $(12 \times 92)\,\text{kJ}$.

**3.** O amoníaco é um gás à pressão e à temperatura ambientes.

Considere que a densidade do $NH_3(g)$ 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 $NH_3(g)$, à pressão e à temperatura ambientes.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO V

O amoníaco é uma base fraca, cuja reação de ionização em água pode ser traduzida por

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

**1.** As soluções aquosas de amoníaco habitualmente utilizadas em laboratório são preparadas por diluição de soluções aquosas comerciais, muito concentradas.

Considere uma solução aquosa comercial de amoníaco, de concentração $13\,mol\,dm^{-3}$ e de densidade $0{,}91\,g\,cm^{-3}$, que é posteriormente diluída $500$ vezes.

**1.1.** Qual das expressões seguintes permite calcular a percentagem, em massa, de amoníaco $(M = 17{,}04\,g\,mol^{-1})$ na solução comercial?

**(A)** $\frac{13 \times 0{,}91}{17{,}04 \times 1000} \times 100$

**(B)** $\frac{13 \times 17{,}04}{0{,}91 \times 1000} \times 100$

**(C)** $\frac{0{,}91 \times 1000}{13 \times 17{,}04} \times 100$

**(D)** $\frac{17{,}04 \times 1000}{13 \times 0{,}91} \times 100$

**1.2.** Para preparar $1{,}0\,dm^3$ da solução de amoníaco mais diluída, o volume a utilizar da solução comercial será

**(A)** $500{,}0\,cm^3$

**(B)** $200{,}0\,cm^3$

**(C)** $5{,}0\,cm^3$

**(D)** $2{,}0\,cm^3$

**1.3.** A solução de amoníaco, obtida por diluição da solução comercial, tem um pH de 10,83, a 25 ºC.

Determine a concentração de amoníaco não ionizado na solução mais diluída.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Escreva a equação química que traduz a reação do ião $NH_4^+(aq)$ com a água.

Identifique, nessa reação, os pares conjugados ácido-base.

## GRUPO VI

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.

**1.** O que são, no contexto em causa, amostras padrão?

**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.

**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), $CuSO_4(aq)$, 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

$$Cu^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq) \rightleftharpoons Cu(OH)_2(s)$$

$$Cu(OH)_2(s) + 4\,NH_3(aq) \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

Interprete as reações químicas envolvidas no teste de identificação.

Comece por referir a principal fonte de iões $OH^-(aq)$ na solução a analisar, se esta contiver amoníaco.

## FIM

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado.

## GRUPO I

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

**1.** Identifique uma das «propriedades macroscópicas» a que o texto se refere.

**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.

**3.** A Figura 1 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.

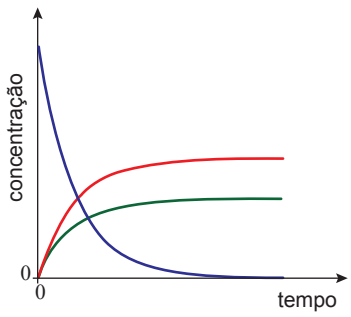



Figura 1

**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.

**5.** A Figura 2 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 $T$.

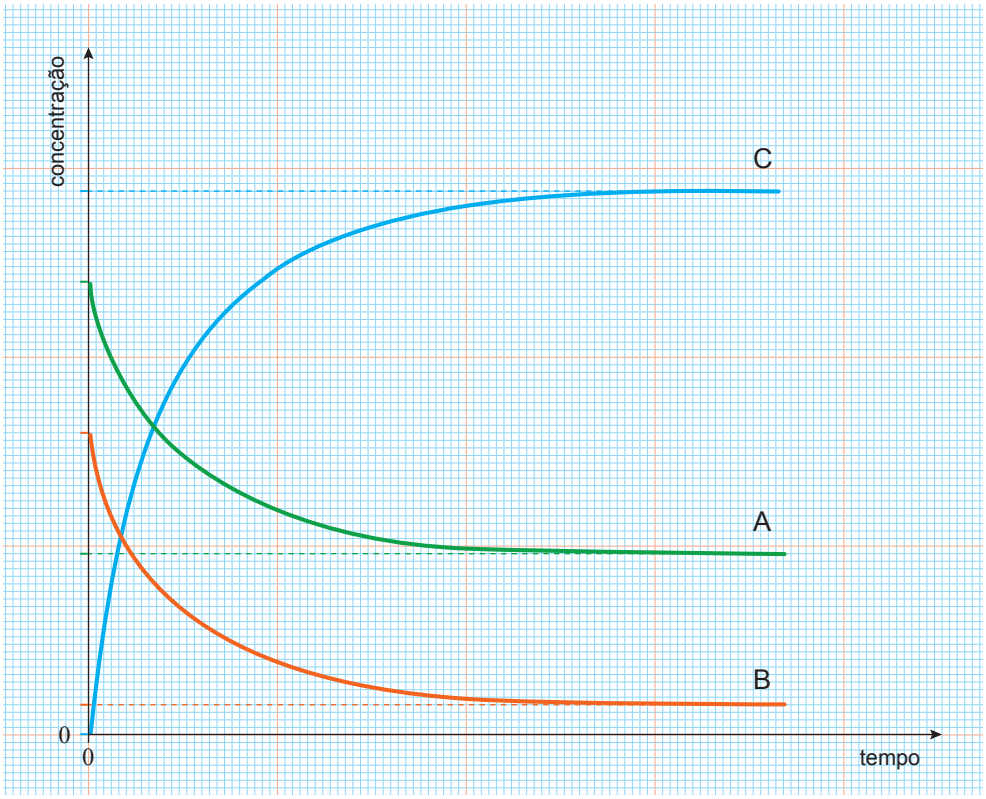



Figura 2

**5.1.** 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.

**5.2.** 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.

## GRUPO II

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

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

**1.2.** 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.

**1.3.** A lata continha $0{,}34\,\text{kg}$ de um refrigerante de capacidade térmica mássica $4{,}2 \times 10^3\,\text{J kg}^{-1}\,\text{ºC}^{-1}$. 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 $90\,\text{min}$ de exposição, a temperatura do refrigerante tinha aumentado $16{,}5\,\text{ºC}$.

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.

**2.** 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.

## GRUPO III

A Figura 3 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.

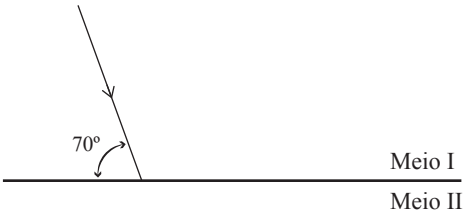



Figura 3

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

**(A)** 20º

**(B)** 40º

**(C)** 60º

**(D)** 70º

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

**2.1.** Comparando o módulo da velocidade de propagação dessa radiação nos meios I e II, respetivamente $v_{\mathrm{I}}$ e $v_{\mathrm{II}}$, e o seu comprimento de onda nos meios I e II, respetivamente $\lambda_{\mathrm{I}}$ e $\lambda_{\mathrm{II}}$, conclui-se que

**(A)** $v_{\mathrm{I}} = 2\,v_{\mathrm{II}}$ e $\lambda_{\mathrm{I}} = 2\,\lambda_{\mathrm{II}}$

**(B)** $v_{\mathrm{I}} = 2\,v_{\mathrm{II}}$ e $\lambda_{\mathrm{I}} = \frac{1}{2}\lambda_{\mathrm{II}}$

**(C)** $v_{\mathrm{I}} = \frac{1}{2}v_{\mathrm{II}}$ e $\lambda_{\mathrm{I}} = 2\,\lambda_{\mathrm{II}}$

**(D)** $v_{\mathrm{I}} = \frac{1}{2}v_{\mathrm{II}}$ e $\lambda_{\mathrm{I}} = \frac{1}{2}\lambda_{\mathrm{II}}$

**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)** 10º

**(B)** 28º

**(C)** 30º

**(D)** 40º

## GRUPO IV

**1.** O carbono é um elemento químico que entra na constituição de um grande número de compostos.

**1.1.** Quantos valores diferenciados de energia apresentam os eletrões de um átomo de carbono no estado fundamental?

**(A)** Seis.

**(B)** Quatro.

**(C)** Três.

**(D)** Dois.

**1.2.** Qual das configurações eletrónicas seguintes pode corresponder a um átomo de carbono num estado excitado?

**(A)** $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$

**(B)** $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

**(C)** $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^0\ 2p_z^1$

**(D)** $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^0\ 2p_y^0\ 2p_z^3$

**2.** O ião cianeto, $CN^-$, constituído pelos elementos químicos carbono e nitrogénio, é muito tóxico.

**2.1.** 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.

**2.2.** 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, $C \equiv N$ ou $N \equiv N$, apresentará maior energia de ligação.

**3.** O cianeto de hidrogénio, $HCN$, que tem um cheiro característico a amêndoa amarga, apresenta um ponto de ebulição de $26\,^{\circ}C$, à pressão de $1\,atm$.

**3.1.** Um teor de $HCN$, no ar, de $0{,}860\,ppm$ corresponde a um teor, expresso em percentagem em massa, de

**(A)** $8{,}60 \times 10^{-7}\,\%$

**(B)** $8{,}60 \times 10^{-5}\,\%$

**(C)** $8{,}60 \times 10^{-2}\,\%$

**(D)** $8{,}60 \times 10^{3}\,\%$

**3.2.** Considere que a densidade do $HCN(g)$ ($M = 27{,}03\,g\,mol^{-1}$), à pressão de $1\,atm$ e à temperatura de $30\,^{\circ}C$, é $1{,}086\,g\,dm^{-3}$.

Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade de $HCN(g)$ que existe numa amostra pura de $5{,}0\,dm^{3}$ desse gás, nas condições de pressão e de temperatura referidas?

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

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

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

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

## GRUPO V

O cianeto de hidrogénio dissolve-se em água, dando origem ao ácido cianídrico, $HCN(aq)$, um ácido monoprótico fraco, cuja constante de acidez é $4{,}9 \times 10^{-10}$, a 25 ºC.

A reação do ácido cianídrico com a água pode ser traduzida por

$$HCN(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CN^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

**1.** Escreva a equação química que traduz a reação do ião cianeto, $CN^-(aq)$, com a água.

Refira, justificando, se esse ião se comporta, nessa reação, como um ácido ou como uma base segundo Brönsted-Lowry.

**2.** O ácido nitroso, $HNO_2(aq)$, é outro ácido monoprótico fraco, cuja constante de acidez é $4{,}5 \times 10^{-4}$, a 25 ºC.

A reação do ácido nitroso com a água pode ser traduzida por

$$HNO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NO_2^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

**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.

**2.2.** Considere uma solução de ácido nitroso cujo pH, a 25 ºC, é 2,72.

Determine a concentração inicial de $HNO_2$ na solução, à mesma temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO VI

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, coincidente com o eixo $Oy$ de um referencial unidimensional.

A Figura 4 representa o gráfico da componente escalar, segundo o eixo $Oy$, da velocidade, $v_y$, do balão em função do tempo, $t$, no intervalo de tempo em que os dados foram registados.

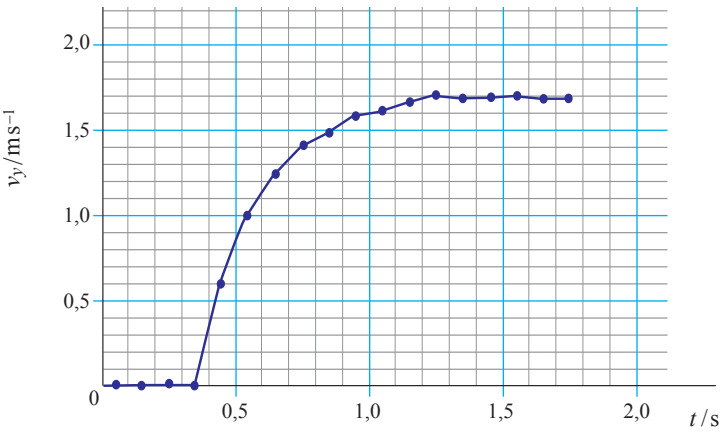



Figura 4

**1.** Considere o deslocamento do balão, de massa $4{,}8\,\text{g}$, no intervalo de tempo $[1{,}3\,;\,1{,}7]\,\text{s}$.

Determine o trabalho realizado pelo peso do balão nesse deslocamento.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** No intervalo de tempo $[0{,}4\,;\,1{,}7]\,\text{s}$, a energia mecânica do sistema *balão* + *Terra*

**(A)** diminuiu sempre.

**(B)** diminuiu e depois manteve-se constante.

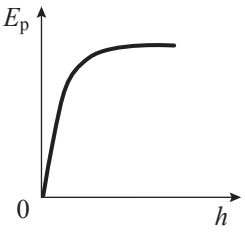
**(C)** aumentou sempre.

**(D)** aumentou e depois manteve-se constante.

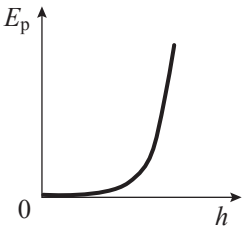
**3.** Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.

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?

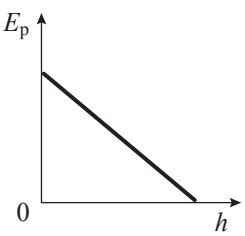
**(A)**



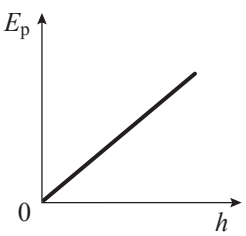

**(B)**




**(C)**




**(D)**



## GRUPO VII

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 5 (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.

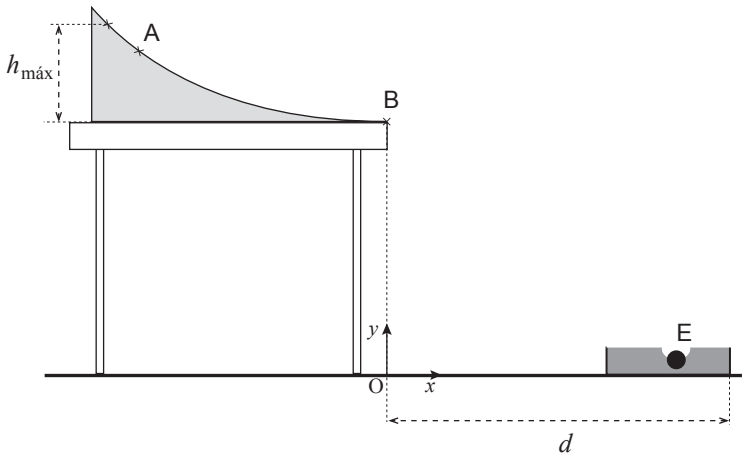



Figura 5

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

**1.** Num primeiro conjunto de ensaios, os alunos abandonaram a esfera, de diâmetro $27{,}0\,\text{mm}$, sempre da posição A sobre a calha. A tabela seguinte apresenta os tempos, $\Delta t$, 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.

**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 / $\mathrm{m\,s^{-1}}$** | **Alcance / $\mathrm{m}$** |
|---|---|
| 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.

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

**2.2.** Considere que a distância $d$ representada na Figura 5 é $1{,}10\,\mathrm{m}$.

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.

**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado.

## GRUPO I

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

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

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

**1.** Considere um local à superfície da Terra situado a $3{,}6 \times 10^4\,\text{km}$ 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)** $\dfrac{3{,}6 \times 10^4}{3{,}00 \times 10^8}$ s

**(B)** $\dfrac{3{,}6 \times 10^4 \times 10^3}{3{,}00 \times 10^8}$ s

**(C)** $\dfrac{3{,}00 \times 10^8}{3{,}6 \times 10^4}$ s

**(D)** $\dfrac{3{,}00 \times 10^8}{3{,}6 \times 10^4 \times 10^3}$ s

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

Apresente todas as etapas de resolução.

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

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

**3.** 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 geoestacionário, é $1{,}3 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$.

**3.1.** Para que a intensidade média da radiação solar incidente num painel colocado num satélite geoestacionário seja $1{,}3 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$, esse painel terá de estar orientado segundo um plano

**(A)** perpendicular à direção da radiação incidente, e poderá ter uma área diferente de $1\,\text{m}^2$.

**(B)** perpendicular à direção da radiação incidente, e terá que ter uma área de $1\,\text{m}^2$.

**(C)** paralelo à direção da radiação incidente, e terá que ter uma área de $1\,\text{m}^2$.

**(D)** paralelo à direção da radiação incidente, e poderá ter uma área diferente de $1\,\text{m}^2$.

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** As comunicações via satélite utilizam, geralmente, radiações na gama das micro-ondas.

Indique duas características dessas radiações que as tornam adequadas às comunicações via satélite.

## GRUPO II

Nos finais do século XVIII, elevaram-se na atmosfera os primeiros balões, do tipo representado na Figura 1. A história destes balões foi contada por Rómulo de Carvalho no livro *História dos Balões* (Atlântida, 1959).



Figura 1

**1.** Para fazer subir o primeiro balão, de volume aproximado $800\,\text{m}^3$, «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.

**1.1.** 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.

**1.2.** Considere que o ar contém cerca de $21\%$, em volume, de oxigénio e que $V_\text{m}$ 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 no balão?

**(A)** $\left(\dfrac{800\times10\times0{,}21}{V_\text{m}}\right)\text{mol}$

**(B)** $\left(\dfrac{800\times10}{0{,}21}\times V_\text{m}\right)\text{mol}$

**(C)** $\left(\dfrac{800\times10^3\times0{,}21}{V_\text{m}}\right)\text{mol}$

**(D)** $\left(\dfrac{800\times10^3}{0{,}21}\times V_\text{m}\right)\text{mol}$

**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 $1{,}32\times10^{-3}\,\text{atm}$ por cada $10\,\text{m}$ subidos.

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

**(A)** $1{,}0\times10^3\,\text{m}$

**(B)** $3{,}0\times10^3\,\text{m}$

**(C)** $4{,}5\times10^3\,\text{m}$

**(D)** $7{,}5\times10^3\,\text{m}$

**3.** A Figura 2 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.

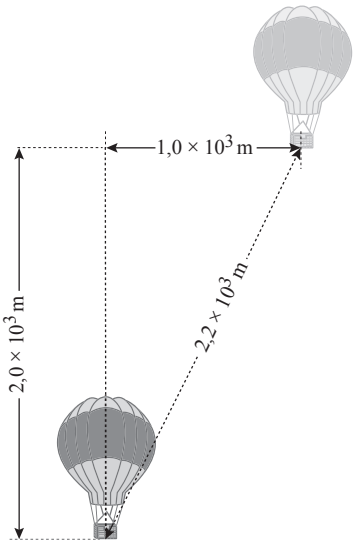



Figura 2

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

**(A)** $W_{\vec{F}_{\text{g}}} = -2{,}0 \times 10^3\, m\, g$

**(B)** $W_{\vec{F}_{\text{g}}} = -1{,}0 \times 10^3\, m\, g$

**(C)** $W_{\vec{F}_{\text{g}}} = -3{,}0 \times 10^3\, m\, g$

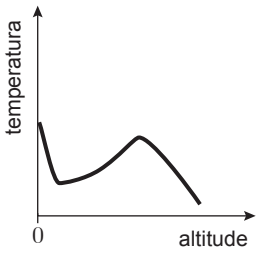
**(D)** $W_{\vec{F}_{\text{g}}} = -2{,}2 \times 10^3\, m\, g$

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

**(A)**




**(B)**




**(C)**




**(D)**

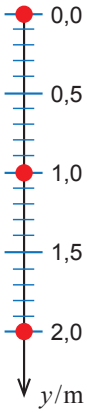


## GRUPO III

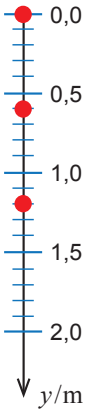
**1.** Considere uma bola que, tendo sido abandonada, no instante $t = 0{,}0\,\text{s}$, de uma determinada altura em relação ao solo, cai em queda livre.

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

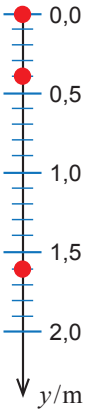
**(A)**




**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.** Considere agora uma bola, de massa $4{,}0\,\text{g}$, 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 $50{,}0\,\text{cm}$ com velocidade terminal.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** A Figura 3 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).

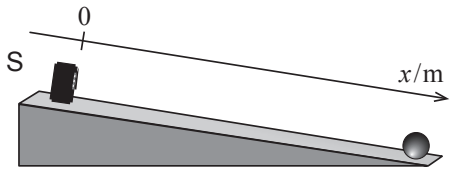
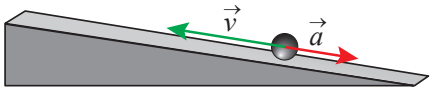


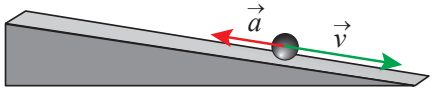

Figura 3

**3.1.** 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?

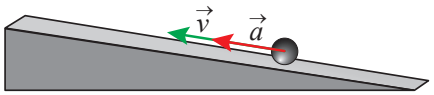
**(A)**



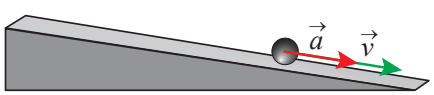

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**3.2.** 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.

**3.3.** 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

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

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

Utilize a calculadora gráfica.

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

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

## GRUPO IV

**1.** O trióxido de enxofre, $SO_3$, pode decompor-se, em fase gasosa, originando dióxido de enxofre, $SO_2$, e oxigénio, $O_2$. A reação pode ser traduzida por

$$2\ SO_3(g) \rightleftharpoons 2\ SO_2(g) + O_2(g)$$

**1.1.** Considere que num recipiente de $2{,}0\ dm^3$ se introduziram $4{,}0\ mol$ de $SO_3(g)$, à temperatura $T$.

Depois de o sistema químico atingir o equilíbrio, verificou-se que apenas $40\%$ da quantidade inicial de $SO_3(g)$ tinha reagido.

Determine a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação considerada, à temperatura $T$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.2.** A reação de decomposição do $SO_3(g)$ é uma reação endotérmica, em que o sistema químico absorve $9{,}82 \times 10^4$ J por cada mole de $SO_3$ que se decompõe.

A variação de energia, em joule (J), associada à decomposição de duas moles de $SO_3(g)$ será

**(A)** $-(9{,}82 \times 10^4 \times 2)$ J

**(B)** $+\left(\frac{9{,}82 \times 10^4}{2}\right)$ J

**(C)** $+(9{,}82 \times 10^4 \times 2)$ J

**(D)** $-\left(\frac{9{,}82 \times 10^4}{2}\right)$ J

**2.** Quantas vezes é que a densidade do $SO_3(g)$ é maior do que a densidade do $SO_2(g)$, nas mesmas condições de pressão e de temperatura?

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

**3.** O $SO_3(g)$ é usado na preparação do ácido sulfúrico comercial, por reação com vapor de água. A reação que ocorre pode ser traduzida por

$$SO_3(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons H_2SO_4(aq)$$

Considere que se obtém uma solução concentrada de ácido sulfúrico, de densidade $1{,}84\ g\ cm^{-3}$, 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.

## GRUPO V

**1.** 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.

**2.** Um dos eletrões de valência menos energéticos de um átomo de oxigénio, no estado fundamental, pode ser caracterizado pelo conjunto de números quânticos

**(A)** $\left(2, 1, 0, +\frac{1}{2}\right)$

**(B)** $\left(2, 0, 0, -\frac{1}{2}\right)$

**(C)** $\left(2, 1, 2, +\frac{1}{2}\right)$

**(D)** $\left(2, 0, 1, -\frac{1}{2}\right)$

**3.** 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)** $O^{2+}(g)$

**4.** O lítio é um elemento químico que, na tabela periódica, está situado no mesmo período do oxigénio, mas que pertence ao grupo 1.

Na Figura 4, está representado, a preto e branco, o espectro de emissão atómico do lítio, na região do visível.



Figura 4

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

## GRUPO VI

O nitrato de potássio, $KNO_3$, é um sal inorgânico muito solúvel em água.

O equilíbrio que se estabelece entre o sal sólido e os iões resultantes da dissolução do sal em água pode ser traduzido por

$$KNO_3(s) \rightleftharpoons K^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

**1.** Considere que se prepara uma solução aquosa de $KNO_3$ por dissolução do soluto sólido.

**1.1.** O intervalo de tempo necessário à dissolução completa do $KNO_3(s)$

**(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.

**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 $\text{mol dm}^{-3}$, à temperatura a que se encontra a solução.

Qual é a relação entre a solubilidade, $s$, e as concentrações dos iões $K^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$, também expressas em $\text{mol dm}^{-3}$, nessa solução?

**(A)** $s = \sqrt{[K^+]} = \sqrt{[NO_3^-]}$

**(B)** $s = [K^+]^2 = [NO_3^-]^2$

**(C)** $s = \dfrac{[K^+]}{2} = \dfrac{[NO_3^-]}{2}$

**(D)** $s = [K^+] = [NO_3^-]$

**2.** Na Figura 5, 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.

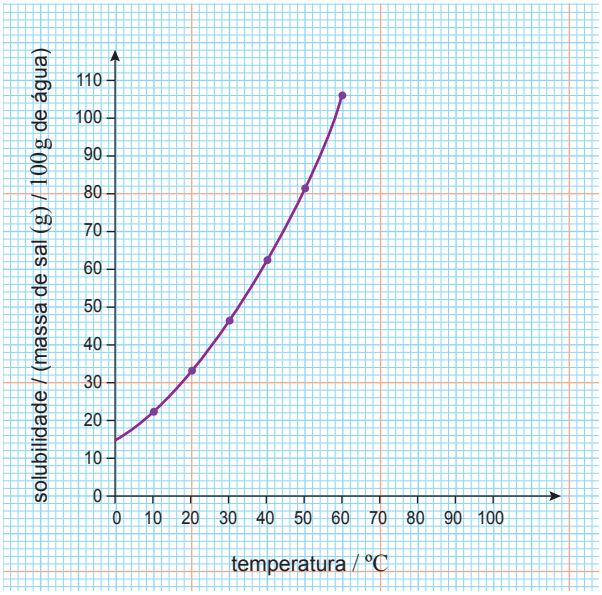



Figura 5

**2.1.** Que massa, em gramas $(g)$, de $KNO_3$ é possível dissolver em $50\,g$ de água à temperatura de $40\,ºC$?

**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 $30\,ºC$.

Determine o erro relativo, em percentagem, deste valor experimental.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.3.** Conclua, justificando, se a dissolução do $KNO_3(s)$ em água é um processo endotérmico ou um processo exotérmico.

**FIM**

Para responder aos itens de escolha múltipla, **selecione a única opção** (**A**, **B**, **C** ou **D**) que permite obter uma afirmação correta ou responder corretamente à questão colocada.

Se apresentar mais do que uma opção, a resposta será classificada com zero pontos, o mesmo acontecendo se a letra transcrita for ilegível.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado.

## GRUPO I

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)

**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 $d^2$.

**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.

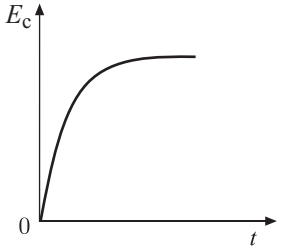
**3.** Conclua, justificando, se o trabalho realizado pelo peso de um fruto que cai da árvore para o solo depende da forma da trajetória descrita pelo fruto.

**4.** Considere um fruto que cai de uma árvore, abandonado de uma posição situada a $1{,}60\,\text{m}$ acima do solo.

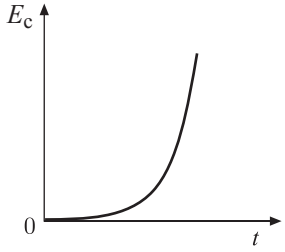
Admita que a resistência do ar é desprezável e que o fruto pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

**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?

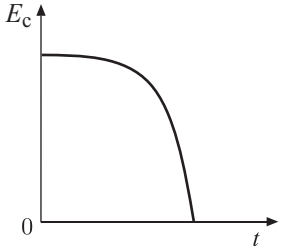
**(A)**



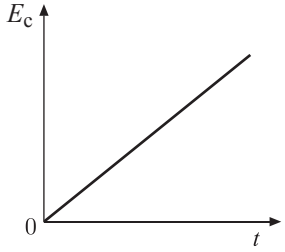

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**4.2.** Qual é o módulo da velocidade com que o fruto passa na posição situada a $0{,}70\,\text{m}$ 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)** $v = 2{,}6\ \text{m s}^{-1}$

**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.

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

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

## GRUPO II

O planeta Terra é um sistema que recebe energia quase exclusivamente do Sol. Dessa energia, recebida sob a forma de radiação, cerca de $50\%$ é absorvida pela superfície da Terra, cerca de $20\%$ é absorvida pela sua atmosfera e cerca de $30\%$ é refletida para o espaço.

**1.** O albedo médio da Terra é, assim, cerca de

**(A)** $70\%$

**(B)** $50\%$

**(C)** $30\%$

**(D)** $20\%$

**2.** 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?

**3.** 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.

## GRUPO III

**1.** O metano, $CH_4$, principal constituinte do gás natural, é um combustível muito usado.

**1.1.** Represente a molécula de metano, utilizando a notação de Lewis. Refira o número total de eletrões de valência ligantes dessa molécula.

**1.2.** A combustão completa do metano pode ser representada por

$$CH_4(g) + 2\,O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O(g) \qquad \Delta H = -802\ \text{kJ mol}^{-1}$$

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.

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

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

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.

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

| $E$ / J | $\Delta\theta$ / ºC |
|---|---|
| $8{,}0 \times 10^2$ | 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.

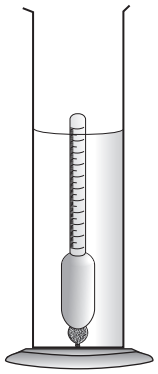
## GRUPO IV

O vinho é uma mistura líquida essencialmente constituída por água e etanol, embora nela existam também outras substâncias dissolvidas. A oxidação do etanol pode dar origem à formação do ácido acético, um dos constituintes dos vinagres.

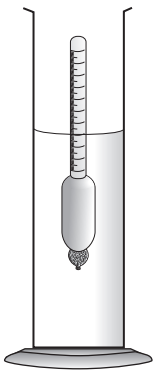
**1.** Pretende-se medir a densidade (ou massa volúmica) de um vinho, utilizando um densímetro.

Em qual dos esquemas seguintes se encontra corretamente representada a posição do densímetro quando se pretende efetuar aquela medição?

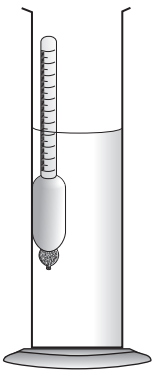
**(A)**



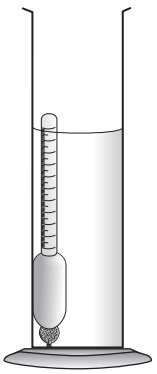
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**2.** O grau de acidez de um vinagre é expresso em termos da massa de ácido acético, $CH_3COOH$ ($M = 60{,}06\ g\ mol^{-1}$), 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 $500{,}0\ cm^3$ de solução diluída.

Determine a quantidade de ácido acético dissolvida na solução diluída de vinagre.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** O ácido acético é um ácido monoprótico fraco, cuja reação de ionização em água pode ser traduzida por

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

Considere uma solução $0{,}0200\ mol\ dm^{-3}$ de ácido acético, $CH_3COOH(aq)$, cujo pH, a $25\ ºC$, é $3{,}23$.

Determine a percentagem de ácido acético não ionizado na solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO V

Na titulação de uma solução de ácido acético, $CH_3COOH(aq)$, com uma solução de hidróxido de sódio, $NaOH(aq)$, uma base forte, a reação que ocorre pode ser traduzida por

$$CH_3COOH(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaCH_3COO(aq) + H_2O(l)$$

**1.** Considere que o volume de solução de ácido acético a titular é $25{,}0\,cm^3$ e que se adicionou $50{,}0\,cm^3$ de $NaOH(aq)$ de concentração $0{,}100\,mol\,dm^{-3}$ 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.

**2.** Na Figura 1, 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).

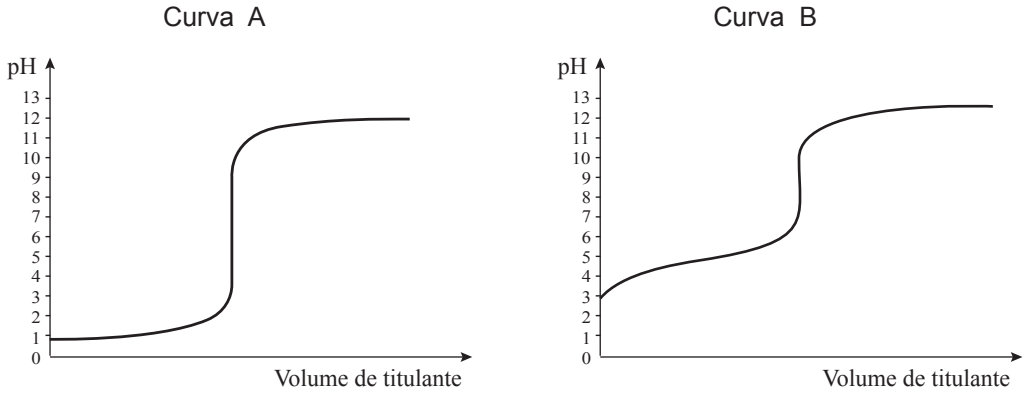



Figura 1

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.

## GRUPO VI

**1.** Considere a reação química, em fase gasosa, traduzida por

$$2\ NO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2\ NOCl(g)$$

Preveja, justificando, como variará a concentração de $Cl_2(g)$ se ocorrer um aumento de pressão, por diminuição do volume, no sistema químico, inicialmente em equilíbrio, à temperatura $T$.

**2.** A molécula de $Cl_2$ é constituída por átomos de cloro.

**2.1.** Num átomo de cloro, no estado fundamental, o número de orbitais ocupadas é

**(A)** 3

**(B)** 5

**(C)** 8

**(D)** 9

**2.2.** Um dos eletrões de valência menos energéticos de um átomo de cloro, no estado fundamental, pode ser caracterizado pelo conjunto de números quânticos

**(A)** $\left(3, 1, 0, -\frac{1}{2}\right)$

**(B)** $\left(3, 1, 1, +\frac{1}{2}\right)$

**(C)** $\left(3, 0, 0, -\frac{1}{2}\right)$

**(D)** $\left(3, 0, 1, +\frac{1}{2}\right)$

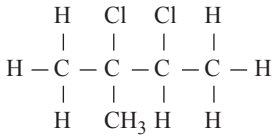
**2.3.** Os átomos de cloro são agentes destruidores da camada de ozono estratosférico.

Um mecanismo reacional que traduz a destruição do ozono pode ser representado pelas seguintes equações:

$$Cl + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$$
$$ClO + O \longrightarrow Cl + O_2$$

Escreva a equação que corresponde à soma destas duas equações.

**2.4.** Os átomos de cloro podem substituir átomos de hidrogénio nas moléculas dos alcanos, como na molécula a seguir representada.



Qual é o nome do composto acima representado, de acordo com a nomenclatura IUPAC?

**(A)** 2,3-dicloro-2-metilbutano

**(B)** 2-cloro-2-metil-3-clorobutano

**(C)** 2,3-dicloro-3-metilbutano

**(D)** 2-cloro-3,3-clorometilbutano

## GRUPO VII

**1.** Na Figura 2, 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.

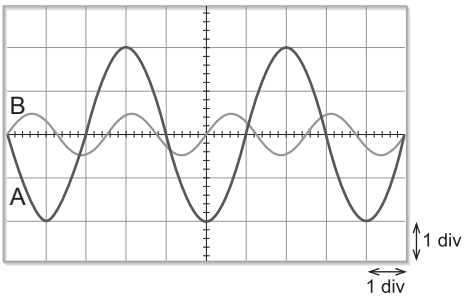



Figura 2

**1.1.** 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.

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

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

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

**2.** Os microfones de indução permitem converter sinais sonoros em sinais elétricos. Neste tipo de microfones, a vibração da membrana provoca a oscilação de uma bobina imersa num campo magnético.

Quanto mais rapidamente se movimentar a bobina, maior será

**(A)** o fluxo magnético através da bobina e menor será a força eletromotriz induzida na bobina.

**(B)** a taxa de variação temporal do fluxo magnético através da bobina e menor será a força eletromotriz induzida na bobina.

**(C)** o fluxo magnético através da bobina e maior será a força eletromotriz induzida na bobina.

**(D)** a taxa de variação temporal do fluxo magnético através da bobina e maior será a força eletromotriz induzida na bobina.

**3.** Um campo magnético pode ser criado por um íman, como o representado na Figura 3.

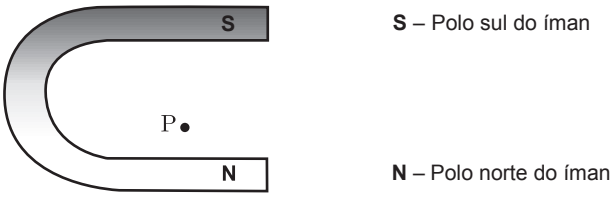
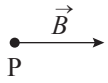


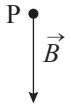

Figura 3

Qual dos seguintes vetores pode representar o campo magnético criado no ponto P pelo íman representado na figura?

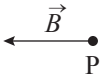
**(A)**



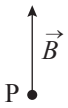

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**FIM**

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta.

Nas respostas aos itens de resposta restrita que envolvam a realização de cálculos, apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados e apresentando todas as justificações e/ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas no teste (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

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 ºC, 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 ºC até 100 ºC, 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)

**1.** Indique, com dois algarismos significativos, o calor (ou variação de entalpia) de vaporização da água, a partir da informação dada no texto.

**2.** Utilizou-se uma resistência de aquecimento, com uma potência de $250\,\text{W}$, para aquecer uma amostra de água de massa $500\,\text{g}$, inicialmente a $20\ ^\text{o}\text{C}$. Verificou-se que, ao fim de $5{,}0\,\text{min}$ de aquecimento, a temperatura da amostra era $41\ ^\text{o}\text{C}$.

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.

**3.** A densidade do vapor de água, à temperatura de $100\ ^\text{o}\text{C}$ e à pressão de $1\ \text{atm}$, é $0{,}590\ \text{g dm}^{-3}$.

Determine o volume ocupado por $3{,}01 \times 10^{24}$ moléculas de $\text{H}_2\text{O}$, contidas numa amostra pura de vapor de água, nas condições de pressão e de temperatura referidas.

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** Qual é a geometria da molécula de água?

**5.** 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.

## GRUPO II

A Figura 1 (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).

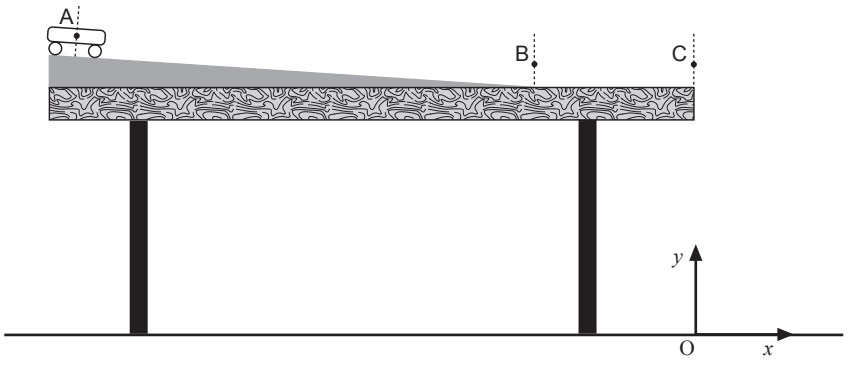



Figura 1

**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

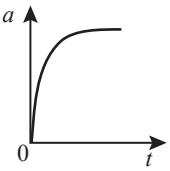
**(D)** nulo … positiva

**2.** Explique porque é que a resultante das forças que atuam no carrinho não é nula no percurso AB.

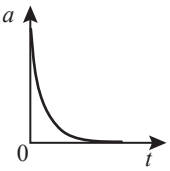
Comece por identificar as forças que atuam no carrinho nesse percurso.

**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?

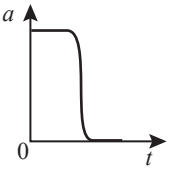
**(A)**



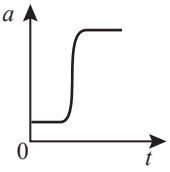

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**4.** Na ausência de um anteparo, o carrinho pode cair ao chegar à posição C, situada a $80\,\text{cm}$ 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 $30\,\text{cm}$ do solo.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**5.** A mesa usada na experiência 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.

## GRUPO III

A Figura 2 ilustra uma experiência habitualmente realizada no estudo da Lei de Faraday. 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.

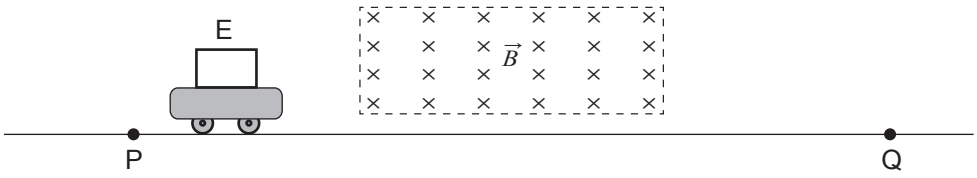
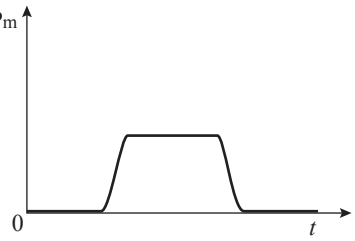


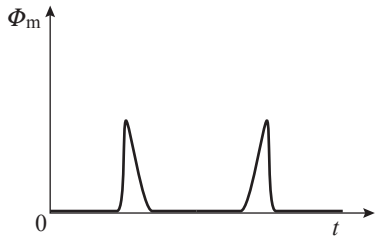

Figura 2

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

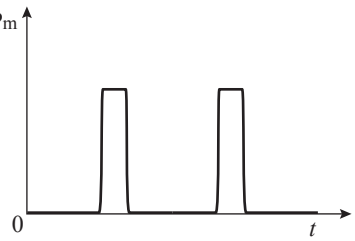
**(A)**



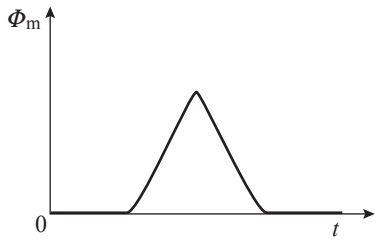

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**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.

## GRUPO IV

**1.** Na Figura 3, 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.

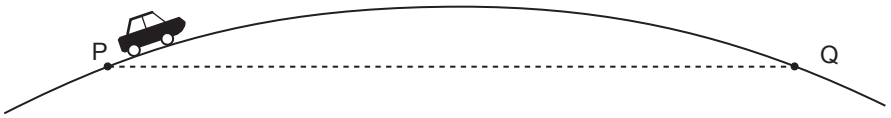
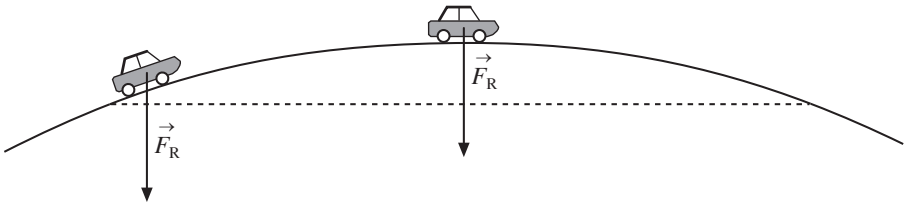


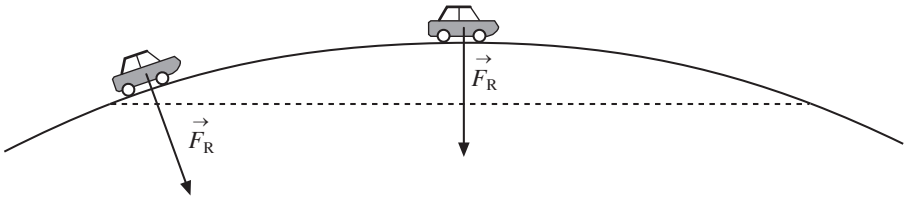

Figura 3

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

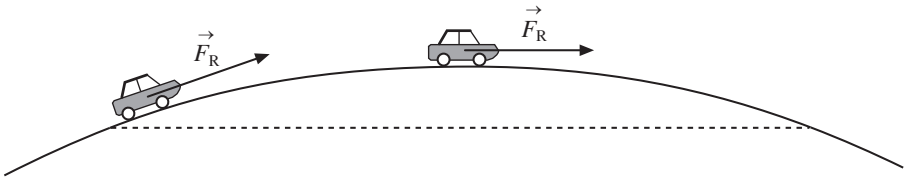
**(A)**



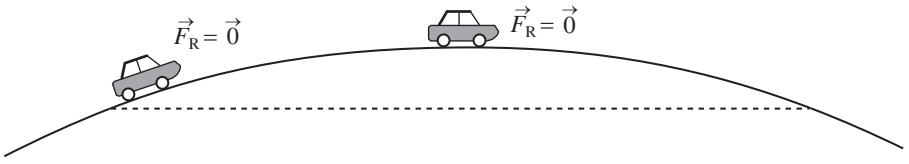

**(B)**




**(C)**




**(D)**



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

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

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

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

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

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

**1.3.** Justifique a afirmação seguinte.

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

**1.4.** 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, $E_{\text{c,camião}}$, com a energia cinética do automóvel, $E_{\text{c,automóvel}}$, enquanto se deslocam sobre a ponte?

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

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

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

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

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

Calcule o módulo da velocidade que o automóvel pode atingir $10\,\text{s}$ 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 cv = 750 W**

## GRUPO V

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 $345\,\mathrm{m\,s^{-1}}$.

**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.

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

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

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

**(A)** $7{,}5\%$

**(B)** $8{,}2\%$

**(C)** $26\%$

**(D)** $92\%$

**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.

## FIM

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

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 1: 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.

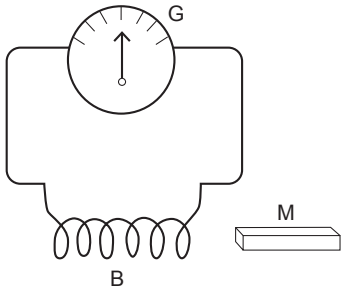



Figura 1

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

**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.

**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.

**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.

**4.** Qual é o nome da unidade do Sistema Internacional em que se exprime a força eletromotriz?

## GRUPO II

O alumínio é um metal que tem diversas aplicações tecnológicas.

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

| | |
|---|---|
| Ponto de fusão / °C | 660 |
| Capacidade térmica mássica (a 25 °C) / J $kg^{-1}$ $°C^{-1}$ | 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 $25{,}0\,°C$, é aquecida.

**1.** Que energia é necessário fornecer à barra, para que a sua temperatura aumente de $25{,}0\,°C$ para $27{,}0\,°C$?

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

**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.

**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.

## GRUPO III

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.

**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.

**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, $h_{\text{queda}}$:

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

**2.1.** Na tabela seguinte, estão registadas as alturas máximas atingidas, em sucessivos ressaltos, por uma bola que foi inicialmente abandonada a $1{,}20\,\text{m}$ 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, $h_{\text{queda}}$, 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.

**2.2.** Os alunos determinaram um coeficiente de restituição de $0{,}76$ na colisão de uma bola $\text{X}$ com o solo e um coeficiente de restituição de $0{,}65$ na colisão de uma bola $\text{Y}$ com o solo.

Estes resultados permitem concluir que, em cada ressalto,

**(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*.

## GRUPO IV

**1.** A Figura 2 (que não está à escala) representa uma criança a descer um escorrega cuja secção inclinada tem um comprimento de $4{,}0\ \text{m}$.

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).

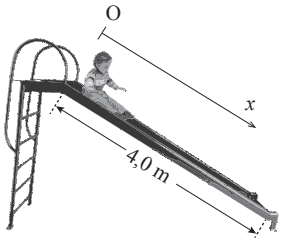



Figura 2

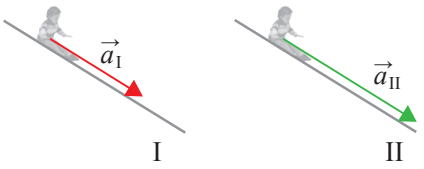
**1.1.** Considere duas situações distintas:

- 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.

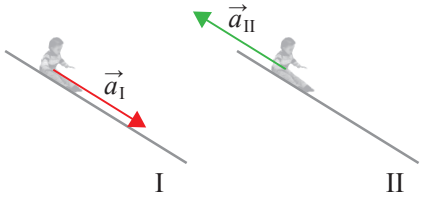
Nos esquemas seguintes, o vetor $\vec{a}_{\text{I}}$ representa a aceleração da criança na situação I.

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

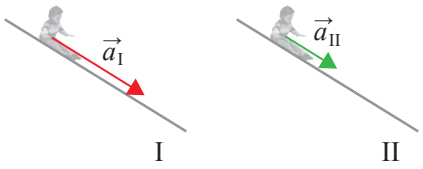
**(A)**



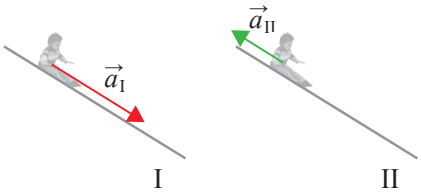

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**1.2.** Considere que a criança, de massa $30\ \text{kg}$, demora $2{,}1\ \text{s}$ 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.

**2.** Na Figura 3, está representado um carrossel. Quando o carrossel está em movimento, cada um dos cavalinhos move-se com movimento circular uniforme.

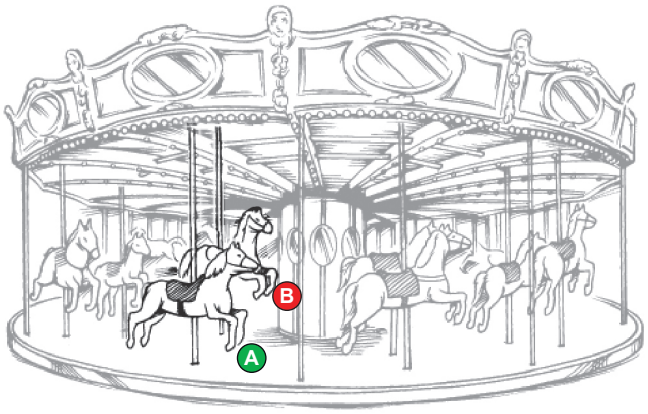



Figura 3

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

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

**2.2.** 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.

## GRUPO V

**1.** Considere a configuração eletrónica do átomo de nitrogénio no estado fundamental.

**1.1.** Quantos valores diferenciados de energia apresentam os eletrões desse átomo?

**(A)** Sete. **(B)** Cinco. **(C)** Três. **(D)** Dois.

**1.2.** Quantos eletrões se encontram em orbitais caracterizadas pelo número quântico secundário $l = 0$, nesse átomo?

**(A)** Dois. **(B)** Três. **(C)** Quatro. **(D)** Cinco.

**2.** 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 | $-1{,}40 \times 10^{-19}$ |

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

**2.2.** 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.

**2.3.** 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

## GRUPO VI

A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \qquad \Delta H = -92\ \text{kJ mol}^{-1}$$

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 4 representa a evolução, ao longo do tempo, $t$, das concentrações, $c$, dessas substâncias, à temperatura $T$.

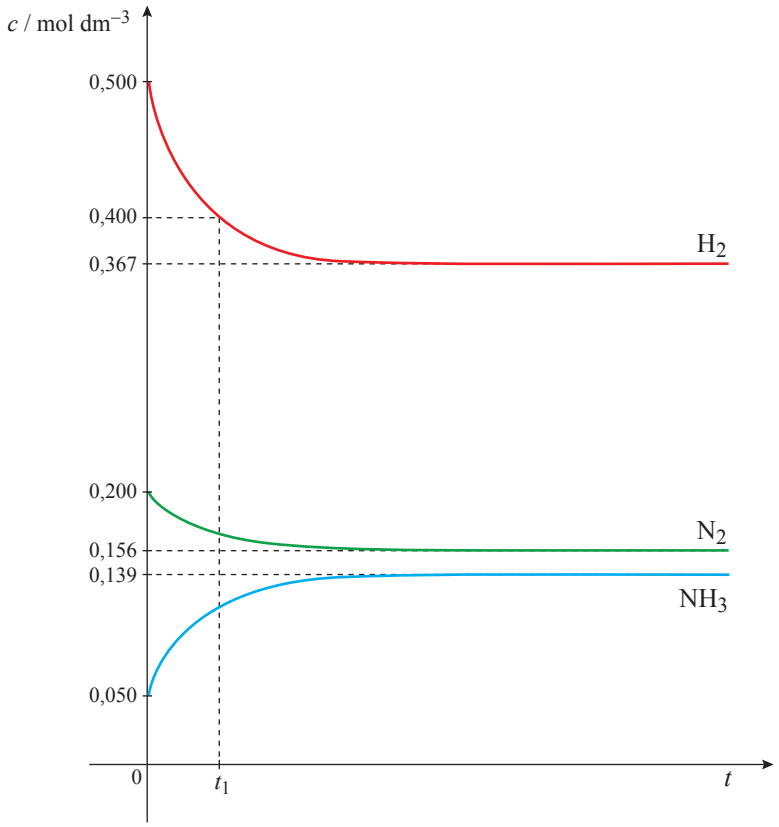



Figura 4

**1.** Qual foi a variação da concentração de $H_2(g)$ no intervalo de tempo $[0, t_1]$?

**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)** $2{,}1 \times 10^{-1}$

**3.** Calcule o rendimento da reação de síntese do $NH_3(g)$, nas condições consideradas.

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** Na reação de síntese do $NH_3(g)$ considerada

**(A)** libertam-se $92$ kJ por cada mole de $NH_3(g)$ que se forma.

**(B)** libertam-se $92$ kJ por cada duas moles de $NH_3(g)$ que se formam.

**(C)** são absorvidos $92$ kJ por cada mole de $NH_3(g)$ que se forma.

**(D)** são absorvidos $92$ kJ por cada duas moles de $NH_3(g)$ que se formam.

**5.** Preveja, justificando, como variará a composição da mistura reacional se ocorrer um aumento da temperatura do sistema em equilíbrio.

**6.** A representação da molécula de $NH_3$ através da notação de Lewis evidencia

**(A)** a geometria da molécula.

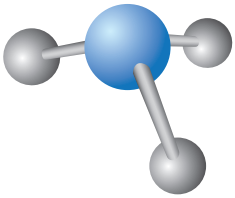
**(B)** apenas os eletrões de valência partilhados da molécula.

**(C)** a orientação espacial da molécula.

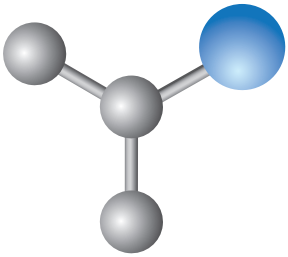
**(D)** todos os eletrões de valência da molécula.

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

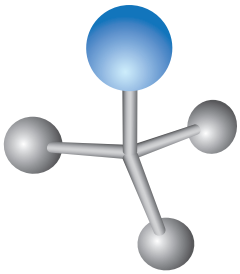
**(A)**



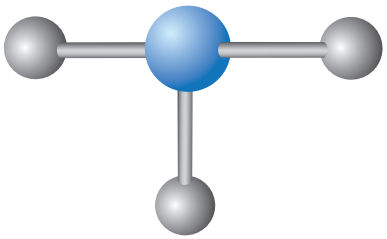
**(B)**



**(C)**



**(D)**



## GRUPO VII

A ionização do amoníaco em água pode ser traduzida por

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons OH^-(aq) + NH_4^+(aq)$$

**1.** Considere uma solução aquosa de amoníaco, de concentração $0{,}10\,mol\,dm^{-3}$, cujo pH, a $25\,^oC$, é $11{,}1$.

**1.1.** Verifique que a ordem de grandeza da constante de basicidade do $NH_3(aq)$, à mesma temperatura, é $10^{-5}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.2.** Retiraram-se $50{,}0\,cm^3$ da solução aquosa de amoníaco referida e transferiu-se esse volume de solução para um balão volumétrico de $250{,}0\,mL$, adicionando-se, em seguida, água destilada até ao traço de referência do balão.

A concentração da solução de amoníaco obtida será

**(A)** $2{,}0 \times 10^{-2}\,mol\,dm^{-3}$

**(B)** $2{,}5 \times 10^{-2}\,mol\,dm^{-3}$

**(C)** $4{,}0 \times 10^{-2}\,mol\,dm^{-3}$

**(D)** $5{,}0 \times 10^{-2}\,mol\,dm^{-3}$

**2.** Escreva a equação que traduz a reação da espécie $NH_4^+$ com a água.

**FIM**

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

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 fantasticamente 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)

**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?

**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.

**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.

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

## GRUPO II

**1.** A Figura 1 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).

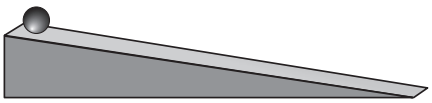


Figura 1

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.

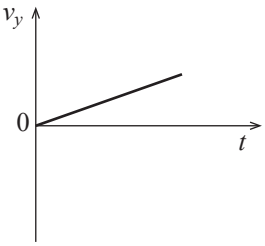
**2.** Numa outra situação, uma bola é abandonada de uma certa altura em relação ao solo, caindo verticalmente em condições nas quais a resistência do ar pode ser considerada desprezável.

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

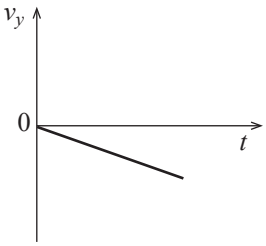
**2.1.** Considere um referencial unidimensional $Oy$, vertical, com origem no solo e sentido positivo de baixo para cima.

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?

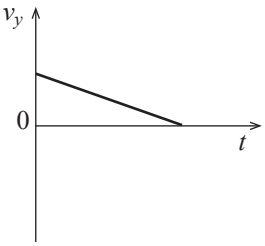
**(A)**



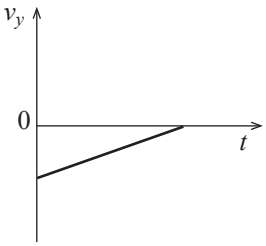

**(B)**




**(C)**




**(D)**

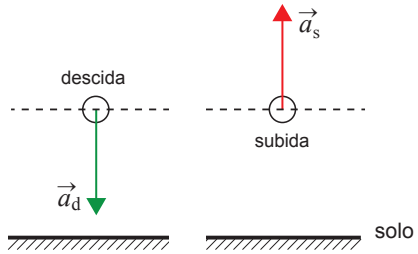



**2.2.** A bola cai e ressalta no solo.

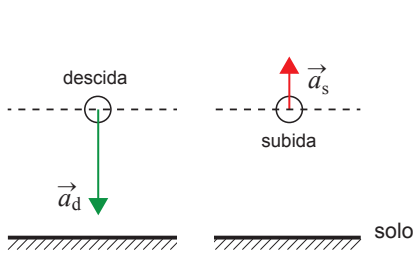
Nos esquemas seguintes, o vetor $\vec{a}_d$ representa a aceleração da bola num ponto da descida situado a uma determinada altura em relação ao solo.

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

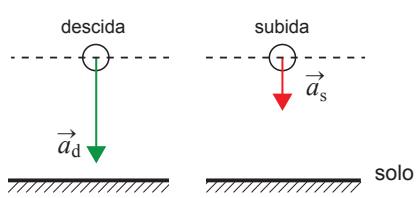
**(A)**



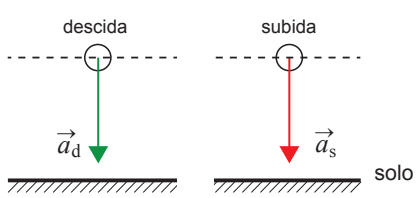

**(B)**




**(C)**




**(D)**



# GRUPO III

Com o objetivo de estabelecer o balanço energético de um sistema *gelo* + *água líquida*, um grupo de alunos realizou uma experiência, na qual adicionou $30{,}0\,\text{g}$ de gelo fragmentado, à temperatura de $0{,}0\,^{\circ}\text{C}$, a $260{,}0\,\text{g}$ de água líquida, a $20{,}0\,^{\circ}\text{C}$.

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

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

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

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

**2.** Qual das expressões seguintes permite calcular a energia, em joules $(\text{J})$, necessária para fundir completamente o gelo?

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

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

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

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

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

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

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

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

## GRUPO IV

A medição do índice de refração de soluções aquosas pode ser usada na determinação da concentração do soluto. Esta técnica de análise quantitativa requer o traçado de curvas de calibração, que relacionam os índices de refração, $n$, de soluções desse soluto com as respetivas concentrações, $c$.

A Figura 2 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 $20\ ºC$.

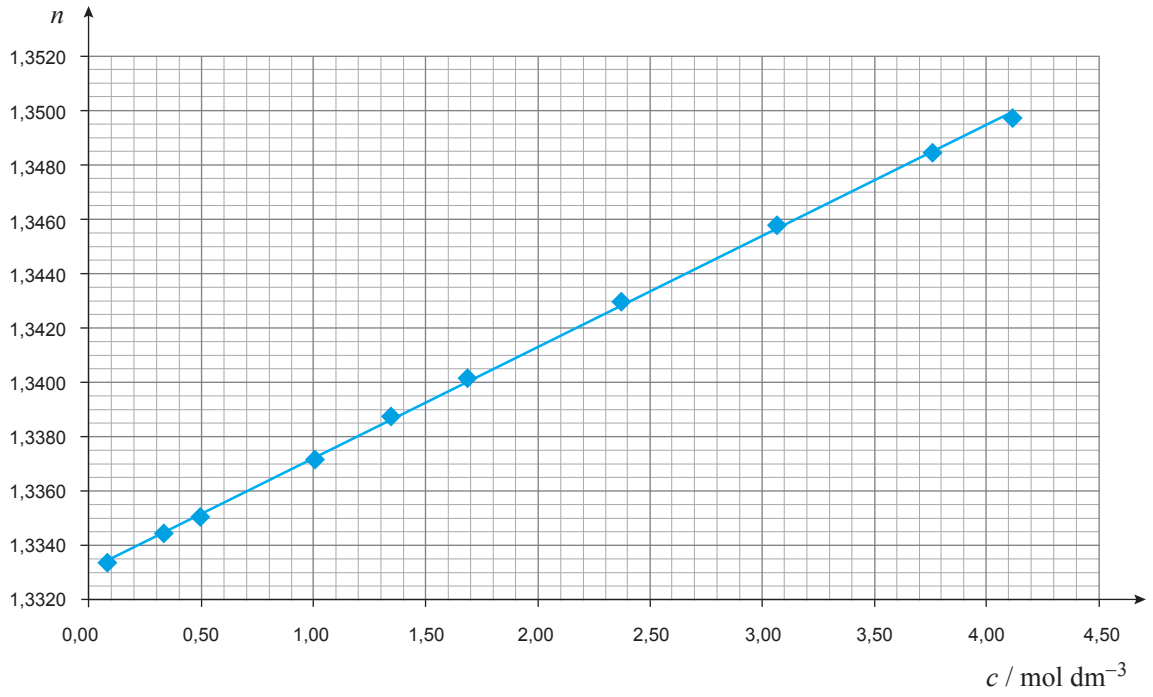



Figura 2

**1.** Das várias soluções aquosas de ácido acético a partir das quais se obteve a curva de calibração representada na Figura 2, considere as soluções de concentração $0{,}50\ \text{mol dm}^{-3}$ e $1{,}34\ \text{mol dm}^{-3}$.

Sobre cada uma dessas soluções, a $20\ ºC$, 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.

**2.** A Figura 3 representa uma tina contendo uma solução aquosa de ácido acético de concentração $1{,}20\ \text{mol dm}^{-3}$, à temperatura de $20\ ^{\circ}\text{C}$, sobre a qual incide um feixe, muito fino, da radiação monocromática referida, segundo a direção representada.

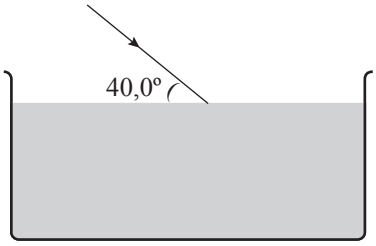



Figura 3

Determine o ângulo de refração que se deverá observar.

Apresente todas as etapas de resolução.

**$n_{ar}$ (índice de refração do ar) = 1,000**

**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.

**4.** As soluções aquosas de ácido acético a partir das quais se obteve a curva de calibração representada na Figura 2 foram preparadas a partir de uma solução inicial de concentração $4{,}50\ \text{mol dm}^{-3}$.

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

**5.** 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 $20\ ^{\circ}\text{C}$.

Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade de ácido acético que existe em $100\ \text{g}$ da solução?

**(A)** $\left(\frac{0{,}50 \times 100}{1{,}0025 \times 10^{3}}\right)\text{mol}$

**(B)** $\left(\frac{100}{0{,}50 \times 1{,}0025 \times 10^{3}}\right)\text{mol}$

**(C)** $\left(\frac{1{,}0025 \times 10^{3}}{0{,}50 \times 100}\right)\text{mol}$

**(D)** $\left(\frac{0{,}50 \times 1{,}0025 \times 10^{3}}{100}\right)\text{mol}$

## GRUPO V

O ácido acético, $CH_3COOH(aq)$, é um ácido monoprótico fraco, cuja ionização em água pode ser traduzida por

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

**1.** Nesta reação, podem ser identificados dois pares conjugados de ácido-base, segundo a teoria de Brönsted-Lowry.

O que é uma base conjugada de um ácido de Brönsted-Lowry?

**2.** Considere uma solução aquosa de ácido acético de concentração $0{,}100\ mol\ dm^{-3}$, à qual foi sendo adicionada uma solução aquosa de hidróxido de sódio, $NaOH(aq)$.

A tabela seguinte apresenta os valores de pH, a 25 ºC, da solução inicial e das soluções resultantes das adições efetuadas, em função do volume total de $NaOH(aq)$ adicionado.

| Volume total de NaOH(aq) / $cm^3$ | pH |
|---|---|
| 0,00 | 2,88 |
| 10,00 | 4,16 |
| 25,00 | 4,76 |
| 40,00 | 5,36 |
| 50,00 | 8,73 |

**2.1.** Determine a percentagem de ácido acético não ionizado na solução inicial.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** Quando o volume total de $NaOH(aq)$ adicionado é $40{,}00\ cm^3$, verifica-se que a concentração hidrogeniónica, em relação ao valor inicial, diminui cerca de

**(A)** duas vezes.

**(B)** três vezes.

**(C)** trezentas vezes.

**(D)** mil vezes.

**2.3.** O ácido acético é um ácido fraco e, assim, a sua ionização em água ocorrerá em pequena extensão.

Conclua, justificando com base no Princípio de Le Châtelier, se a ionização deste ácido em água é favorecida pela adição de $NaOH(aq)$.

## GRUPO VI

**1.** 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

$$5\,CH_3CHO(l) + 2\,MnO_4^-(aq) + 6\,H_3O^+(aq) \longrightarrow 5\,CH_3COOH(aq) + 2\,Mn^{2+}(aq) + 9\,H_2O(l)$$

**1.1.** Na reação considerada, o número de oxidação do manganês ($Mn$)

**(A)** aumenta, atuando o ião permanganato ($MnO_4^-$) como redutor.

**(B)** aumenta, atuando o ião permanganato ($MnO_4^-$) como oxidante.

**(C)** diminui, atuando o ião permanganato ($MnO_4^-$) como redutor.

**(D)** diminui, atuando o ião permanganato ($MnO_4^-$) como oxidante.

**1.2.** 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)** $\left(\frac{0{,}64 \times 44{,}06 \times 10^3}{60{,}06}\right)\text{g}$

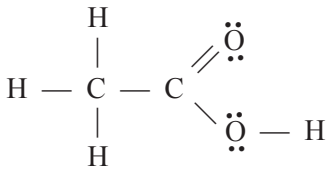
**(D)** $\left(\frac{64 \times 44{,}06 \times 10^3}{60{,}06}\right)\text{g}$

**1.3.** 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, $15\,\text{g}$ de $CH_3COOH$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** A molécula de $CH_3COOH$ pode ser representada através da notação de Lewis por



A molécula de $CH_3COOH$ apresenta, no total,

**(A)** $24$ eletrões de valência.

**(B)** $16$ eletrões de valência.

**(C)** $12$ eletrões de valência.

**(D)** $8$ eletrões de valência.

**3.** Quantos átomos de hidrogénio existem em $5{,}0$ moles de moléculas de ácido acético, $CH_3COOH$?

**(A)** $2{,}4 \times 10^{25}$

**(B)** $3{,}0 \times 10^{24}$

**(C)** $2{,}4 \times 10^{24}$

**(D)** $1{,}2 \times 10^{25}$

# GRUPO VII

**1.** «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

**1.1.** O que se designa por estado fundamental de um átomo?

**1.2.** 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.

**1.3.** Considere um átomo do elemento cujo número atómico é $8$.

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

**(A)** $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^3\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

**(B)** $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^2\ 2p_y^2\ 2p_z^1$

**(C)** $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^2\ 2p_z^1$

**(D)** $1s^1\ 2s^3\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

**2.** «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

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

**3.** Explique porque é que a energia de ionização dos átomos dos elementos representativos da tabela periódica diminui ao longo de um mesmo grupo (à medida que o número atómico aumenta).

## FIM

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

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)

**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, $Ca(OH)_2$.

**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.

**1.2.** Preveja, justificando, se o $pH$ da água do mar utilizada no tratamento de uma amostra de óxido de cálcio, $CaO(s)$, aumenta, diminui ou se mantém constante.

**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, $Mg(OH)_2$.

**2.1.** A precipitação do hidróxido de magnésio ($M = 58{,}33\ g\ mol^{-1}$) pode ser traduzida por

$$Mg^{2+}(aq)\ +\ 2\ OH^{-}(aq)\ \longrightarrow\ Mg(OH)_2\ (s)$$

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)** $1{,}0 \times 10^3\ kg$

**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 $25\ ºC$.

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 $Ca(OH)_2$.

**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

$$Mg(OH)_2(s)\ +\ 2\ HCl(aq)\ \longrightarrow\ MgCl_2(aq)\ +\ 2\ H_2O(l)$$

**3.1.** Considere que se utiliza uma solução de ácido clorídrico, de densidade $1{,}15\ g\ cm^{-3}$, 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)** $(1{,}15 \times 500 \times 0{,}30)\ g$

**(B)** $\left(\dfrac{1{,}15 \times 0{,}30}{0{,}500}\right) g$

**(C)** $\left(\dfrac{1{,}15 \times 500}{0{,}30}\right) g$

**(D)** $(1{,}15 \times 0{,}500 \times 0{,}30)\ g$

**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 $100\%$.

**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 $MgCl_2$ ($M = 95{,}21\ g\ mol^{-1}$).

Apresente todas as etapas de resolução.

**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.

## GRUPO II

Numa atividade laboratorial, um grupo de alunos preparou, com rigor, $100{,}00\ cm^3$ de uma solução aquosa de sulfato de cobre (II), $CuSO_4$, de concentração $0{,}400\ mol\ dm^{-3}$, por dissolução de sulfato de cobre (II) penta-hidratado, $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$, sólido.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**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*.

**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.

**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 $50\ \text{mL}\ (\pm\ 0{,}06\ \text{mL})$
- Pompete
- Pipeta graduada de $10\ \text{mL}\ (\pm\ 0{,}05\ \text{mL})$
- Pipeta volumétrica de $10\ \text{mL}\ (\pm\ 0{,}02\ \text{mL})$
- Pipeta graduada de $20\ \text{mL}\ (\pm\ 0{,}10\ \text{mL})$
- Pipeta volumétrica de $20\ \text{mL}\ (\pm\ 0{,}03\ \text{mL})$
- Pipeta graduada de $25\ \text{mL}\ (\pm\ 0{,}10\ \text{mL})$
- Pipeta volumétrica de $25\ \text{mL}\ (\pm\ 0{,}03\ \text{mL})$

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.

## GRUPO III

O néon é um dos componentes vestigiais da atmosfera terrestre.

**1.** O néon-22 ($^{22}Ne$) é um dos isótopos naturais do néon.

Quantos neutrões existem no núcleo de um átomo de néon-22?

**(A)** 22

**(B)** 20

**(C)** 12

**(D)** 10

**2.** Num átomo de néon, no estado fundamental, os eletrões encontram-se distribuídos por

**(A)** dois níveis de energia.

**(B)** três níveis de energia.

**(C)** quatro níveis de energia.

**(D)** cinco níveis de energia.

**3.** Considere que, num átomo de néon num estado excitado, um dos eletrões se encontra numa orbital caracterizada pelo conjunto de números quânticos $(3, 2, 1)$.

Esse eletrão encontra-se numa orbital do tipo

**(A)** s

**(B)** p

**(C)** d

**(D)** f

**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?

## GRUPO IV

**1.** 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.

**2.** 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.

**2.1.** 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 $0{,}8\,\mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$, tem $1{,}5\,\mathrm{m}$ de altura, $1{,}2\,\mathrm{m}$ de largura e $5{,}0\,\mathrm{mm}$ 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 $10\,^{\circ}\mathrm{C}$?

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

**(B)** $\left(0{,}8 \times \frac{1{,}5 \times 1{,}2}{5{,}0 \times 10^{-3}} \times 10\right)\,\mathrm{J}$

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

**(D)** $\left(0{,}8 \times \frac{1{,}2 \times 5{,}0 \times 10^{-3}}{1{,}5} \times 10\right)\,\mathrm{J}$

**2.2.** Explique o facto de a condutividade térmica dos gases ser, geralmente, muito inferior à dos sólidos.

**3.** Pretende-se instalar um sistema de coletores solares, com rendimento de $40\%$, para aquecimento de água, numa habitação que consome, em média, nesse aquecimento, $8{,}8\,\mathrm{kW\,h}$ 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, $3{,}6 \times 10^{9}\,\mathrm{J}$, por ano e por $\mathrm{m^2}$ de área de coletores.

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** A radiação solar que incide num vidro, seja de uma janela, seja da cobertura dos coletores solares, é parcialmente transmitida através do vidro, parcialmente refletida nas interfaces vidro-ar e parcialmente absorvida pelo vidro.

A Figura 1 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.

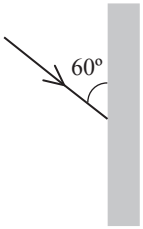



Figura 1

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

**4.1.** Qual é o ângulo de refração, na situação representada na Figura 1?

**(A)** $19º$

**(B)** $30º$

**(C)** $35º$

**(D)** $49º$

**4.2.** 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.

**4.3.** 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 $42°$.

## GRUPO V

**1.** Na Figura 2 (que não está à escala), estão representadas duas bolas, R e S, e um referencial unidimensional de eixo vertical, $Oy$, com origem no solo. A massa da bola R é superior à massa da bola S.

As bolas são abandonadas simultaneamente, de uma mesma altura, $h$, em relação ao solo.

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

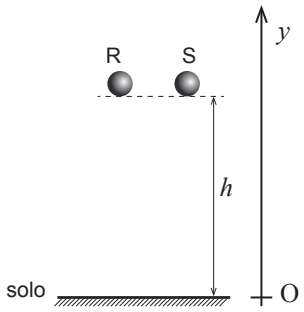



Figura 2

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

**1.2.** 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.

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

**1.3.1.** 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.

**1.3.2.** 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.

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

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 ($t = 0\,\mathrm{s}$) 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 respetivas 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.

**2.** Na Figura 3 (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 $300\,\mathrm{g}$ foi abandonado na posição A, situada a uma altura de $25\,\mathrm{cm}$ 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 $60\,\mathrm{cm}$ 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.

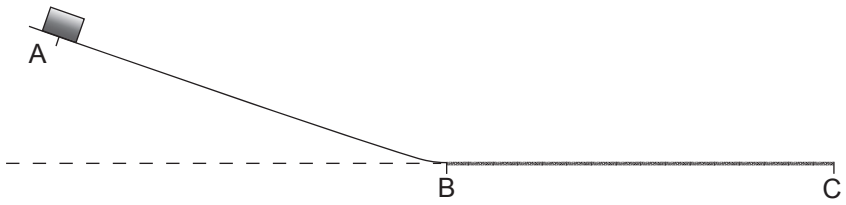



Figura 3

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.

**FIM**

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

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

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

**1.** O calor

**(A)** é uma forma de energia interna.

**(B)** é uma propriedade que depende da temperatura a que um corpo se encontra.

**(C)** é um fluido que pode ser transferido de um corpo para outro.

**(D)** é uma energia transferida.

**2.** Considere um sistema fechado que cedeu $400\,\text{J}$, como calor, tendo sido sobre ele realizado um trabalho de $300\,\text{J}$.

Qual foi a variação da energia interna do sistema?

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

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

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

Calcule a massa de gelo que não se fundiu.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

**4.** A energia pode ser transferida como radiação.

A taxa temporal de emissão de radiação pela superfície de um corpo é

**(A)** diretamente proporcional à temperatura absoluta da superfície desse corpo.

**(B)** inversamente proporcional à temperatura absoluta da superfície desse corpo.

**(C)** diretamente proporcional à quarta potência da temperatura absoluta da superfície desse corpo.

**(D)** inversamente proporcional à quarta potência da temperatura absoluta da superfície desse corpo.

# GRUPO II

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

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

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

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

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

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

**1.2.** Na Figura 1, estão representados essa roda e dois pontos, P e Q, de um dos seus raios.

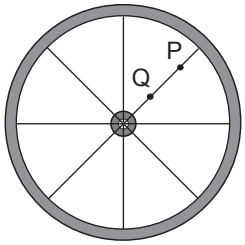



Figura 1

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

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

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

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

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

**2.** Na Figura 2 (que não está à escala), estão representados dois conjuntos *ciclista* + *bicicleta*, $C_I$ e $C_{II}$, que se movem ao longo de uma estrada retilínea e horizontal, coincidente com o eixo $Ox$ de um referencial unidimensional.

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




Figura 2

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

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

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

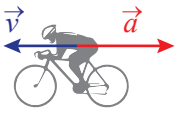
$$x_{C_{II}} = 800 - 0{,}030\,t^2 \quad \text{(SI)}$$

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

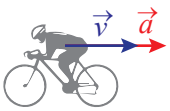
Determine o instante em que os conjuntos $C_I$ e $C_{II}$ se cruzam e a componente escalar da posição daqueles conjuntos nesse instante.

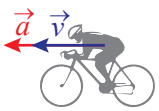
Utilize as potencialidades gráficas da calculadora.

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

**(A)** 


**(B)** 


**(C)** 


**(D)** 

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

**(A)** nula, uma vez que atuam no conjunto forças não conservativas.

**(B)** negativa, uma vez que a energia cinética do conjunto diminui.

**(C)** nula, uma vez que a energia cinética do conjunto se mantém constante.

**(D)** negativa, uma vez que atuam no conjunto forças não conservativas.

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

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

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

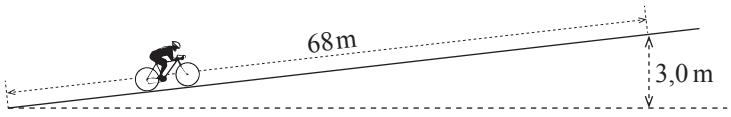



Figura 3

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

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO III

**1.** A Figura 4 representa o ecrã de um osciloscópio, no qual está registado o sinal elétrico resultante da conversão de um sinal sonoro, de frequência $330\,\text{Hz}$, emitido por um diapasão.

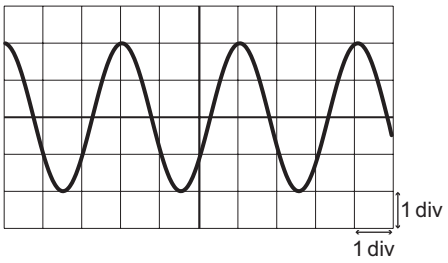



Figura 4

**1.1.** A base de tempo do osciloscópio estava regulada para

**(A)** $0{,}1\ \text{ms/div}$

**(B)** $1\ \text{ms/div}$

**(C)** $0{,}3\ \text{ms/div}$

**(D)** $3\ \text{ms/div}$

**1.2.** Se o diapasão for percutido com uma força de maior intensidade, o sinal elétrico registado no ecrã do osciloscópio terá

**(A)** menor período e maior amplitude.

**(B)** menor período e a mesma amplitude.

**(C)** o mesmo período e a mesma amplitude.

**(D)** o mesmo período e maior amplitude.

**2.** Considere um sinal elétrico cuja tensão, $U$, varia com o tempo, $t$, de acordo com a expressão

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

Esse sinal tem

**(A)** uma frequência angular de $8{,}80 \times 10^2\ \text{rad s}^{-1}$.

**(B)** um período de $7{,}14 \times 10^{-3}\ \text{s}$.

**(C)** uma frequência angular de $4{,}40 \times 10^2\ \text{rad s}^{-1}$.

**(D)** um período de $2{,}27 \times 10^{-3}\ \text{s}$.

**3.** Descreva como é que um sinal sonoro é convertido num sinal elétrico, num microfone de indução semelhante ao representado na Figura 5.

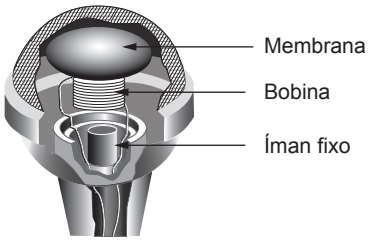



Figura 5

## GRUPO IV

**1.** O flúor e o cloro são dois halogéneos.

**1.1.** O cloro apresenta dois isótopos estáveis, o cloro-$35$ e o cloro-$37$.

Os átomos destes isótopos têm

**(A)** número atómico diferente.

**(B)** igual número de nucleões.

**(C)** igual número de protões.

**(D)** número de eletrões diferente.

**1.2.** A orbital de valência menos energética 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)** $(3, 1, -1)$ **(D)** $(3, 0, 0)$

**1.3.** Um átomo de flúor e um átomo de cloro, no estado fundamental, apresentam

**(A)** o mesmo número de orbitais $\mathrm{p}$ completamente preenchidas.

**(B)** ambos uma orbital $\mathrm{p}$ semipreenchida.

**(C)** o mesmo número de orbitais $\mathrm{s}$ completamente preenchidas.

**(D)** ambos uma orbital $\mathrm{s}$ semipreenchida.

**1.4.** A energia de ionização do átomo de cloro, isolado e em fase gasosa, é a energia de remoção mínima necessária para, a partir do átomo no estado fundamental, se formar um determinado ião.

Escreva a fórmula química desse ião.

**2.** Considere uma mistura gasosa constituída por $5{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$ de $\mathrm{F_2(g)}$ e $8{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$ de $\mathrm{Cl_2(g)}$, nas condições normais de pressão e de temperatura.

**2.1.** Quantos átomos de flúor existem na mistura gasosa?

**2.2.** Determine a densidade da mistura gasosa, nas condições de pressão e de temperatura referidas.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** Os átomos dos halogéneos podem ligar-se a átomos de hidrogénio, originando compostos designados por halogenetos de hidrogénio, como, por exemplo, o cloreto de hidrogénio, $HCl$, e o iodeto de hidrogénio, $HI$.

**3.1.** Quantos eletrões de valência existem, no total, na molécula de $HCl$?

**3.2.** O cloro antecede o iodo no mesmo _____ da tabela periódica, o que permite prever que o comprimento da ligação $H - Cl$ deverá ser _____ do que o comprimento da ligação $H - I$.

**(A)** grupo ... maior

**(B)** grupo ... menor

**(C)** período ... menor

**(D)** período ... maior

## GRUPO V

O iodo, $I_2$, reage com o hidrogénio, $H_2$, em fase gasosa, formando-se iodeto de hidrogénio, $HI(g)$. A reação pode ser traduzida por

$$I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2\,HI(g)$$

**1.** Na reação de formação do $HI$ considerada, a variação do número de oxidação do iodo é _____, sendo a espécie $I_2$ o agente _____.

**(A)** $+1$ ... oxidante

**(B)** $-1$ ... oxidante

**(C)** $+1$ ... redutor

**(D)** $-1$ ... redutor

**2.** Na tabela seguinte, estão registados os valores da constante de equilíbrio, $K_c$, da reação de formação do $HI(g)$ considerada, a três temperaturas diferentes.

| $T$ / K | $K_c$ |
|---|---|
| 500 | 160 |
| 700 | 54 |
| 763 | 46 |

**2.1.** Considere que, num reator com a capacidade de $1{,}00\,L$, foram inicialmente introduzidas $2{,}56 \times 10^{-3}$ mol de $I_2(g)$ e uma certa quantidade de $H_2(g)$. Considere ainda que, no início, não existia $HI(g)$ no reator.

Quando, a $763\,K$, o sistema atingiu um estado de equilíbrio, a quantidade de $I_2(g)$ que existia no reator era $1{,}46 \times 10^{-3}$ mol.

Calcule a quantidade, em mol, de $H_2(g)$ que deverá existir no reator quando o sistema está em equilíbrio àquela temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** Compare a energia absorvida na quebra das ligações com a energia libertada no estabelecimento das ligações, na reação química considerada. Fundamente a sua resposta com base na variação da constante de equilíbrio da reação com a temperatura.

## GRUPO VI

Com o objetivo de determinar a concentração de uma solução de ácido clorídrico, $HCl(aq)$, um grupo de alunos titulou $50{,}00\,cm^3$ dessa solução com uma solução padrão de hidróxido de sódio, $NaOH(aq)$, de concentração $1{,}00 \times 10^{-1}\ mol\ dm^{-3}$.

A reação que ocorre pode ser traduzida por

$$NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

Os alunos gastaram $24{,}60\,cm^3$ da solução padrão de $NaOH$ até ao ponto final da titulação.

**1.** Qual é o instrumento que deve ser utilizado para, de forma regular e controlada, adicionar ao titulado pequenos volumes da solução padrão de $NaOH$?

**(A)** Bureta.

**(B)** Pipeta.

**(C)** Balão de erlenmeyer.

**(D)** Proveta.

**2.** Calcule a concentração, em $mol\ dm^{-3}$, da solução de $HCl$.

Comece por calcular a quantidade de $NaOH$ adicionada até ao ponto final da titulação.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** Depois de terem realizado a titulação e determinado a concentração da solução de ácido clorídrico, o professor disse aos alunos que a solução de $HCl$ que tinham utilizado era uma solução padrão.

Na Figura 6, está representada a curva teórica da titulação de $50{,}00\,cm^3$ dessa solução padrão de $HCl$ com uma solução padrão de $NaOH$ $1{,}00 \times 10^{-1}\ mol\ dm^{-3}$.

Na curva, está assinalada a zona de viragem do indicador de ácido-base verde de bromocresol.

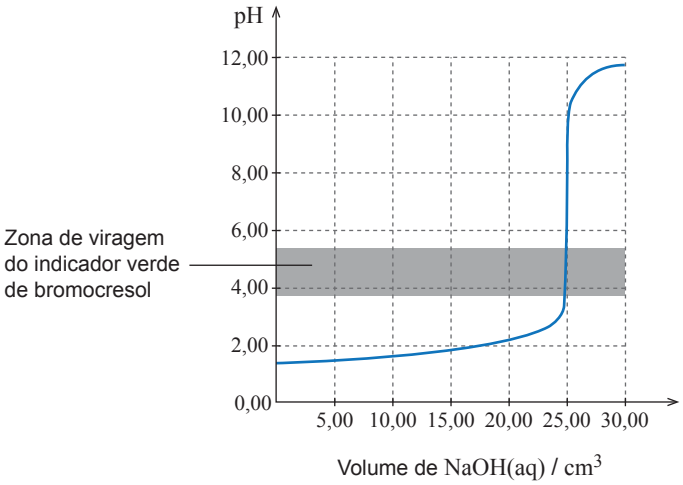



Figura 6

**3.1.** Apresente uma expressão numérica que permita calcular o erro relativo, em percentagem, cometido pelos alunos na medição do volume de titulante gasto até ao ponto final da titulação.

**3.2.** Com base na informação fornecida na Figura 6, justifique a seguinte afirmação.

O indicador verde de bromocresol pode ser utilizado para assinalar o ponto de equivalência da titulação em causa.

**FIM**

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

A palavra radar é o acrónimo de *Radio Detection And Ranging*, que, em português, significa deteção e localização por rádio. Trata-se de um sistema que permite detetar a presença, a posição e a direção do movimento de objetos distantes, tais como navios e aviões.

O funcionamento do radar baseia-se na reflexão de um feixe de radiação eletromagnética. A radiação utilizada no radar pode ter comprimentos de onda, no vácuo, da ordem de grandeza do centímetro.

Quando o feixe de radiação, geralmente emitido por impulsos, encontra um obstáculo, uma parte desse feixe é refletida, regressando à antena emissora. O tempo que um impulso demora a chegar ao obstáculo e a regressar à antena emissora, depois de refletido, permite determinar a distância a que o obstáculo se encontra dessa antena.

M. Teresa Escoval, *A Ação da Física na Nossa Vida*, Lisboa, Ed. Presença, 2012, pp. 192-193 (adaptado)

**1.** A frequência de uma radiação eletromagnética cujo comprimento de onda, no vácuo, seja cerca de $1\,\text{cm}$ é da ordem de grandeza de

**(A)** $10^4\,\text{Hz}$ **(B)** $10^6\,\text{Hz}$ **(C)** $10^8\,\text{Hz}$ **(D)** $10^{10}\,\text{Hz}$

**2.** Qual das expressões seguintes permite calcular a distância, em metros, a que um obstáculo se encontra da antena emissora, se $\Delta t$ representar o intervalo de tempo, em segundos, que decorre entre a emissão de um impulso e a receção do respetivo eco?

**(A)** $\left(\frac{2 \times 3{,}00 \times 10^8}{\Delta t}\right)\text{m}$

**(B)** $\left(\frac{3{,}00 \times 10^8}{2 \times \Delta t}\right)\text{m}$

**(C)** $\left(\frac{3{,}00 \times 10^8 \times \Delta t}{2}\right)\text{m}$

**(D)** $\left(2 \times 3{,}00 \times 10^8 \times \Delta t\right)\text{m}$

**3.** A radiação eletromagnética utilizada no radar pode ser produzida num dispositivo onde existem ímanes que originam campos magnéticos semelhantes ao campo magnético $\vec{B}$ representado na Figura 1.

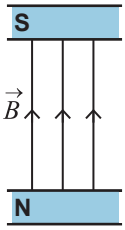
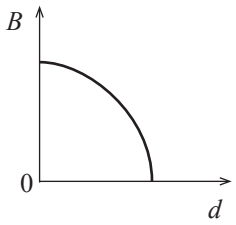


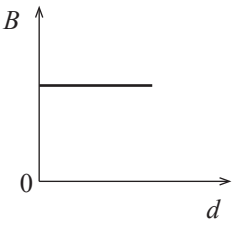

Figura 1

Qual é o esboço do gráfico que pode representar o módulo desse campo magnético, $B$, em função da distância, $d$, ao polo norte (**N**) do íman que produz esse campo?

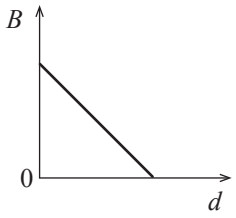
**(A)**



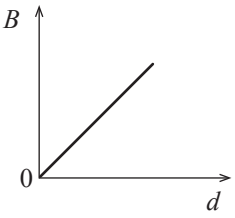

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**4.** A Figura 2 representa um feixe de uma radiação eletromagnética monocromática que se propaga na atmosfera da Terra, atravessando três meios óticos diferentes – meios 1, 2 e 3.

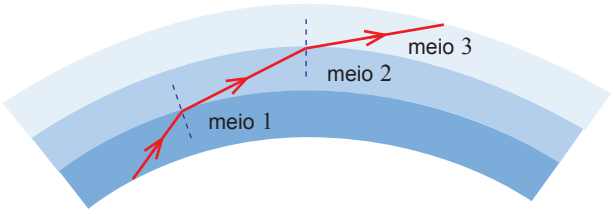



Figura 2

Para a radiação considerada, o índice de refração do meio 1 é _____ ao índice de refração do meio 2, sendo a velocidade de propagação dessa radiação no meio 1 _____ à sua velocidade de propagação no meio 2.

**(A)** inferior … superior

**(B)** superior … superior

**(C)** inferior … inferior

**(D)** superior … inferior

## GRUPO II

**1.** O metano ($CH_4$), o óxido nitroso ($N_2O$) e o dióxido de carbono ($CO_2$) são gases à temperatura ambiente e à pressão normal.

**1.1.** O teor médio de $CH_4(g)$ na troposfera é $1{,}7$ partes por milhão em volume.

Este teor, em percentagem em volume, é

**(A)** $1{,}7 \times 10^{-2}\,\%$

**(B)** $1{,}7 \times 10^{-4}\,\%$

**(C)** $1{,}7 \times 10^{-6}\,\%$

**(D)** $1{,}7 \times 10^{-8}\,\%$

**1.2.** Considere uma amostra pura de $CH_4(g)$ e uma amostra pura de $N_2O(g)$, com volumes iguais, nas mesmas condições de pressão e de temperatura.

Quantas vezes é que a amostra de $N_2O$ é mais pesada do que a amostra de $CH_4$?

Apresente o resultado arredondado às unidades.

**1.3.** Calcule o número total de átomos que existem em $50{,}0\,dm^3$ de $CO_2(g)$, nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN).

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** A molécula de $CO_2$ é

**(A)** linear, e o átomo central apresenta eletrões de valência não ligantes.

**(B)** angular, e o átomo central apresenta eletrões de valência não ligantes.

**(C)** linear, e o átomo central não apresenta eletrões de valência não ligantes.

**(D)** angular, e o átomo central não apresenta eletrões de valência não ligantes.

**3.** Considere átomos de hidrogénio, de carbono e de nitrogénio.

**3.1.** A tabela seguinte apresenta os valores de energia dos níveis $n = 1$ e $n = 2$ do átomo de hidrogénio.

| $n$ | $E_n$ / J |
|---|---|
| 1 | $-2{,}18 \times 10^{-18}$ |
| 2 | $-5{,}45 \times 10^{-19}$ |

A transição do eletrão do átomo de hidrogénio do nível $n = 1$ para o nível $n = 2$ envolve a

**(A)** absorção de $1{,}64 \times 10^{-18}$ J.

**(B)** libertação de $1{,}64 \times 10^{-18}$ J.

**(C)** absorção de $2{,}73 \times 10^{-18}$ J.

**(D)** libertação de $2{,}73 \times 10^{-18}$ J.

**3.2.** Considere um átomo de carbono no estado fundamental.

Dos seis eletrões do átomo,

**(A)** quatro encontram-se em orbitais com $l = 1$.

**(B)** apenas dois se encontram em orbitais com $l = 0$.

**(C)** quatro encontram-se em orbitais com $n = 2$.

**(D)** apenas dois se encontram em orbitais com $n = 2$.

**3.3.** Explique porque é que o átomo de carbono apresenta menor energia de ionização do que o átomo de nitrogénio.

Tenha em consideração as configurações eletrónicas desses átomos no estado fundamental.

## GRUPO III

A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

**1.** Na tabela seguinte, estão registadas, além das concentrações iniciais de $N_2(g)$ e de $H_2(g)$, as concentrações de equilíbrio das substâncias envolvidas na reação considerada relativas a um mesmo estado de equilíbrio do sistema, à temperatura $T$.

Admita que a reação ocorreu num reator com a capacidade de $1{,}00\ L$ e que as substâncias envolvidas não participaram em nenhum outro processo.

| | $N_2$ | $H_2$ | $NH_3$ |
|---|---|---|---|
| **Concentração inicial / mol dm$^{-3}$** | 0,200 | 0,500 | **?** |
| **Concentração de equilíbrio / mol dm$^{-3}$** | 0,144 | 0,332 | 0,112 |

**1.1.** Verifique se inicialmente existia, ou não, $NH_3$ no reator.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.2.** Admita que, num determinado instante, se adicionou $H_2(g)$ ao sistema no estado de equilíbrio considerado e que a concentração deste gás aumentou, nesse instante, para o dobro.

O valor aproximado do quociente de reação, imediatamente após aquela adição, pode ser calculado pela expressão

**(A)** $\dfrac{0{,}112^2}{0{,}200 \times 0{,}500^3}$ **(B)** $\dfrac{0{,}112^2}{0{,}288 \times 0{,}664^3}$

**(C)** $\dfrac{0{,}112^2}{0{,}200 \times 1{,}000^3}$ **(D)** $\dfrac{0{,}112^2}{0{,}144 \times 0{,}664^3}$

**2.** A variação de energia associada à formação de $2\ mol$ de amoníaco, a partir da reação de síntese considerada, é $-92\ kJ$.

A energia (média) da ligação $N - H$ é $393\ kJ\,mol^{-1}$.

Determine a energia total que é absorvida na rutura de $1\ mol$ de ligações $N \equiv N$ e de $3\ mol$ de ligações $H - H$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** Na reação de síntese do amoníaco, o número de oxidação do nitrogénio varia de

**(A)** $+2$ para $+1$ **(B)** $+2$ para $-1$ **(C)** $0$ para $-3$ **(D)** $0$ para $+3$

## GRUPO IV

A reação do amoníaco com a água pode ser traduzida por

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

**1.** Nesta reação, comportam-se como ácidos de Brönsted-Lowry as espécies

**(A)** $NH_3(aq)$ e $NH_4^+(aq)$

**(B)** $H_2O(l)$ e $NH_4^+(aq)$

**(C)** $H_2O(l)$ e $NH_3(aq)$

**(D)** $NH_3(aq)$ e $OH^-(aq)$

**2.** Considere uma solução aquosa de amoníaco de concentração $5{,}00 \times 10^{-2}\ mol\,dm^{-3}$ cujo pH, a $25\ °C$, é $10{,}97$.

**2.1.** Calcule a quantidade (em $mol$) de amoníaco não ionizado que existe em $250\ cm^3$ dessa solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** Considere que se adicionam lentamente algumas gotas de uma solução aquosa de um ácido forte àquela solução de amoníaco, a temperatura constante.

À medida que aquela adição ocorre, o pH da solução resultante _____ e a ionização da espécie $NH_3(aq)$ torna-se _____ extensa.

**(A)** diminui ... mais

**(B)** diminui ... menos

**(C)** aumenta ... mais

**(D)** aumenta ... menos

## GRUPO V

**1.** No âmbito de estudos sobre transferência de energia, por condução, utilizaram-se várias placas de alumínio e de aço inoxidável, de igual área e de espessuras $0{,}7\,\text{mm}$ e $5{,}0\,\text{mm}$, que foram submetidas a uma mesma diferença de temperatura entre as respetivas faces.

A condutividade térmica do alumínio é $237\,\text{W m}^{-1}\,\text{ºC}^{-1}$ e a do aço inoxidável utilizado é $26\,\text{W m}^{-1}\,\text{ºC}^{-1}$.

Verificou-se que a mesma energia era mais rapidamente transferida, por condução, através das placas de

**(A)** alumínio de $0{,}7\,\text{mm}$ de espessura.

**(B)** alumínio de $5{,}0\,\text{mm}$ de espessura.

**(C)** aço inoxidável de $0{,}7\,\text{mm}$ de espessura.

**(D)** aço inoxidável de $5{,}0\,\text{mm}$ de espessura.

**2.** Considere que uma barra de alumínio é aquecida.

**2.1.** À medida que a temperatura da barra aumenta, o comprimento de onda da radiação de máxima intensidade emitida pela barra _____ e a potência da radiação emitida pela sua superfície _____.

**(A)** diminui ... diminui

**(B)** diminui ... aumenta

**(C)** aumenta ... diminui

**(D)** aumenta ... aumenta

**2.2.** Verificou-se que a energia interna da barra de alumínio aumentou $36\,\text{kJ}$ quando lhe foi fornecida uma energia de $4{,}5 \times 10^{4}\,\text{J}$.

Qual foi o rendimento deste processo de aquecimento?

**3.** Para determinar a capacidade térmica mássica do alumínio, forneceu-se energia a um cilindro desse metal, de massa $1{,}010\,\text{kg}$, a uma taxa temporal de $3{,}0\,\text{J}$ por segundo.

Na tabela seguinte, encontram-se registadas as variações de temperatura, $\Delta\theta$, do cilindro de alumínio em função do tempo de aquecimento, $t$.

| $t$ / s | $\Delta\theta$ / ºC |
|---|---|
| 100 | 0,33 |
| 200 | 0,65 |
| 300 | 1,00 |
| 400 | 1,29 |
| 500 | 1,65 |

Admita que toda a energia fornecida contribuiu para o aumento de temperatura do cilindro de alumínio.

Calcule a capacidade térmica mássica do alumínio.

Utilize as potencialidades gráficas da calculadora. Apresente a equação da reta de ajuste obtida, identificando as grandezas físicas consideradas.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO VI

Na Figura 3 (que não se encontra à escala), está representado um carrinho que percorre o troço final de uma montanha-russa.

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

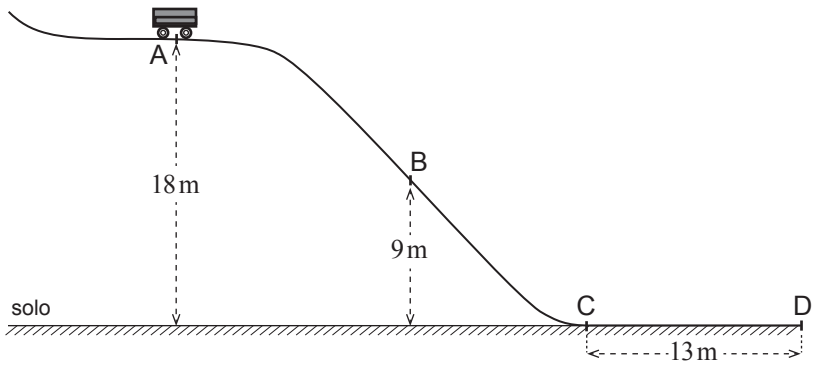



Figura 3

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

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

**1.** A energia cinética do carrinho será o quádruplo da sua energia cinética em A num ponto em que a

**(A)** velocidade do carrinho for o dobro da sua velocidade em A.

**(B)** energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* for metade da sua energia potencial gravítica em A.

**(C)** velocidade do carrinho for o quádruplo da sua velocidade em A.

**(D)** energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* for um quarto da sua energia potencial gravítica em A.

**2.** O trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho é

**(A)** maior entre os pontos A e B do que entre os pontos B e C.

**(B)** menor entre os pontos A e B do que entre os pontos B e C.

**(C)** positivo entre os pontos A e C e negativo entre os pontos C e D.

**(D)** positivo entre os pontos A e C e nulo entre os pontos C e D.

**3.** Considere que entre os pontos C e D, que distam $13\ \mathrm{m}$ entre si, atuam no carrinho forças de travagem cuja resultante tem direção horizontal e intensidade constante, imobilizando-se o carrinho no ponto D.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO VII

A Figura 4 representa uma montagem utilizada numa atividade laboratorial. Nessa atividade, um carrinho move-se sobre uma calha horizontal, ligado por um fio a um corpo C que cai na vertical.

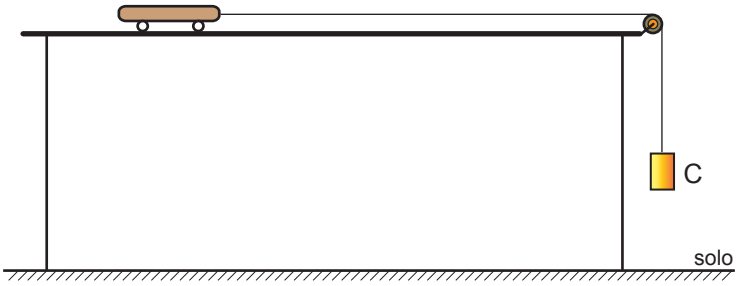



Figura 4

**1.** Durante o movimento do carrinho ao longo da calha, a força gravítica que nele atua é equilibrada pela

**(A)** força normal exercida pela calha no carrinho, constituindo estas forças um par ação-reação.

**(B)** força que o carrinho exerce na calha, constituindo estas forças um par ação-reação.

**(C)** força normal exercida pela calha no carrinho, não constituindo estas forças um par ação-reação.

**(D)** força que o carrinho exerce na calha, não constituindo estas forças um par ação-reação.

**2.** A Figura 5 representa o gráfico do módulo da velocidade, $v$, do carrinho em função do tempo, $t$, obtido na atividade laboratorial com um sistema de aquisição de dados adequado.

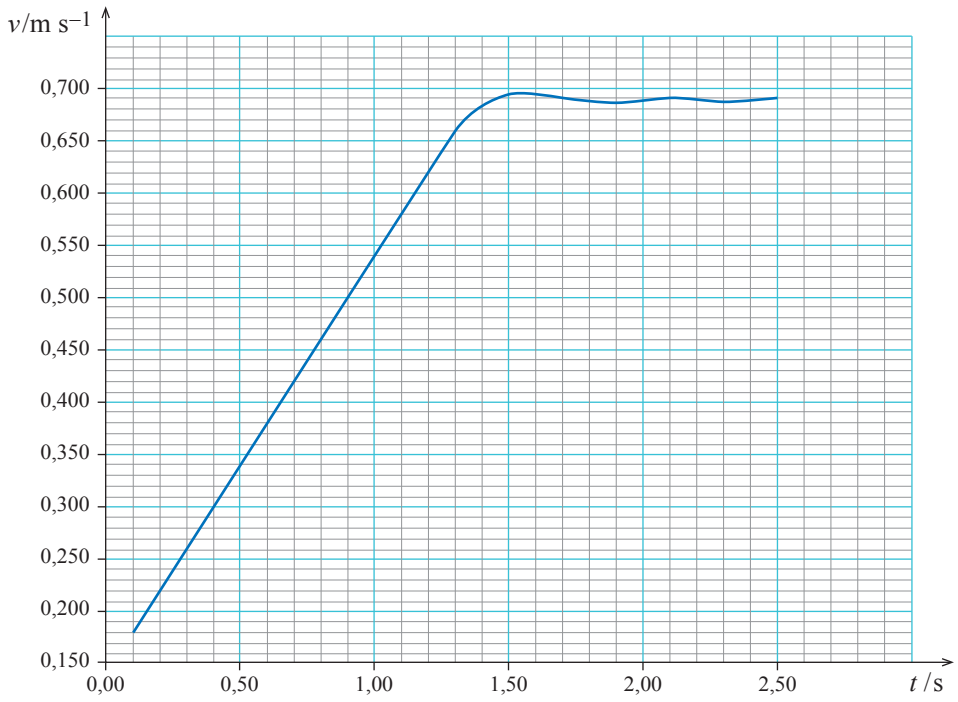



Figura 5

**2.1.** Desenhe, na sua folha de respostas, o corpo C e dois vetores que possam representar as forças que nele atuaram enquanto caía na vertical, antes de embater no solo.

Identifique aquelas forças e tenha em atenção o tamanho relativo dos vetores que as representam.

**2.2.** Determine a intensidade da resultante das forças que atuaram no carrinho, de massa $200{,}07\,\text{g}$, enquanto o fio esteve sob tensão.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.3.** Explique porque é que os resultados experimentais permitem concluir que a resultante das forças de atrito que atuaram no carrinho foi desprezável.

Tenha em consideração os resultados experimentais obtidos a partir do instante em que o corpo C embateu no solo.

**FIM**

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

Se a luz do Sol for analisada com um espectroscópio de baixa resolução, o espectro que se observa é contínuo. No entanto, o espectro da luz emitida por um gás a baixa pressão tem características diferentes. Em vez da imagem contínua e multicolorida do espectro solar, aparecem riscas coloridas sobre um fundo negro. Cada risca corresponde a uma cor ou, na linguagem da teoria ondulatória, a uma frequência.

A. Einstein, L. Infeld, *A Evolução da Física*, 1.ª ed.,
Lisboa, Livros do Brasil, p. 237 (adaptado)

**1.** O que se observa num espectro atómico de emissão na região do visível?

**2.** Os espectros das estrelas são espectros térmicos.

A temperatura superficial de uma estrela de cor azul é

**(A)** superior à temperatura superficial do Sol, de acordo com a lei de Stefan-Boltzmann.

**(B)** superior à temperatura superficial do Sol, de acordo com a lei do deslocamento de Wien.

**(C)** inferior à temperatura superficial do Sol, de acordo com a lei de Stefan-Boltzmann.

**(D)** inferior à temperatura superficial do Sol, de acordo com a lei do deslocamento de Wien.

**3.** A energia dos eletrões num átomo pode ser determinada por técnicas espectroscópicas.

Considere a configuração eletrónica do átomo de néon no estado fundamental.

Das orbitais ocupadas, quantas têm a mesma energia?

**4.** Quais são os níveis de energia inicial e final da transição eletrónica no átomo de hidrogénio que origina a emissão de radiação visível de menor frequência?

**(A)** $n_{\text{inicial}} = 2 \; ; \; n_{\text{final}} = 1$ **(B)** $n_{\text{inicial}} = 1 \; ; \; n_{\text{final}} = 2$

**(C)** $n_{\text{inicial}} = 2 \; ; \; n_{\text{final}} = 3$ **(D)** $n_{\text{inicial}} = 3 \; ; \; n_{\text{final}} = 2$

**5.** Considere uma radiação monocromática que se propaga inicialmente no ar e que passa, depois, a propagar-se num vidro.

**5.1.** Ao propagar-se no vidro, a radiação terá

**(A)** menor frequência e menor comprimento de onda.

**(B)** a mesma frequência e maior comprimento de onda.

**(C)** a mesma frequência e menor comprimento de onda.

**(D)** menor frequência e maior comprimento de onda.

**5.2.** A velocidade de propagação da radiação considerada nesse vidro é $\frac{2}{3}$ da sua velocidade de propagação no ar.

Qual é o índice de refração desse vidro para a radiação considerada?

Apresente o resultado com dois algarismos significativos.

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

## GRUPO II

O ozono, $O_3$, é um gás que, na troposfera, é um poluente, mas que, na estratosfera, é essencial para a vida na Terra. A diminuição da concentração deste gás na estratosfera está, em parte, relacionada com a ação indesejável dos clorofluorocarbonetos (CFC).

**1.** O valor estabelecido pela União Europeia como teor máximo de ozono na troposfera, à pressão de $1\,\text{atm}$ e à temperatura de $20\,^{\circ}\text{C}$, é $1{,}20 \times 10^{-4}\,\text{g m}^{-3}$.

Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade máxima de ozono que poderá existir em $50\,\text{dm}^3$ de ar, de acordo com o valor estabelecido pela União Europeia?

**(A)** $\frac{1{,}20 \times 10^{-4} \times 1000}{48{,}00 \times 50}\,\text{mol}$ **(B)** $\frac{1{,}20 \times 10^{-4} \times 48{,}00 \times 1000}{50}\,\text{mol}$

**(C)** $\frac{1{,}20 \times 10^{-4} \times 48{,}00 \times 50}{1000}\,\text{mol}$ **(D)** $\frac{1{,}20 \times 10^{-4} \times 50}{48{,}00 \times 1000}\,\text{mol}$

**2.** Na estratosfera, ocorrem, simultaneamente, reações que conduzem à formação do ozono e outras que conduzem à sua destruição.

Uma das reações que conduzem à formação do ozono ocorre entre as moléculas de oxigénio e os radicais livres de oxigénio.

**2.1.** Escreva a equação química que traduz essa reação.

**2.2.** Considere que por cada mole de $O_3(g)$ que se forma se libertam cerca de $105\ kJ$.

A energia, em joule, que se liberta quando, através da reação referida, se forma uma molécula de ozono é

**(A)** $1{,}74 \times 10^{-22}\ J$ **(B)** $6{,}32 \times 10^{28}\ J$

**(C)** $1{,}74 \times 10^{-19}\ J$ **(D)** $6{,}32 \times 10^{25}\ J$

**2.3.** Os radicais livres originados pela rutura de ligações nos CFC, por ação da radiação ultravioleta, catalisam algumas das reações que conduzem à destruição do ozono.

Conclua, justificando, qual das ligações, $C - Cl$ ou $C - F$, sofrerá mais facilmente rutura.

**3.** A monitorização da concentração de alguns poluentes pode ser feita por satélites artificiais.

**3.1.** Considere um desses satélites, em órbita aproximadamente circular em torno da Terra, a uma altitude aproximada de $705\ km$.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

$$m_{Terra}\ \textbf{(massa da Terra)} = 5{,}98 \times 10^{24}\ kg$$
$$r_{Terra}\ \textbf{(raio da Terra)} = 6{,}4 \times 10^{6}\ m$$

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

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

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

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

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

## GRUPO III

**1.** O etino, $C_2H_2$, pode ser obtido fazendo-se reagir carboneto de cálcio, $CaC_2(s)$, com água, de acordo com a equação química

$$CaC_2(s) + 2\ H_2O(l) \longrightarrow Ca(OH)_2(aq) + C_2H_2(g)$$

**1.1.** Considere que se fez reagir, com excesso de água, uma amostra impura de $150\,g$ de carboneto de cálcio contendo $12\%$ de impurezas, tendo-se obtido $30{,}0\,dm^3$ de etino, em condições normais de pressão e de temperatura (PTN).

Determine o rendimento da reação de síntese do etino realizada.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.2.** O produto de solubilidade do hidróxido de cálcio, $Ca(OH)_2$, a $25\ ºC$, é $8{,}0 \times 10^{-6}$.

Qual é a concentração de iões $Ca^{2+}(aq)$ numa solução saturada de hidróxido de cálcio, a $25\ ºC$?

**(A)** $1{,}3 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$

**(B)** $2{,}0 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$

**(C)** $1{,}4 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**(D)** $2{,}0 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**2.** A combustão do etino pode ser traduzida por

$$2\,C_2H_2(g) + 5\,O_2(g) \longrightarrow 4\,CO_2(g) + 2\,H_2O(l)$$

**2.1.** A variação de entalpia associada a esta reação é $-2{,}60 \times 10^3\ kJ$ por mole de reação.

A combustão de $1\ mol$ de etino envolverá a

**(A)** libertação de $2{,}60 \times 10^3\ kJ$.

**(B)** absorção de $2{,}60 \times 10^3\ kJ$.

**(C)** libertação de $1{,}30 \times 10^3\ kJ$.

**(D)** absorção de $1{,}30 \times 10^3\ kJ$.

**2.2.** Qual é o número de oxidação do carbono na molécula de $CO_2$?

**(A)** $+4$ **(B)** $+2$ **(C)** $-4$ **(D)** $-2$

**3.** Na molécula de etino, $C_2H_2$, a ligação entre os átomos de carbono é covalente tripla. Na molécula de eteno, $C_2H_4$, a ligação entre os átomos de carbono é covalente dupla.

Comparando aquelas ligações entre os átomos de carbono, verifica-se que a ligação na molécula de eteno tem _____ energia e _____ comprimento.

**(A)** menor … menor

**(B)** menor … maior

**(C)** maior … maior

**(D)** maior … menor

## GRUPO IV

**1.** As constantes de acidez, a $25\ ^{\circ}C$, do ácido cianídrico, $HCN(aq)$, e do ácido nitroso, $HNO_2(aq)$, são $4{,}9 \times 10^{-10}$ e $5{,}1 \times 10^{-4}$, respetivamente.

Considere, àquela temperatura, uma solução de ácido cianídrico e uma solução de ácido nitroso de igual concentração.

O $pH$ da solução de ácido _____ é maior, uma vez que a ionização deste ácido é _____ extensa.

**(A)** cianídrico … menos

**(B)** cianídrico … mais

**(C)** nitroso … menos

**(D)** nitroso … mais

**2.** A reação de ionização do ácido fluorídrico em água pode ser traduzida por

$$HF(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons F^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

**2.1.** Considere que se dilui 100 vezes uma solução de ácido fluorídrico, $HF(aq)$, de concentração $27{,}8\ mol\ dm^{-3}$. O $pH$ da solução diluída é $1{,}87$, a $25\ ^{\circ}C$.

Calcule a percentagem de ácido não ionizado na solução diluída de ácido fluorídrico.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** Conclua, justificando, como varia a quantidade de ácido fluorídrico não ionizado se a uma solução deste ácido forem adicionadas, a temperatura constante, algumas gotas de uma solução concentrada de um ácido forte.

## GRUPO V

Um grupo de alunos fixou um lançador de projéteis na extremidade de uma mesa, como se representa na Figura 1, e ajustou o ângulo de disparo do lançador, de modo a lançar uma esfera horizontalmente.

Na Figura 1, estão ainda representados um referencial bidimensional, $Oxy$, com origem no solo, e a distância, $d$, desde a origem do referencial considerado até ao ponto em que a esfera embateu no solo (alcance).

O ponto de lançamento situa-se a uma altura de $66{,}0\,\text{cm}$ em relação ao solo.

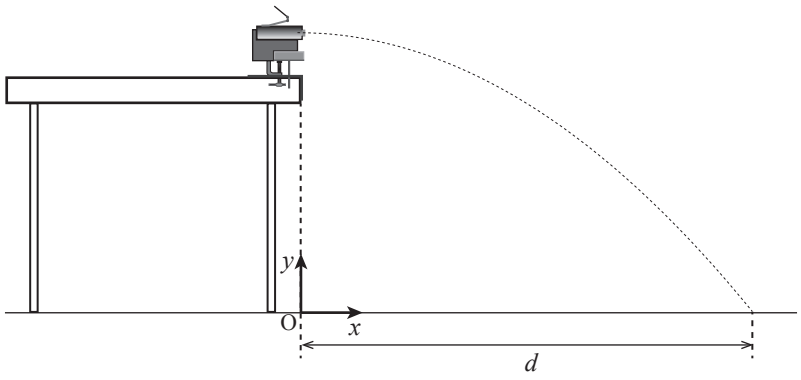



Figura 1

**1.** Se a altura do ponto de lançamento em relação ao solo for maior e a esfera for lançada com a mesma velocidade,

**(A)** o tempo de voo da esfera será igual e o alcance será menor.

**(B)** o tempo de voo da esfera será maior e o alcance será maior.

**(C)** o tempo de voo da esfera será igual e o alcance será maior.

**(D)** o tempo de voo da esfera será maior e o alcance será menor.

**2.** Na tabela seguinte, encontram-se registadas as distâncias, $d$, obtidas em três ensaios.

| Ensaio | $d$ / m |
|---|---|
| 1 | 1,79 |
| 2 | 1,81 |
| 3 | 1,82 |

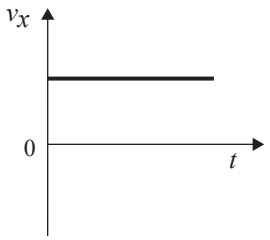
Determine o módulo da velocidade de lançamento da esfera, considerando que a resistência do ar é desprezável.

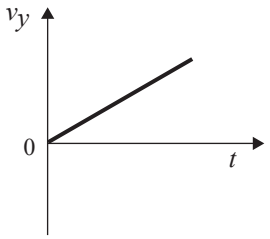
Recorra exclusivamente às equações do movimento, $x(t)$ e $y(t)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

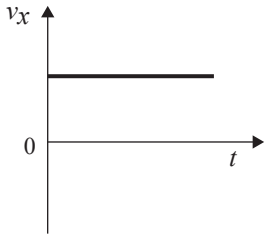
**3.** Qual das opções apresenta os esboços dos gráficos das componentes escalares, $v_x$ e $v_y$, da velocidade da esfera, em relação ao referencial considerado, em função do tempo, $t$, durante a queda da esfera, se a resistência do ar for desprezável?

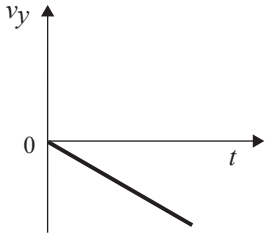
**(A)**



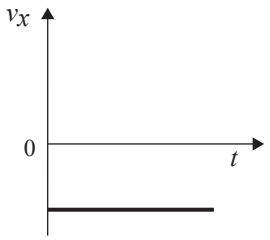



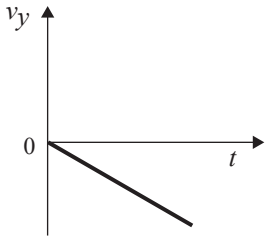

**(B)**



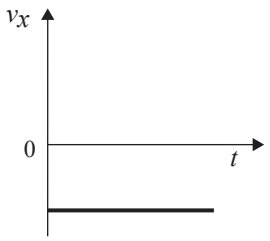



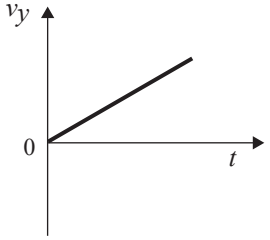

**(C)**




**(D)**



## GRUPO VI

Abandonou-se um carrinho no topo de um plano inclinado.

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

**1.** O trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho, desde o topo do plano inclinado até à base do plano, é

**(A)** negativo e igual à variação da energia cinética do carrinho.

**(B)** positivo e simétrico da variação da energia cinética do carrinho.

**(C)** negativo e igual à variação da energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra*.

**(D)** positivo e simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra*.

**2.** Na tabela seguinte, estão registadas distâncias, $d$, percorridas pelo carrinho, desde o topo do plano até várias posições, A, B, C e D, sobre este, e a energia cinética, $E_c$, do carrinho em cada uma dessas posições.

| Posição | $d$ / m | $E_c$ / J |
|---|---|---|
| A | 0,30 | $2{,}73 \times 10^{-2}$ |
| B | 0,70 | $5{,}83 \times 10^{-2}$ |
| C | 1,10 | $9{,}03 \times 10^{-2}$ |
| D | 1,50 | $1{,}22 \times 10^{-1}$ |

**2.1.** Quando o carrinho se encontra na posição A, a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* é $2{,}72 \times 10^{-1}$ J e, quando se encontra na posição C, aquela energia é $1{,}27 \times 10^{-1}$ J.

Calcule a intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam no carrinho na direção do deslocamento, no percurso entre as posições A e C, admitindo que essa resultante se mantém constante.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** Calcule a intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho, na situação considerada, admitindo que essa resultante se mantém constante e que tem a direção do deslocamento.

Utilize as potencialidades gráficas da calculadora. Apresente a equação da reta de ajuste obtida, identificando as grandezas físicas representadas.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO VII

**1.** A Figura 2 representa as linhas do campo magnético criado por um íman em barra.

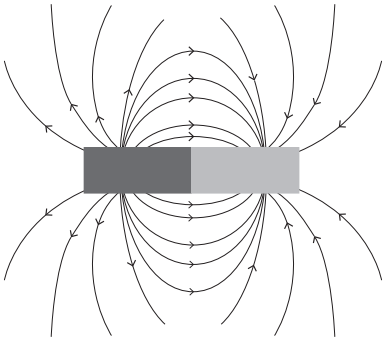


Figura 2

As linhas de campo magnético são, em cada ponto, _____ ao vetor campo magnético e apontam do polo _____ para o polo _____ do íman.

**(A)** tangentes … norte ... sul

**(B)** perpendiculares … norte ... sul

**(C)** tangentes … sul ... norte

**(D)** perpendiculares … sul ... norte

**2.** Na Figura 3, está representado um íman em barra M, colocado na vizinhança de uma bobina B ligada a um galvanómetro G.

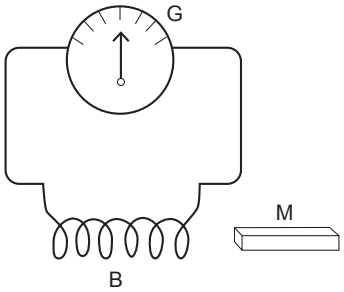



Figura 3

Em qual das seguintes situações o ponteiro do galvanómetro sofre maior desvio?

**(A)** Quando o íman se move lentamente em relação à bobina.

**(B)** Quando o íman se move rapidamente em relação à bobina.

**(C)** Quando o íman e a bobina estão parados um em relação ao outro.

**(D)** Quando o íman e a bobina se movem com a mesma velocidade.

## GRUPO VIII

**1.** A capacidade térmica mássica do cobre é $390\ \text{J kg}^{-1}\ \text{K}^{-1}$.

Que energia, em joule, é necessário fornecer a uma barra de cobre, de massa $400\ \text{g}$, para que a sua temperatura aumente $5{,}0\ ^{\circ}\text{C}$?

**2.** Considere duas barras de cobre, A e B, com a mesma área de secção reta, sendo o comprimento da barra A duplo do comprimento da barra B.

Se a diferença de temperatura entre as extremidades da barra B for o dobro da verificada entre as extremidades da barra A, é de prever que a taxa temporal de transferência de energia, por condução, seja cerca de

**(A)** duas vezes superior na barra B.

**(B)** duas vezes superior na barra A.

**(C)** quatro vezes superior na barra B.

**(D)** quatro vezes superior na barra A.

**FIM**

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Na sua resposta:

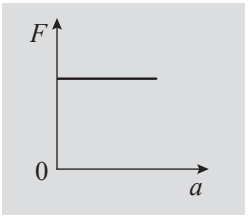
- apresente um esboço do gráfico da componente escalar da posição, $x$, da bola em função do tempo, $t$, desde o instante $t = 0{,}0$ s até, pelo menos, ao instante $t = 3{,}0$ s;
- indique, no esboço apresentado, os valores de $x$ necessários ao cálculo daquela distância;
- apresente o valor da distância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

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

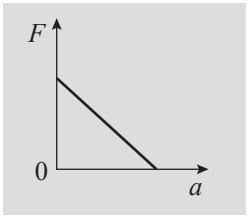
Considere que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

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

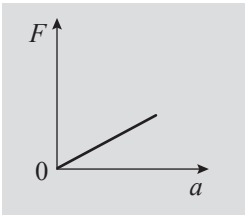
**(A)**



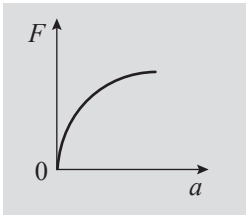

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.2.** Na Figura 1, está representada uma imagem estroboscópica de um movimento da bola, no qual a trajetória descrita pela bola é uma circunferência de raio $30\ \text{cm}$. Nessa imagem estroboscópica, as posições da bola foram registadas a intervalos de tempo de $4{,}0 \times 10^{-2}\ \text{s}$.

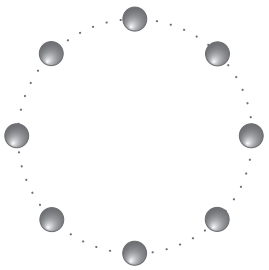


Figura 1

Determine o módulo da aceleração da bola no movimento considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO II

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

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

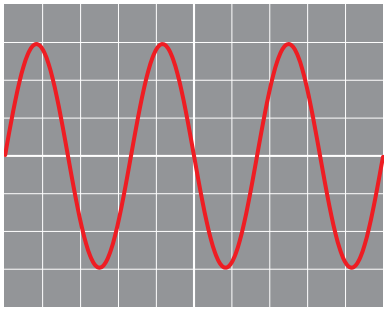


Figura 2

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

**(A)** $U = 6{,}0 \sin(80\pi t)$ (SI)

**(B)** $U = 6{,}0 \sin(1{,}2 \times 10^2 \pi t)$ (SI)

**(C)** $U = 12{,}0 \sin(80\pi t)$ (SI)

**(D)** $U = 12{,}0 \sin(1{,}2 \times 10^2 \pi t)$ (SI)

**2.** Uma outra bobina, formada por $500$ espiras quadradas de lado $8{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}$, está em repouso numa zona do espaço onde existe um campo magnético uniforme, $\vec{B}$, perpendicular aos planos das espiras.

Admita que, num dado intervalo de tempo, a intensidade do campo magnético, $B$, varia com o tempo, $t$, de acordo com o gráfico representado na Figura 3.

Determine o módulo da força eletromotriz induzida nos terminais da bobina, no intervalo de tempo $[0{,}0;\ 2{,}0]\ \text{s}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

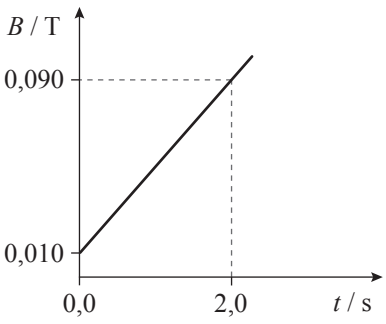



Figura 3

# GRUPO III

Quando um corpo desliza ao longo de um plano inclinado, ocorre, geralmente, dissipação de parte da energia mecânica do sistema *corpo* + *Terra*.

Numa aula laboratorial de Física, pretendia-se investigar se a energia dissipada e a intensidade da resultante das forças de atrito que atuam num corpo que desliza ao longo de um plano inclinado dependem da distância percorrida pelo corpo e dos materiais das superfícies em contacto.

Na Figura 4, está representada uma montagem semelhante à utilizada nessa aula laboratorial.

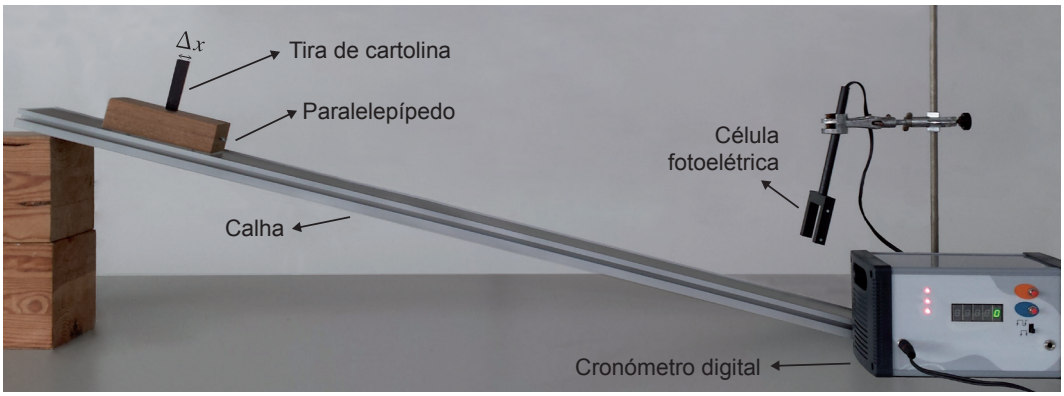



Figura 4

Nos ensaios efetuados, foi utilizado um paralelepípedo de madeira cujas faces laterais, de igual área, se encontravam revestidas por materiais diferentes. Em cada conjunto de ensaios, o paralelepípedo, deslizando sobre a calha sempre apoiado numa mesma face, foi abandonado em diversas posições, percorrendo assim distâncias diferentes até passar pela célula fotoelétrica.

O cronómetro digital ligado à célula fotoelétrica permitiu medir o intervalo de tempo que a tira de cartolina fixada no paralelepípedo demorava a passar em frente dessa célula.

No tratamento e na interpretação dos resultados experimentais obtidos, considerou-se desprezável a resistência do ar.

**1.** Para medir a largura, $\Delta x$, da tira de cartolina utilizou-se uma régua com uma escala cuja menor divisão é $1\ \text{mm}$.

Qual é a incerteza associada à escala dessa régua?

**2.** Num dos ensaios realizados, o paralelepípedo, de massa $90{,}48\ \text{g}$, foi abandonado numa determinada posição sobre a calha, tendo percorrido $0{,}870\ \text{m}$ até a tira de cartolina passar em frente da célula fotoelétrica. Nesse deslocamento, a altura a que o paralelepípedo se encontrava em relação a um mesmo nível de referência diminuiu $0{,}420\ \text{m}$.

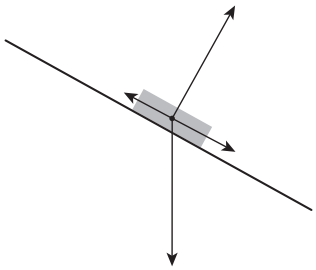
No ensaio realizado, a tira de cartolina, de largura $\Delta x = 1{,}50\ \text{cm}$, demorou $1{,}08 \times 10^{-2}\ \text{s}$ a passar em frente da célula fotoelétrica.

Calcule a intensidade da resultante das forças de atrito que atuaram no paralelepípedo, naquele ensaio. Admita que essa resultante se manteve constante.

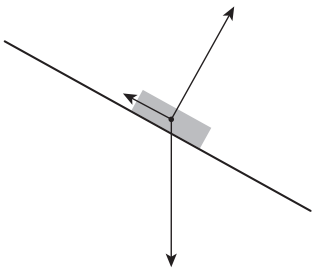
Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** Em qual dos esquemas seguintes está representado um diagrama das forças que atuam no paralelepípedo quando este, depois de abandonado, desliza sobre a calha?

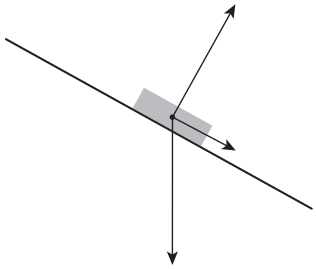
**(A)**



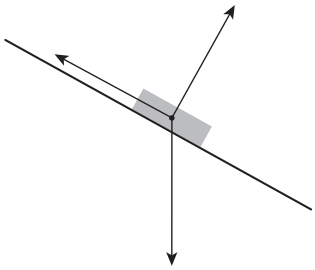
**(B)**



**(C)**



**(D)**



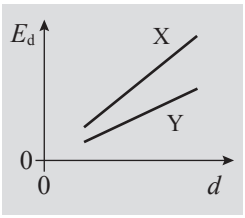
**4.** Num dos conjuntos de ensaios realizados, o paralelepípedo deslizou sobre a calha apoiado numa face revestida por um material $\mathrm{X}$ e, noutro conjunto de ensaios, deslizou sobre a calha apoiado numa face revestida por um material $\mathrm{Y}$.

Os resultados obtidos permitiram representar graficamente, num mesmo sistema de eixos, a energia dissipada, $E_{\mathrm{d}}$, em função da distância percorrida, $d$, para cada um dos conjuntos de ensaios realizados.

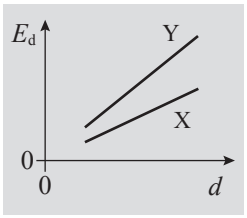
A partir dos gráficos obtidos foi possível concluir que a intensidade da resultante das forças de atrito que atuaram no paralelepípedo foi maior quando este deslizou apoiado na face revestida pelo material $\mathrm{X}$.

Qual das opções seguintes poderá representar os esboços dos gráficos obtidos?

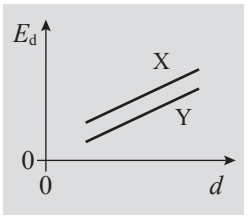
**(A)**



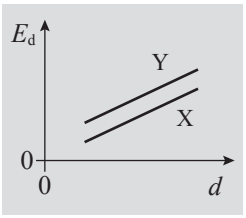

**(B)**




**(C)**




**(D)**



# GRUPO IV

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

Na Figura 5, está representado o gráfico da temperatura, $\theta$, da amostra em função do tempo, $t$, de exposição da lata à luz solar, no intervalo de tempo em que os dados foram registados.

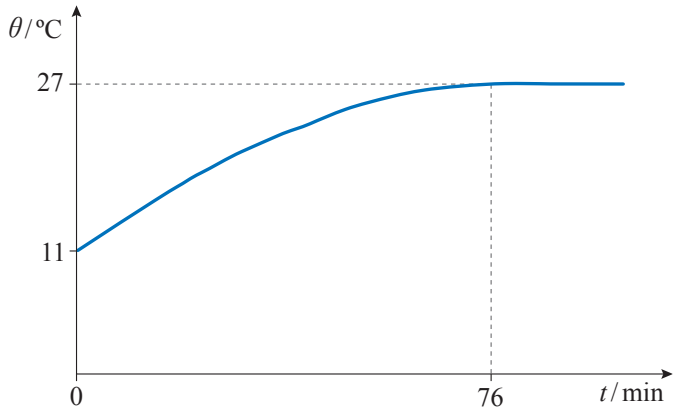



Figura 5

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

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

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

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

**(A)** da taxa temporal de absorção de energia pela superfície da lata.

**(B)** da taxa temporal de emissão de energia pela superfície da lata.

**(C)** da diferença entre as taxas temporais de absorção e de emissão de energia pela superfície da lata.

**(D)** da soma das taxas temporais de absorção e de emissão de energia pela superfície da lata.

**2.** Considere a amostra do refrigerante, de massa $0{,}34\ \text{kg}$ e à temperatura de $27\ ^{\circ}\text{C}$, e uma outra amostra do mesmo refrigerante, de massa $0{,}20\ \text{kg}$ e à temperatura de $5\ ^{\circ}\text{C}$.

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

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

**(A)** $(0{,}34 + 0{,}20) \times (\theta_e - 27) = (0{,}34 + 0{,}20) \times (\theta_e - 5)$

**(B)** $0{,}34 \times (\theta_e - 27) = 0{,}20 \times (\theta_e - 5)$

**(C)** $(0{,}34 + 0{,}20) \times (\theta_e - 27) = -(0{,}34 + 0{,}20) \times (\theta_e - 5)$

**(D)** $0{,}34 \times (\theta_e - 27) = -0{,}20 \times (\theta_e - 5)$

**3.** As latas de refrigerantes podem ser feitas de aço ou de uma liga de alumínio.

Na tabela seguinte, estão registados os valores de duas propriedades físicas do alumínio e de um determinado aço.

| | **Capacidade térmica mássica / J kg$^{-1}$ $^{o}$C$^{-1}$** | **Condutividade térmica / W m$^{-1}$ $^{o}$C$^{-1}$** |
|---|---|---|
| **Alumínio** | 897 | 237 |
| **Aço** | 486 | 52 |

Uma chapa de alumínio e uma chapa do aço considerado, de igual área, foram submetidas a uma mesma diferença de temperatura entre as respetivas faces.

Para que a potência transferida através das chapas seja a mesma, a espessura da chapa de alumínio deverá ser cerca de

**(A)** $1{,}8$ vezes menor do que a espessura da chapa de aço.

**(B)** $1{,}8$ vezes maior do que a espessura da chapa de aço.

**(C)** $4{,}6$ vezes maior do que a espessura da chapa de aço.

**(D)** $4{,}6$ vezes menor do que a espessura da chapa de aço.

# GRUPO V

As águas gaseificadas para consumo contêm dióxido de carbono, $CO_2$, dissolvido.

A Figura 6 mostra a evolução ao longo do tempo, $t$, do pH, a $25\ °C$, de uma amostra de uma água gaseificada que foi posta em contacto com o ar.

Os dados foram registados durante um determinado intervalo de tempo, que teve início num instante muito próximo daquele em que a amostra, inicialmente fechada, foi posta em contacto com o ar.

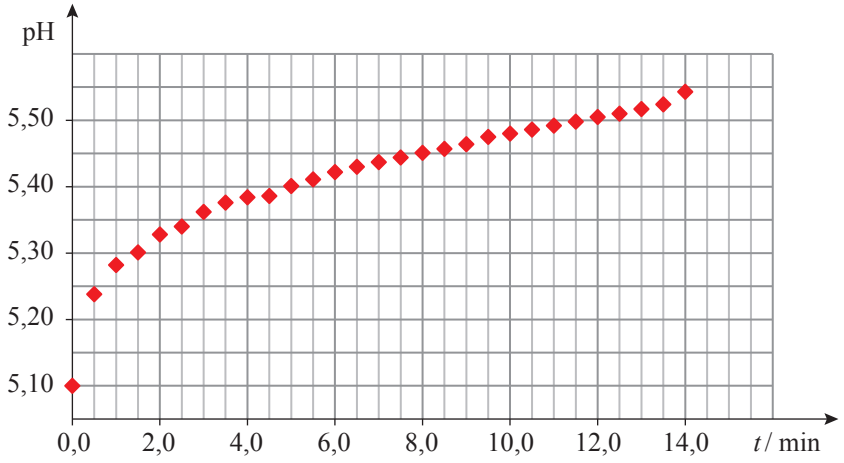



Figura 6

**1.** Na amostra da água gaseificada, a $25\ °C$, a concentração inicial de iões $H_3O^+(aq)$ é _____ a $1{,}00 \times 10^{-7}\ mol\ dm^{-3}$ e é _____ à concentração de iões $OH^-(aq)$.

**(A)** inferior ... igual

**(B)** superior ... superior

**(C)** inferior ... superior

**(D)** superior ... igual

**2.** Qual foi a variação da concentração de iões $H_3O^+(aq)$ na amostra da água gaseificada nos primeiros $5{,}0\ min$ do intervalo de tempo em que os dados foram registados?

Apresente o resultado com dois algarismos significativos.

**3.** O dióxido de carbono reage com a água, dando origem ao ácido carbónico, $H_2CO_3(aq)$.

Esta reação pode ser traduzida por

$$CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) \qquad (1)$$

O ácido carbónico, $H_2CO_3(aq)$, é um ácido diprótico fraco cuja reação de ionização global em água pode ser traduzida por

$$H_2CO_3(aq) + 2\,H_2O(l) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + 2\,H_3O^+(aq) \qquad (2)$$

**3.1.** Quais das seguintes espécies constituem um par ácido-base conjugado?

**(A)** $H_2O(l)$ e $CO_3^{2-}(aq)$

**(B)** $H_2CO_3(aq)$ e $H_3O^+(aq)$

**(C)** $H_3O^+(aq)$ e $H_2O(l)$

**(D)** $H_2CO_3(aq)$ e $CO_3^{2-}(aq)$

**3.2.** Durante o intervalo de tempo em que os dados foram registados, libertou-se $CO_2(g)$.

Justifique, com base no Princípio de Le Châtelier, o aumento do $pH$ da amostra da água gaseificada nesse intervalo de tempo.

Tenha em consideração as reações (1) e (2) acima representadas.

**4.** A concentração de iões $Ca^{2+}(aq)$ na amostra da água gaseificada é $2{,}54 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$, e o produto de solubilidade do carbonato de cálcio, $CaCO_3$, é $4{,}5 \times 10^{-9}$, a $25\ °C$.

Qual é a concentração mínima de iões carbonato, $CO_3^{2-}(aq)$, na amostra da água gaseificada, a $25\ °C$, a partir da qual poderá ocorrer a precipitação de $CaCO_3$?

**(A)** $1{,}8 \times 10^{-6}\ mol\ dm^{-3}$

**(B)** $6{,}7 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$

**(C)** $1{,}3 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**(D)** $2{,}5 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

# GRUPO VI

O dióxido de carbono, $CO_2$, reage com o hidrogénio, $H_2$, formando-se monóxido de carbono, $CO$, e vapor de água. A reação em fase gasosa pode ser traduzida pela equação química

$$CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$$

**1.** Nesta reação, a variação do número de oxidação do hidrogénio $(H)$ é

**(A)** $-1$

**(B)** $+1$

**(C)** $+2$

**(D)** $-2$

**2.** Num reator com a capacidade de $10{,}00\ L$, foi introduzida, à temperatura de $700\ °C$, uma mistura gasosa inicialmente constituída por $0{,}300\ mol$ de $CO(g)$ e por $0{,}300\ mol$ de $H_2O(g)$.

**2.1.** Qual é a quantidade total de átomos existente na mistura gasosa?

**(A)** $1{,}50\ mol$

**(B)** $1{,}20\ mol$

**(C)** $0{,}900\ mol$

**(D)** $0{,}600\ mol$

**2.2.** Calcule a densidade da mistura gasosa no reator.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.3.** Quando o sistema químico atingiu um estado de equilíbrio à temperatura de $700\ °C$, existia no reator uma quantidade de $CO(g)$ igual a $42{,}3\%$ da quantidade inicial deste gás.

Determine a constante de equilíbrio, $K_c$, a $700\ °C$, da reação traduzida pela equação química acima apresentada, a partir das concentrações de equilíbrio de cada uma das espécies envolvidas na reação.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO VII

**1.** Em qual das opções seguintes está representada na notação de Lewis a molécula de dióxido de carbono?

**(A)** $\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{O}}} - \mathrm{C} - \ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{O}}}$ **(B)** $\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{O}}} - \ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{C}}} - \ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{O}}}$ **(C)** $:\mathrm{O} = \mathrm{C} = \mathrm{O}:$ **(D)** $\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{O}}} = \mathrm{C} = \ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{O}}}$

**2.** Qual é o ângulo de ligação, em graus, na molécula de $CO_2$?

**3.** Uma das orbitais de valência do átomo de carbono no estado fundamental pode ser caracterizada pelo conjunto de números quânticos

**(A)** $(2, 2, 1)$

**(B)** $(2, 1, 0)$

**(C)** $(1, 0, 0)$

**(D)** $(1, 1, 0)$

**4.** A energia de ionização do oxigénio é $1{,}31 \times 10^3 \text{ kJ mol}^{-1}$.

A energia mínima necessária para remover um eletrão de um átomo de oxigénio no estado fundamental, isolado e em fase gasosa é

**(A)** $2{,}18 \times 10^{-24}\text{J}$, sendo o eletrão removido de uma qualquer orbital de valência.

**(B)** $2{,}18 \times 10^{-24}\text{J}$, sendo o eletrão removido de uma orbital $2\text{p}$.

**(C)** $2{,}18 \times 10^{-18}\text{J}$, sendo o eletrão removido de uma qualquer orbital de valência.

**(D)** $2{,}18 \times 10^{-18}\text{J}$, sendo o eletrão removido de uma orbital $2\text{p}$.

**5.** Explique porque é que o raio atómico do oxigénio é menor do que o raio atómico do carbono.

Tenha em consideração as configurações eletrónicas destes átomos no estado fundamental.

**FIM**

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

Um dos procedimentos mais comuns em laboratório é a preparação de soluções aquosas por diluição de soluções mais concentradas, de concentração conhecida, habitualmente designadas por soluções-mãe.

Na preparação rigorosa de uma solução por diluição, é necessário medir com rigor um determinado volume da solução mais concentrada, transferir esse volume de solução para um balão volumétrico (de capacidade igual ao volume de solução pretendido) e completar o volume de solução pretendido com água até ao traço de referência do balão. Durante a preparação da solução, esta deve ser agitada.

Em laboratório, é também possível determinar a densidade (massa volúmica) de soluções utilizando diferentes métodos, um dos quais é a picnometria de líquidos. Este método baseia-se na determinação da massa de solução contida num picnómetro cuja capacidade foi previamente calibrada, a uma mesma temperatura.

**1.** Para «medir com rigor um determinado volume da solução mais concentrada» (terceira e quarta linhas do texto), utiliza-se

**(A)** uma proveta.

**(B)** uma pipeta.

**(C)** um gobelé.

**(D)** um balão volumétrico.

**2.** Se pretendesse preparar $250{,}0\ \text{cm}^3$ de uma solução cinco vezes mais diluída do que a solução-mãe, que volume da solução-mãe teria de medir?

**(A)** $5{,}0\ \text{cm}^3$

**(B)** $10{,}0\ \text{cm}^3$

**(C)** $50{,}0\ \text{cm}^3$

**(D)** $200{,}0\ \text{cm}^3$

**3.** Considere uma solução-mãe de cloreto de potássio, $KCl(aq)$, que contém $2{,}35 \times 10^{-3}\,mol$ de $KCl$ por cada $1{,}00\,g$ de solução.

A massa volúmica desta solução foi determinada por picnometria, tendo sido obtidos, a uma mesma temperatura, os dados apresentados na tabela seguinte.

| | |
|---|---|
| **Capacidade do picnómetro** | $98{,}73\,mL$ |
| **Massa do picnómetro vazio** | $31{,}55\,g$ |
| **Massa do picnómetro cheio com a solução-mãe de KCl** | $145{,}09\,g$ |

Admita que quer preparar, por diluição dessa solução-mãe, uma solução de $KCl$ de concentração $0{,}27\,mol\,dm^{-3}$.

Calcule o fator de diluição a considerar na preparação da solução diluída de $KCl$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** A picnometria de líquidos permite determinar de forma indireta a massa volúmica de uma solução.

Que instrumento utilizaria se quisesse determinar de forma direta a massa volúmica de uma solução?

## GRUPO II

**1.** A solubilidade do cloreto de potássio, $KCl$, em água, é $35{,}54\ g$ de sal por $100\ g$ de água, a $25\ °C$.

Considere uma solução saturada de $KCl$ constituída apenas por este sal e por água.

Determine a quantidade de $KCl$ dissolvida em $250\ g$ dessa solução, a $25\ °C$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** A variação de entalpia ($\Delta H$) associada ao processo de dissolução do $KCl$ em água é positiva.

Preveja, com base no princípio de Le Châtelier, como variará a solubilidade deste sal em água à medida que a temperatura aumenta. Justifique a resposta.

**3.** O perclorato de potássio, $KClO_4$, constituído pelos iões $K^+$ e $ClO_4^-$, é um sal bastante menos solúvel em água do que o cloreto de potássio.

O produto de solubilidade do perclorato de potássio é $1{,}05 \times 10^{-2}$, a $25\ °C$.

A solubilidade deste sal em água, a $25\ °C$, será

**(A)** $5{,}25 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**(B)** $1{,}05 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$

**(C)** $2{,}10 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$

**(D)** $1{,}02 \times 10^{-1}\ mol\ dm^{-3}$

# GRUPO III

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

**1.** A Figura 1 representa um gráfico teórico da temperatura, $T$, dessa amostra em função do tempo, $t$. No traçado do gráfico, admitiu-se um rendimento de $100\%$ para o processo de transferência de energia considerado.

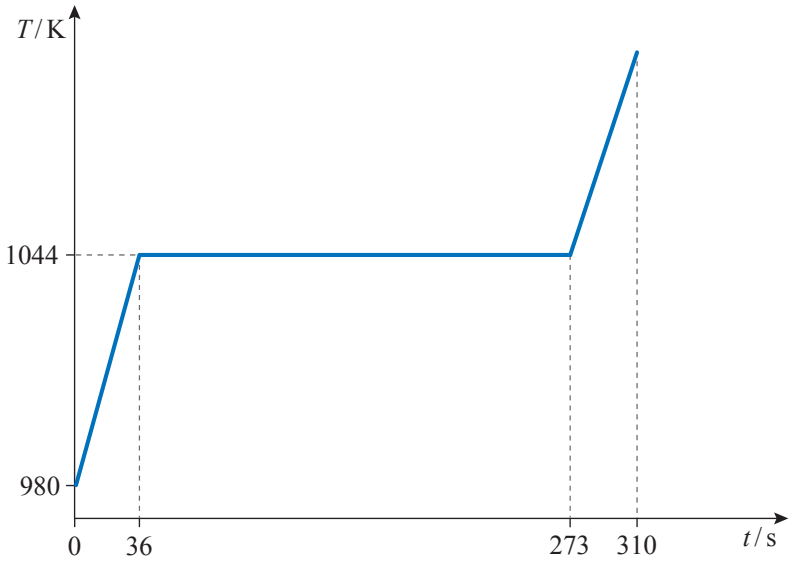



Figura 1

**1.1.** Se a potência da fonte fosse maior,

**(A)** seria necessária mais energia para a temperatura da amostra aumentar $1\ \text{K}$.

**(B)** seria necessária menos energia para fundir completamente a amostra.

**(C)** a mesma energia seria transferida num intervalo de tempo menor.

**(D)** a mesma energia provocaria um maior aumento da energia interna do sistema.

**1.2.** De acordo com o gráfico, qual será a variação da temperatura da amostra de $\text{KCl}$ considerada no intervalo de tempo $[0;\ 36]\ \text{s}$?

**1.3.** Considere os intervalos de tempo $[0; 36]$ s, $[36; 273]$ s e $[273; 310]$ s, e admita que a amostra de $KCl$ constitui um sistema fechado.

A variação da energia interna do sistema

**(A)** é nula apenas em dois dos intervalos de tempo considerados.

**(B)** é nula nos três intervalos de tempo considerados.

**(C)** é diferente de zero apenas em dois dos intervalos de tempo considerados.

**(D)** é diferente de zero nos três intervalos de tempo considerados.

**1.4.** Calcule a energia necessária para fundir $1{,}0$ kg de $KCl$ que se encontra à temperatura de fusão.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.5.** A capacidade térmica mássica do $KCl$ sólido e a capacidade térmica mássica do $KCl$ líquido são semelhantes.

Mostre, com base no gráfico da Figura 1 e sem efetuar cálculos, que esta afirmação é verdadeira.

**2.** O cloreto de potássio é constituído pelos iões $K^+$ e $Cl^-$.

**2.1.** A amostra considerada contém $2{,}68$ mol de $KCl$.

Quantos iões existem, no total, na amostra?

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

**2.2.** Os iões $K^+$ e $Cl^-$, no estado fundamental, apresentam

**(A)** ambos apenas seis eletrões de valência.

**(B)** o mesmo número de orbitais de valência.

**(C)** configurações eletrónicas diferentes.

**(D)** ambos apenas cinco orbitais ocupadas.

## GRUPO IV

O lítio, $Li$, e o potássio, $K$, são elementos do grupo 1 da tabela periódica.

**1.** A energia de ionização do lítio é $519\ kJ\ mol^{-1}$.

Transcreva e complete o esquema seguinte de modo a obter uma equação química que traduza a ionização de $1\ mol$ de átomos de lítio, no estado fundamental, isolados e em fase gasosa, quando lhes é fornecida uma energia de $519\ kJ$.

$$Li(g) \rightarrow _____ + _____$$

**2.** O lítio reage com a água, sendo a reação traduzida por

$$2\ Li(s) + 2\ H_2O(l) \rightarrow 2\ LiOH(aq) + H_2(g)$$

**2.1.** A reação do lítio com a água é uma reação completa, o que implica que

**(A)** ambos os reagentes se esgotem no decurso da reação.

**(B)** a quantidade dos produtos formados seja igual à quantidade inicial dos reagentes.

**(C)** a massa dos produtos formados seja igual à massa inicial dos reagentes.

**(D)** pelo menos um dos reagentes se esgote no decurso da reação.

**2.2.** Na reação considerada, o lítio _____ , atuando como _____ .

**(A)** oxida-se ... redutor

**(B)** oxida-se ... oxidante

**(C)** reduz-se ... redutor

**(D)** reduz-se ... oxidante

**2.3.** Numa tina contendo $200\ cm^3$ de água, fez-se reagir um pequeno pedaço de lítio. No final da reação, verificou-se que, a $25\ ºC$, o $pH$ da solução resultante era $13{,}27$.

Determine o volume, medido nas condições normais de pressão e de temperatura, de $H_2(g)$ que se terá formado na reação.

Admita que o volume da solução resultante é igual ao volume inicial de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.4.** Explique, com base nas configurações eletrónicas dos respetivos átomos no estado fundamental, porque é que o potássio reage mais vigorosamente com a água do que o lítio.

## GRUPO V

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

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

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

**(A)** $-10m \times (0{,}94 - 1{,}70)$

**(B)** $10m \times (0{,}94 - 1{,}70)$

**(C)** $-10m \times (0{,}94 + 1{,}70)$

**(D)** $10m \times (0{,}94 + 1{,}70)$

**1.2.** Se a percentagem de energia dissipada for a mesma em todas as colisões com o solo, é de prever que, num segundo ressalto, a bola atinja uma altura máxima de

**(A)** $0{,}18\ \text{m}$

**(B)** $0{,}42\ \text{m}$

**(C)** $0{,}52\ \text{m}$

**(D)** $0{,}55\ \text{m}$

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

**(A)** o mesmo sentido e intensidades diferentes.

**(B)** sentidos opostos e intensidades diferentes.

**(C)** o mesmo sentido e a mesma intensidade.

**(D)** sentidos opostos e a mesma intensidade.

**2.** A Figura 2 (que não se encontra à escala) representa uma bola de ténis que passa sobre a rede de um campo de ténis com velocidade horizontal, $\vec{v}$, descrevendo uma trajetória parabólica até embater no solo.

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).

Tenha em conta o referencial bidimensional representado na Figura 2.

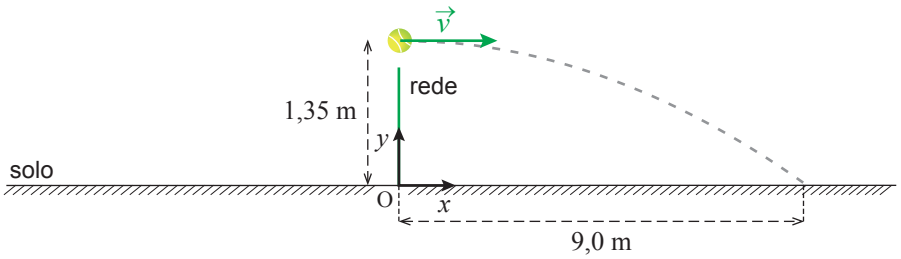
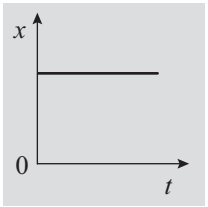


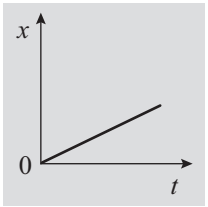

Figura 2

**2.1.** Qual é o esboço do gráfico que pode representar a componente escalar $x$ da posição da bola, em função do tempo, $t$, desde o instante em que a bola passa sobre a rede até ao instante em que embate no solo?

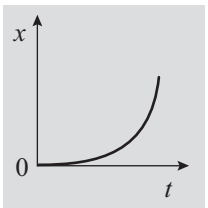
**(A)**



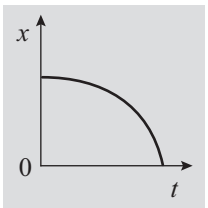

**(B)**




**(C)**

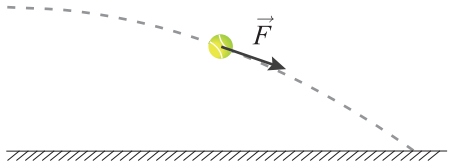



**(D)**

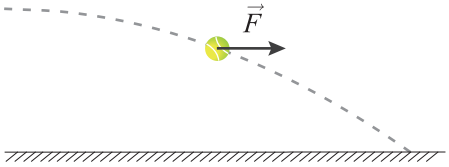


**2.2.** Em qual dos esquemas seguintes o vetor $\vec{F}$ pode representar a resultante das forças que atuam na bola, na posição assinalada?

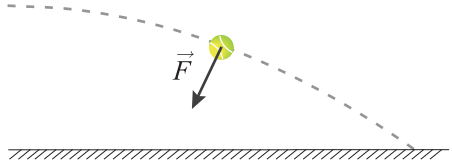
**(A)**



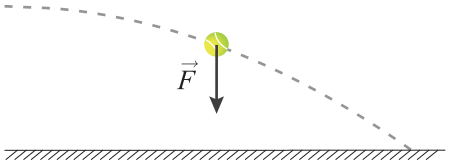

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.3.** A bola passa sobre a rede a $1{,}35\ \text{m}$ do solo e embate no solo a $9{,}0\ \text{m}$ da rede, como representado na Figura 2.

Calcule o módulo da velocidade com que a bola atinge o solo.

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO VI

Um feixe de radiação monocromática propaga-se no ar e incide numa face de um paralelepípedo de vidro.

Uma parte do feixe é refletida na face do paralelepípedo, enquanto outra parte passa a propagar-se no vidro, sendo o ângulo de refração menor do que o ângulo de incidência.

**1.** O comprimento de onda, no vácuo, da radiação utilizada na experiência é $6{,}5 \times 10^{-7}\,\text{m}$.

Qual é a frequência, em hertz ($\text{Hz}$), dessa radiação eletromagnética?

Apresente o resultado com dois algarismos significativos.

**2.** Quando a radiação passa do ar para o vidro, a sua velocidade de propagação _____ e o seu comprimento de onda _____ .

**(A)** diminui ... diminui

**(B)** diminui ... aumenta

**(C)** aumenta ... aumenta

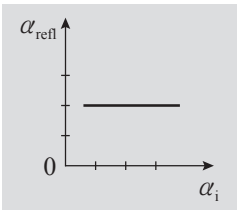
**(D)** aumenta ... diminui

**3.** Para diversos ângulos de incidência na superfície de separação ar-vidro, mediram-se os ângulos de reflexão e de refração correspondentes.

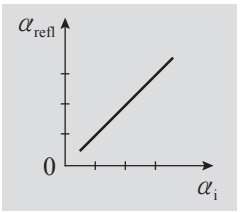
**3.1.** Os resultados obtidos permitiram traçar o gráfico do ângulo de reflexão, $\alpha_{\text{refl}}$, em função do ângulo de incidência, $\alpha_{\text{i}}$.

Qual é o esboço desse gráfico, assumindo a mesma escala nos dois eixos?

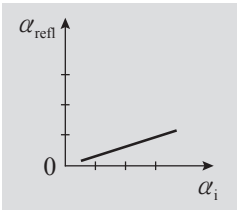
**(A)**



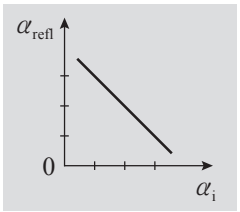

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**3.2.** Na tabela seguinte, estão registados os senos dos ângulos de incidência, $\sin \alpha_i$ , e os senos dos correspondentes ângulos de refração, $\sin \alpha_{refr}$ .

| $\sin \alpha_i$ | $\sin \alpha_{refr}$ |
|---|---|
| 0,342 | 0,232 |
| 0,423 | 0,291 |
| 0,500 | 0,342 |
| 0,574 | 0,392 |
| 0,643 | 0,438 |

Determine, para a radiação considerada, o índice de refração do vidro constituinte do paralelepípedo utilizado na experiência.

Na sua resposta, apresente a equação da reta de ajuste obtida, identificando as grandezas consideradas.

Apresente todas as etapas de resolução.

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

**FIM**

Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.

Nas respostas aos itens em que é pedida a apresentação de todas as etapas de resolução, explicite todos os cálculos efetuados e apresente todas as justificações ou conclusões solicitadas.

Utilize unicamente valores numéricos das grandezas referidas na prova (no enunciado dos itens, na tabela de constantes e na tabela periódica).

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

## GRUPO I

A Figura 1 representa esquematicamente, vista de cima, a montagem utilizada por um grupo de alunos, numa atividade laboratorial sobre movimento circular uniforme. Nessa montagem, um carrinho (1), colocado sobre uma plataforma giratória (2), está preso por um fio (3) a um sensor de força (não representado na figura). Por ação de um motor, essa plataforma gira num plano horizontal, com velocidade angular constante. O motor pode ser regulado de modo a permitir alterar, de ensaio para ensaio, o módulo da velocidade angular da plataforma.

Quando a plataforma gira, o carrinho descreve um movimento circular uniforme em torno do eixo da plataforma.

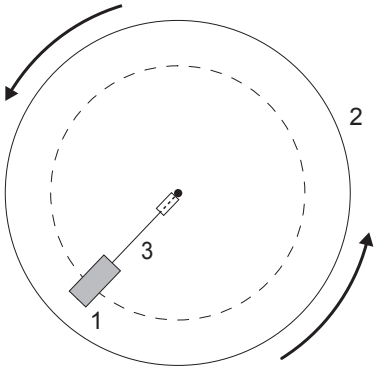



Figura 1

**1.** Além da montagem acima descrita, os alunos dispõem também de um cronómetro.

Descreva uma metodologia que permita determinar indiretamente a frequência de rotação da plataforma giratória, num dos ensaios realizados.

**2.** Numa primeira série de ensaios, mantendo constante o raio da trajetória descrita pelo carrinho, os alunos investigaram a relação entre a intensidade da resultante das forças, $F$, que atuam no carrinho e o período, $T$, de rotação da plataforma.

Essa série de ensaios terá permitido concluir que $F$ é diretamente proporcional a

**(A)** $\frac{1}{T^2}$ **(B)** $\frac{1}{T}$

**(C)** $T^2$ **(D)** $T$

**3.** Numa segunda série de ensaios, os alunos foram colocando sobrecargas no carrinho, para investigarem a relação entre o módulo da aceleração, $a$, dos conjuntos *carrinho* + *sobrecargas* e a respetiva massa, $m$.

Os resultados obtidos permitiram traçar um gráfico de $a$ em função de $m$, cujo esboço se encontra representado na Figura 2.

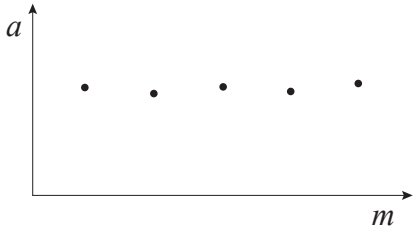



Figura 2

Que conclusão se pode tirar a partir do esboço de gráfico representado?

**4.** Numa terceira série de ensaios, mantendo constante a velocidade angular da plataforma, os alunos investigaram a relação entre o módulo da aceleração, $a$, do carrinho e o raio, $r$, da trajetória por ele descrita. A partir dos resultados experimentais obtidos, os alunos construíram a tabela seguinte.

| $r$ / m | $a$ / m s$^{-2}$ |
|---|---|
| 0,104 | 7,80 |
| 0,147 | 11,00 |
| 0,177 | 12,95 |
| 0,203 | 15,18 |
| 0,257 | 19,10 |

Determine o módulo da velocidade angular da plataforma nesta série de ensaios.

Na sua resposta, apresente, para o gráfico de $a$ em função de $r$, a equação da reta de ajuste obtida, identificando as grandezas físicas consideradas.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO II

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

A Figura 3 representa o módulo da velocidade, $v$, da cabina desse elevador, em função do tempo, $t$, desde o instante em que a cabina parte da base do edifício até ao instante em que atinge a plataforma.

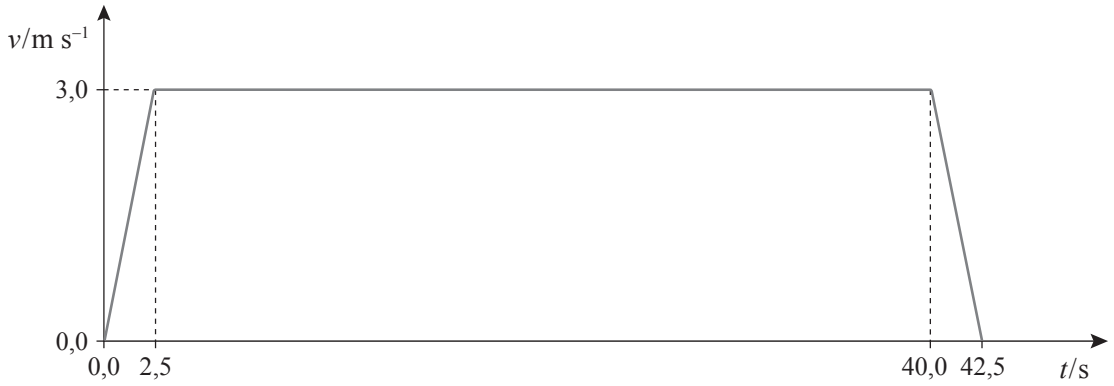



Figura 3

**1.1.** A força gravítica que atua na cabina realiza um trabalho _____ no intervalo de tempo $[0{,}0;\ 2{,}5]\ \text{s}$ e um trabalho _____ no intervalo de tempo $[40{,}0;\ 42{,}5]\ \text{s}$.

**(A)** positivo ... positivo **(B)** positivo ... negativo

**(C)** negativo ... positivo **(D)** negativo ... negativo

**1.2.** Conclua se há, ou não, conservação da energia mecânica do sistema *cabina* + *Terra* no intervalo de tempo $[2{,}5;\ 40{,}0]\ \text{s}$. Apresente, sem efetuar cálculos, a fundamentação que lhe permite obter aquela conclusão.

**1.3.** A soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam na cabina é

**(A)** nula no intervalo de tempo $[0{,}0;\ 2{,}5]\ \text{s}$.

**(B)** nula no intervalo de tempo $[2{,}5;\ 40{,}0]\ \text{s}$.

**(C)** negativa no intervalo de tempo $[0{,}0;\ 2{,}5]\ \text{s}$.

**(D)** positiva no intervalo de tempo $[2{,}5;\ 40{,}0]\ \text{s}$.

**1.4.** Considere um ocupante da cabina do elevador, de massa $80\ \text{kg}$.

Determine a variação da energia potencial gravítica do sistema *ocupante* + *Terra* entre a base do edifício e a plataforma panorâmica.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Um edifício está equipado com um conjunto de painéis fotovoltaicos.

**2.1.** O rendimento de um painel fotovoltaico _____ da potência que ele fornece ao circuito exterior e _____ da sua orientação relativamente aos pontos cardeais.

**(A)** não depende ... depende

**(B)** não depende ... não depende

**(C)** depende ... não depende

**(D)** depende ... depende

**2.2.** O conjunto de painéis fotovoltaicos instalado no edifício tem uma área total de $160\ \text{m}^2$ e uma potência média de $3{,}7\ \text{kW}$.

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

Calcule o rendimento médio do conjunto de painéis fotovoltaicos.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** Duas janelas, $\text{X}$ e $\text{Y}$, de uma habitação, estão equipadas com o mesmo tipo de vidro simples. O vidro da janela $\text{X}$ tem o dobro da espessura do vidro da janela $\text{Y}$ e ocupa o triplo da área.

Considere que $P_{\text{X}}$ e $P_{\text{Y}}$ designam, respetivamente, a potência transferida, por condução, através do vidro da janela $\text{X}$ e através do vidro da janela $\text{Y}$.

Qual é a relação entre $P_{\text{X}}$ e $P_{\text{Y}}$ se ambos os vidros estiverem submetidos à mesma diferença de temperatura?

**(A)** $P_{\text{X}} = \frac{3}{2} P_{\text{Y}}$

**(B)** $P_{\text{X}} = \frac{2}{3} P_{\text{Y}}$

**(C)** $P_{\text{X}} = 6 P_{\text{Y}}$

**(D)** $P_{\text{X}} = \frac{1}{6} P_{\text{Y}}$

## GRUPO III

A radiação eletromagnética propaga-se no ar com uma velocidade praticamente igual à sua velocidade de propagação no vazio, pelo que o índice de refração do ar é $1{,}00$.

**1.** A Figura 4 representa o trajeto de um feixe de radiação monocromática, muito fino, que, propagando-se inicialmente no ar, atravessa um semicilindro de um material transparente, voltando depois a propagar-se no ar.

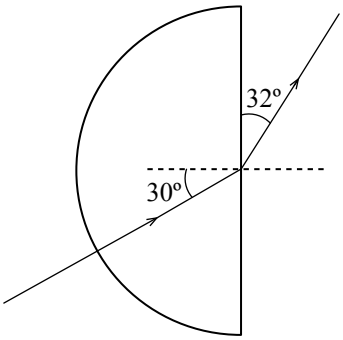



Figura 4

**1.1.** Uma parte do feixe incidente na superfície plana do semicilindro sofre reflexão nessa superfície.

Qual é o ângulo, em graus, que se deverá observar entre o feixe refletido nessa superfície (não representado na Figura 4) e o feixe refratado?

**1.2.** Qual é, para a radiação considerada, o índice de refração do material constituinte do semicilindro representado na Figura 4?

**(A)** $0{,}59$

**(B)** $1{,}1$

**(C)** $1{,}7$

**(D)** $1{,}9$

**2.** No ar, uma radiação tem um comprimento de onda de $540\ \text{nm}$.

Qual é o comprimento de onda dessa radiação num meio de índice de refração $1{,}40$?

**(A)** $216\ \text{nm}$

**(B)** $386\ \text{nm}$

**(C)** $540\ \text{nm}$

**(D)** $756\ \text{nm}$

## GRUPO IV

Ao nível do mar, o ar seco é uma mistura gasosa constituída por cerca de:

- $78\%$, em volume, de nitrogénio, $N_2(g)$;
- $21\%$, em volume, de oxigénio, $O_2(g)$;
- $1\%$, em volume, de outros gases.

**1.** Considere uma amostra de ar seco, recolhida ao nível do mar, de volume $5{,}0\ dm^3$, medido nas condições normais de pressão e de temperatura.

Calcule a massa de $O_2(g)$ que deverá existir nessa amostra.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Considere a representação da molécula de $O_2$ na notação de Lewis.

Quantos eletrões não compartilhados devem ser representados em cada um dos átomos de oxigénio?

**(A)** Dois.

**(B)** Quatro.

**(C)** Seis.

**(D)** Oito.

**3.** Na molécula de $N_2$, a energia da ligação $N \equiv N$ é $941\ kJ\ mol^{-1}$.

Quando se formam, a pressão constante, duas moles de átomos de nitrogénio, no estado gasoso, a partir de uma mole de $N_2(g)$, é _____, como calor, uma energia de _____ kJ.

**(A)** libertada ... 941

**(B)** libertada ... 1882

**(C)** absorvida ... 941

**(D)** absorvida ... 1882

**4.** Em 1898, W. Ramsay isolou, do ar, um gás até aí desconhecido. O espectro de emissão desse gás permitiu concluir que ele era formado por um elemento químico que nunca tinha sido identificado, a que chamaram árgon.

**4.1.** Explique como terá sido possível concluir, a partir do espectro de emissão do gás na região do visível, que este gás era constituído por um elemento químico que nunca tinha sido identificado.

Comece por referir o que se observa num espectro atómico de emissão, na região do visível.

**4.2.** Num átomo de árgon, $\mathrm{Ar}$, no estado fundamental, quantos eletrões se encontram, no total, em orbitais caracterizadas pelo número quântico $l = 1$?

**(A)** Dois.

**(B)** Seis.

**(C)** Oito.

**(D)** Doze.

**4.3.** Um dos isótopos do árgon, $\mathrm{Ar}$, tem número de massa $40$.

Quantos neutrões existem, no total, no núcleo de um átomo desse isótopo?

## GRUPO V

O dióxido de nitrogénio, $NO_2(g)$, é um poluente atmosférico com diversos efeitos adversos.

**1.** O $NO_2(g)$ é um gás de cor castanha que, em sistema fechado, existe sempre misturado com $N_2O_4(g)$, um gás incolor, devido a uma reação que pode ser traduzida por

$$2\ NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$$

Considere uma mistura de $NO_2(g)$ e de $N_2O_4(g)$ que se encontra em equilíbrio químico, à temperatura $T$.

**1.1.** A constante de equilíbrio, $K_c$ , da reação considerada é $2{,}2 \times 10^2$, à temperatura $T$.

Qual será a concentração de $NO_2(g)$ na mistura em equilíbrio, se a concentração de $N_2O_4(g)$ nessa mistura for $0{,}030\ \text{mol dm}^{-3}$?

**(A)** $[NO_2] = \sqrt{\dfrac{0{,}030}{2{,}2 \times 10^2}}\ \text{mol dm}^{-3}$

**(B)** $[NO_2] = \dfrac{2{,}2 \times 10^2}{2 \times 0{,}030}\ \text{mol dm}^{-3}$

**(C)** $[NO_2] = \sqrt{\dfrac{2{,}2 \times 10^2}{0{,}030}}\ \text{mol dm}^{-3}$

**(D)** $[NO_2] = \dfrac{2 \times 0{,}030}{2{,}2 \times 10^2}\ \text{mol dm}^{-3}$

**1.2.** Aquecendo a mistura, a volume constante, observa-se a intensificação da cor castanha.

À medida que a temperatura aumenta, sendo a reação direta _____ , a constante de equilíbrio da reação acima representada _____ .

**(A)** endotérmica ... aumenta

**(B)** exotérmica ... aumenta

**(C)** endotérmica ... diminui

**(D)** exotérmica ... diminui

**2.** Em laboratório, o $NO_2(g)$ pode ser preparado por reação do cobre sólido com uma solução concentrada de ácido nítrico, $HNO_3(aq)$ ($M = 63{,}02\ g\ mol^{-1}$). Essa reação pode ser traduzida por

$$Cu(s) + 4\ HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2\ H_2O(l) + 2\ NO_2(g)$$

Adicionaram-se $80{,}0\ g$ de cobre a $2{,}00 \times 10^2\ cm^3$ de uma solução de ácido nítrico, de densidade $1{,}42\ g\ cm^{-3}$, que contém $68\%$, em massa, de $HNO_3$.

Identifique o reagente limitante.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO VI

**1.** Considere átomos de flúor, de cloro e de bromo.

**1.1.** Quantos valores diferenciados de energia têm os eletrões de valência de qualquer um daqueles átomos no estado fundamental?

**(A)** Um. **(B)** Dois.

**(C)** Três. **(D)** Quatro.

**1.2.** A energia de ionização do cloro é a energia mínima necessária para, a partir de um átomo de cloro no estado fundamental, isolado e em fase gasosa, se formar um determinado ião.

Qual das configurações eletrónicas seguintes pode corresponder a esse ião no estado fundamental?

**(A)** $[Ne]\ 3s^2\ 3p_x^2\ 3p_y^2\ 3p_z^0$

**(B)** $[Ne]\ 3s^2\ 3p_x^2\ 3p_y^2\ 3p_z^2$

**(C)** $[Ne]\ 3s^2\ 3p_x^1\ 3p_y^2\ 3p_z^1$

**(D)** $[Ne]\ 3s^1\ 3p_x^2\ 3p_y^2\ 3p_z^1$

**2.** Os átomos de flúor, de cloro e de bromo podem ligar-se a átomos de hidrogénio, originando as moléculas $HF$, $HCl$ e $HBr$, respetivamente.

Ordene as ligações $H-F$, $H-Cl$ e $H-Br$ por ordem decrescente do comprimento de ligação.

**3.** O ácido fluorídrico, $HF(aq)$, é um ácido fraco, cuja reação de ionização em água pode ser traduzida por

$$HF(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons F^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

**3.1.** Qual das expressões seguintes pode traduzir a constante de basicidade, $K_b$, da base conjugada do ácido fluorídrico?

**(A)** $K_b = \dfrac{[HF][OH^-]}{[F^-][H_2O]}$

**(B)** $K_b = \dfrac{[HF][OH^-]}{[F^-]}$

**(C)** $K_b = \dfrac{[HF]}{[F^-][H_3O^+]}$

**(D)** $K_b = \dfrac{[HF][H_2O]}{[F^-][H_3O^+]}$

**3.2.** O $pH$ de uma solução de ácido fluorídrico de concentração $0{,}020\ mol\ dm^{-3}$ é $2{,}45$, a $25\ ºC$.

Determine a percentagem de ácido não ionizado, nessa solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

**4.** Ao contrário do ácido fluorídrico, o ácido clorídrico, $HCl(aq)$, é um ácido forte.

Adicionaram-se $150\ cm^3$ de $HCl(aq)$ de concentração $0{,}020\ mol\ dm^{-3}$ a $1{,}00\ dm^3$ de água.

Admita que o volume da solução resultante é a soma dos volumes adicionados.

Qual é o $pH$ da solução resultante dessa adição?

**(A)** $2{,}58$ **(B)** $2{,}52$

**(C)** $1{,}76$ **(D)** $1{,}70$

**FIM**

# GRUPO I

O ar seco é uma mistura gasosa constituída essencialmente por nitrogénio, $N_2(g)$, e por oxigénio, $O_2(g)$, na qual existem ainda componentes minoritários como o árgon, $Ar(g)$, e o dióxido de carbono, $CO_2(g)$.

**1.** Considere que o teor de $CO_2(g)$ no ar seco é, aproximadamente, $0{,}05\ \%$ ($m/m$).

**1.1.** O teor de $CO_2(g)$ no ar seco, em ppm, é, aproximadamente,

**(A)** $5 \times 10^6$ ppm

**(B)** $5 \times 10^4$ ppm

**(C)** $5 \times 10^2$ ppm

**(D)** $5$ ppm

**1.2.** Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade de $CO_2$ que existirá numa amostra de $1$ kg de ar seco?

**(A)** $\left(\frac{0{,}05 \times 10}{44{,}01}\right)$ mol

**(B)** $\left(\frac{0{,}05 \times 100}{44{,}01}\right)$ mol

**(C)** $\left(\frac{0{,}05}{100 \times 44{,}01}\right)$ mol

**(D)** $\left(\frac{0{,}05}{10 \times 44{,}01}\right)$ mol

**2.** Considere que em $100$ g de ar seco existem $23{,}14$ g de $O_2(g)$ e que, nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN), a massa volúmica do ar seco é $1{,}30\ \text{g dm}^{-3}$.

Determine a percentagem em volume de $O_2(g)$ no ar seco.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.** A molécula de $CO_2$ apresenta geometria linear, porque

**(A)** é uma molécula triatómica.

**(B)** é uma molécula simétrica.

**(C)** não existem eletrões de valência não ligantes no átomo de carbono.

**(D)** existem eletrões de valência não ligantes nos átomos de oxigénio.

**4.** Explique, com base nas configurações eletrónicas dos átomos de carbono e de oxigénio no estado fundamental, porque é que o raio atómico do carbono é maior do que o raio atómico do oxigénio.

Apresente num texto a explicação solicitada.

**5.** Um dos iões mais abundantes na ionosfera é o ião $O^+(g)$.

A configuração eletrónica de valência do ião $O^+(g)$ no estado fundamental apresenta, no total,

**(A)** dois eletrões desemparelhados.

**(B)** três eletrões desemparelhados.

**(C)** duas orbitais completamente preenchidas.

**(D)** três orbitais completamente preenchidas.

## GRUPO II

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

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

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

**(A)** duas vezes menor.

**(B)** duas vezes maior.

**(C)** oito vezes menor.

**(D)** oito vezes maior.

**2.** Quando se liga um aquecedor, estabelecem-se correntes de convecção no ar. Nestas correntes,

**(A)** o ar quente, menos denso, sobe e o ar frio, mais denso, desce.

**(B)** o ar quente, mais denso, desce e o ar frio, menos denso, sobe.

**(C)** o ar quente, menos denso, desce e o ar frio, mais denso, sobe.

**(D)** o ar quente, mais denso, sobe e o ar frio, menos denso, desce.

**3.** Foi realizado um trabalho de $240\ \text{J}$ sobre uma amostra de ar, tendo a energia interna da amostra diminuído $500\ \text{J}$.

No processo termodinâmico considerado, a amostra

**(A)** cedeu $260\ \text{J}$, como calor.

**(B)** recebeu $260\ \text{J}$, como calor.

**(C)** cedeu $740\ \text{J}$, como calor.

**(D)** recebeu $740\ \text{J}$, como calor.

# GRUPO III

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

O gráfico da Figura 1 representa a variação da pressão do ar, $\Delta p$, em relação à pressão de equilíbrio, em função do tempo, $t$, num ponto em que um som é detetado.

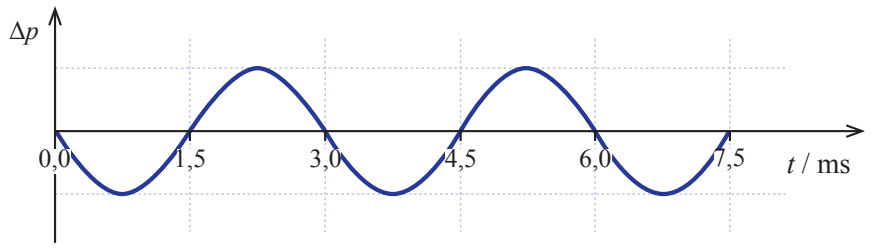



Figura 1

**1.1.** Qual é a frequência angular do sinal sonoro?

**(A)** $6{,}7\times10^{2}\ \text{rad s}^{-1}$

**(B)** $3{,}3\times10^{2}\ \text{rad s}^{-1}$

**(C)** $4{,}2\times10^{3}\ \text{rad s}^{-1}$

**(D)** $2{,}1\times10^{3}\ \text{rad s}^{-1}$

**1.2.** O gráfico mostra que, no intervalo de tempo $[0{,}0\ ;\ 7{,}5]\ \text{ms}$,

**(A)** a onda sonora é transversal.

**(B)** a onda sonora é complexa.

**(C)** a amplitude da variação da pressão no ponto considerado é constante.

**(D)** a velocidade de propagação do sinal sonoro é constante.

**2.** Um som emitido à superfície de um lago é detetado por um sensor, colocado dentro de água, e por um outro sensor, colocado no ar. Os dois sensores estão à mesma distância do local onde o som é emitido, mas o sensor que se encontra dentro de água deteta o som $1{,}14\ \text{s}$ antes do sensor que se encontra no ar.

Considere que a velocidade de propagação do som na água do lago é $1{,}5 \times 10^3\ \text{m s}^{-1}$, que a velocidade de propagação do som no ar é $3{,}4 \times 10^2\ \text{m s}^{-1}$ e que $t_{\text{água}}$ e $t_{\text{ar}}$ representam o tempo decorrido desde a emissão do som até à sua deteção pelo sensor que se encontra dentro de água e pelo sensor que se encontra no ar, respetivamente.

Qual dos sistemas de equações seguintes pode traduzir a situação física descrita?

**(A)** $\begin{cases} 1{,}5 \times 10^3\ t_{\text{água}} = 3{,}4 \times 10^2\ t_{\text{ar}} \quad (\text{SI}) \\ t_{\text{ar}} - t_{\text{água}} = 1{,}14 \quad (\text{SI}) \end{cases}$

**(B)** $\begin{cases} 3{,}4 \times 10^2\ t_{\text{água}} = 1{,}5 \times 10^3\ t_{\text{ar}} \quad (\text{SI}) \\ t_{\text{ar}} - t_{\text{água}} = 1{,}14 \quad (\text{SI}) \end{cases}$

**(C)** $\begin{cases} 1{,}5 \times 10^3\ t_{\text{água}} = 3{,}4 \times 10^2\ t_{\text{ar}} \quad (\text{SI}) \\ t_{\text{ar}} + t_{\text{água}} = 1{,}14 \quad (\text{SI}) \end{cases}$

**(D)** $\begin{cases} 3{,}4 \times 10^2\ t_{\text{água}} = 1{,}5 \times 10^3\ t_{\text{ar}} \quad (\text{SI}) \\ t_{\text{ar}} + t_{\text{água}} = 1{,}14 \quad (\text{SI}) \end{cases}$

# GRUPO IV

**1.** A Figura 2 representa parte da trajetória de um balão meteorológico que sobe na atmosfera, com velocidade de módulo praticamente constante.

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

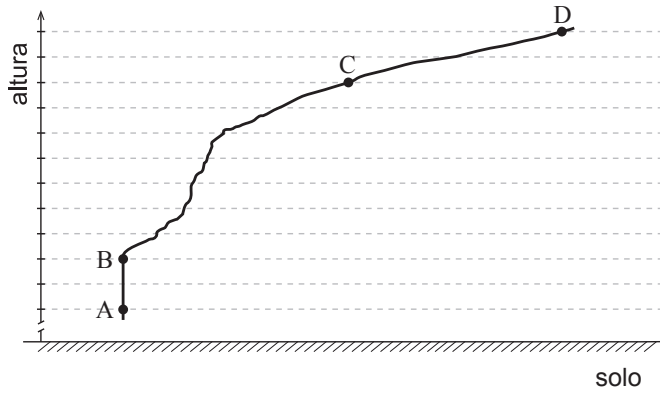



Figura 2

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

**(A)** é superior ao trabalho realizado pelo peso do balão entre as posições A e B.

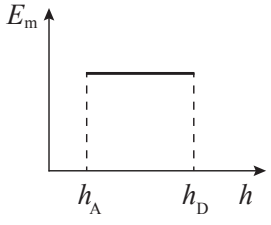
**(B)** é igual ao trabalho realizado pelo peso do balão entre as posições A e B.

**(C)** é independente da massa do balão.

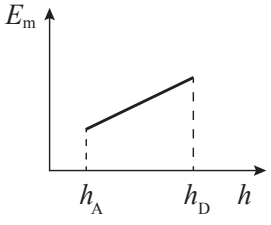
**(D)** depende apenas da massa do balão.

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

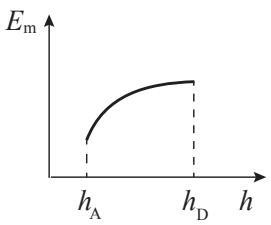
**(A)**



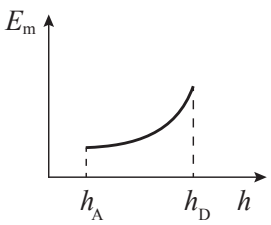

**(B)**




**(C)**




**(D)**



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

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

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Geralmente, os balões meteorológicos transportam uma radiossonda que emite um sinal eletromagnético de determinada frequência.

Se a frequência desse sinal for $1680\ \text{MHz}$, o comprimento de onda, no ar, da radiação considerada será

**(A)** $0{,}560\ \text{m}$

**(B)** $5{,}60\ \text{m}$

**(C)** $179\ \text{m}$

**(D)** $0{,}179\ \text{m}$

**3.** O hidrogénio utilizado nos balões meteorológicos pode ser produzido a partir da reação entre o hidreto de cálcio sólido, $CaH_2\,(s)$, e a água líquida, formando-se hidróxido de cálcio sólido, $Ca(OH)_2\,(s)$, e hidrogénio gasoso, $H_2\,(g)$.

**3.1.** Escreva a equação química que traduz a reação acima descrita.

**3.2.** O número de oxidação do cálcio no hidreto de cálcio é

**(A)** $+2$

**(B)** $+1$

**(C)** $-2$

**(D)** $-1$

# GRUPO V

A Figura 3 representa uma montagem que foi utilizada na determinação experimental do módulo da aceleração gravítica.

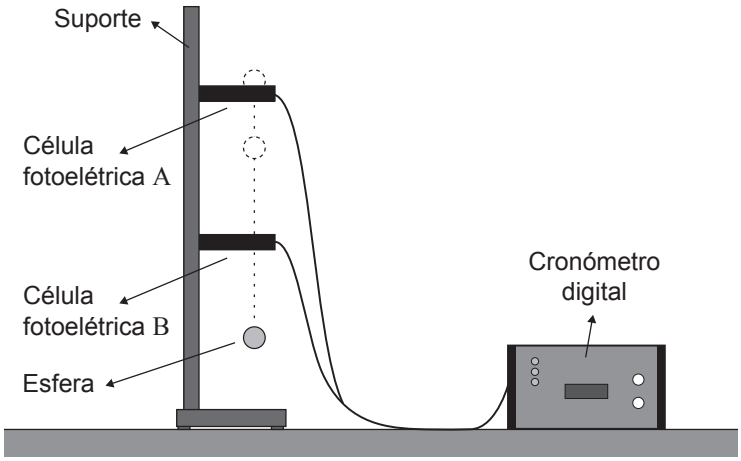



Figura 3

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

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

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

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

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

**(A)** $t_B = (8{,}80 \pm 0{,}01)$ ms

**(B)** $t_B = (8{,}80 \pm 0{,}06)$ ms

**(C)** $t_B = (8{,}80 \pm 0{,}05)$ ms

**(D)** $t_B = (8{,}80 \pm 0{,}04)$ ms

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

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

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

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

**(A)** superior ... excesso

**(B)** superior ... defeito

**(C)** inferior ... excesso

**(D)** inferior ... defeito

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

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

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

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO VI

Considere uma reação química em fase gasosa traduzida pelo esquema

$$a\,A(g) + b\,B(g) \rightleftharpoons c\,C(g)$$

em que $a$, $b$ e $c$ são os coeficientes estequiométricos das substâncias A, B e C, respetivamente.

**1.** Admita que, num reator com a capacidade de $1{,}00\ L$, se introduziram, à temperatura $T$, $0{,}400\ mol$ de $A(g)$ e $0{,}400\ mol$ de $B(g)$.

**1.1.** Considere que A e B são substâncias moleculares.

Quantas moléculas foram, no total, inicialmente introduzidas no reator?

**(A)** $2{,}41 \times 10^{23}$

**(B)** $4{,}82 \times 10^{23}$

**(C)** $1{,}93 \times 10^{24}$

**(D)** $9{,}63 \times 10^{23}$

**1.2.** No quadro seguinte, estão registadas as quantidades das substâncias A, B e C que existem no reator, num mesmo estado de equilíbrio do sistema, à temperatura $T$.

| **Substância** | A | B | C |
|---|---|---|---|
| ***n* / mol** | 0,344 | 0,232 | 0,112 |

Calcule a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação considerada, à temperatura $T$.

Comece por determinar os coeficientes estequiométricos $a$, $b$ e $c$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Admita que a reação considerada ocorre em sistema fechado, sendo a variação de entalpia do sistema negativa.

Conclua, com base no princípio de Le Châtelier, como variará a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação se a temperatura aumentar.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

## GRUPO VII

O ácido metanoico, $HCOOH$ ($M = 46{,}03\ g\ mol^{-1}$), também conhecido por ácido fórmico, é um ácido monoprótico fraco (a sua constante de acidez é $1{,}7 \times 10^{-4}$, a $25\ ^oC$) cuja ionização em água pode ser traduzida por

$$HCOOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCOO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

**1.** Quantos eletrões de valência existem, no total, na molécula de ácido metanoico?

**2.** Naquela reação, estão envolvidos dois pares conjugados ácido-base, segundo Brönsted-Lowry.

Segundo Brönsted-Lowry, o que é um par conjugado ácido-base?

**3.** Admita que quer preparar $250{,}0\ cm^3$ de uma solução aquosa de ácido metanoico cujo $pH$, a $25\ ^oC$, deverá ser $3{,}20$.

Calcule a massa de ácido metanoico que terá de ser utilizada para preparar aquela solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

# GRUPO I

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

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

**1.** O trabalho realizado pelo peso do conjunto A, num percurso nessa pista,

**(A)** é nulo, porque o peso do conjunto é perpendicular ao deslocamento efetuado.

**(B)** será diferente de zero se a energia cinética do conjunto variar.

**(C)** é nulo, porque o peso do conjunto é independente do deslocamento efetuado.

**(D)** será diferente de zero se a trajetória do conjunto for circular.

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

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

**(A)** $v_A = \frac{4}{3} v_B$

**(B)** $v_A = \frac{3}{4} v_B$

**(C)** $v_A = \sqrt{\frac{4}{3}}\ v_B$

**(D)** $v_A = \sqrt{\frac{3}{4}}\ v_B$

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

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

Na Figura 1, encontram-se representados os esboços dos gráficos das componentes escalares da velocidade, $v_x$, dos conjuntos A e B, segundo o referencial $Ox$, em função do tempo, $t$, no intervalo de tempo considerado.

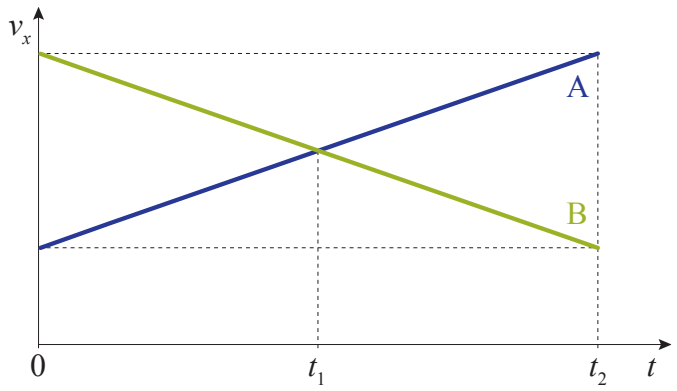



Figura 1

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

**(A)** cruzam-se no instante $t_1$.

**(B)** movem-se no mesmo sentido.

**(C)** percorrem distâncias diferentes.

**(D)** têm módulos da aceleração diferentes.

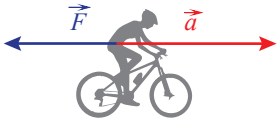
**3.2.** Conclua se a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no conjunto A, no intervalo de tempo $[0, t_2]$, é positiva ou negativa.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

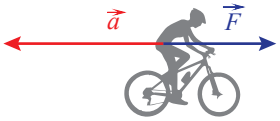
**3.3.** Nos esquemas seguintes, está representado o conjunto B, que se move da esquerda para a direita.

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

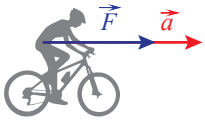
**(A)**



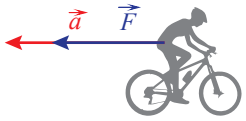

**(B)**




**(C)**




**(D)**




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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

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

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

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

## GRUPO II

Considere amostras puras de gelo fragmentado, à pressão de $1\ \text{atm}$ e à temperatura de fusão ($0{,}0\ ^{\text{o}}\text{C}$).

**1.** Admita que uma dessas amostras de gelo se encontrava inicialmente a $-10\ ^{\text{o}}\text{C}$.

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

**(A)** $283\ \text{K}$ **(B)** $263\ \text{K}$ **(C)** $-10\ \text{K}$ **(D)** $10\ \text{K}$

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

**(A)** mantém-se constante, porque a sua temperatura se mantém constante.

**(B)** aumenta, porque a sua temperatura aumenta.

**(C)** mantém-se constante, apesar de a sua temperatura aumentar.

**(D)** aumenta, apesar de a sua temperatura se manter constante.

**3.** Num recipiente, introduz-se uma amostra de $150\ \text{g}$ de gelo, à temperatura de $0{,}0\ ^{\text{o}}\text{C}$, e uma amostra de água, à temperatura de $20{,}0\ ^{\text{o}}\text{C}$.

**3.1.** Determine a massa mínima de água, a $20{,}0\ ^{\text{o}}\text{C}$, que será necessário adicionar à amostra de gelo para que esta apenas se funda, ficando a mistura em equilíbrio térmico à temperatura de $0{,}0\ ^{\text{o}}\text{C}$. Admita que não há trocas de energia entre a mistura obtida e a sua vizinhança.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

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

Qual foi o rendimento do processo de aquecimento da água?

**(A)** $37\%$ **(B)** $62\%$ **(C)** $2{,}7\%$ **(D)** $70\%$

## GRUPO III

Na Figura 2, encontra-se representado o gráfico do índice de refração, $n$, de um vidro $\mathrm{SF10}$, em função do comprimento de onda, $\lambda$, da radiação eletromagnética, no vazio.

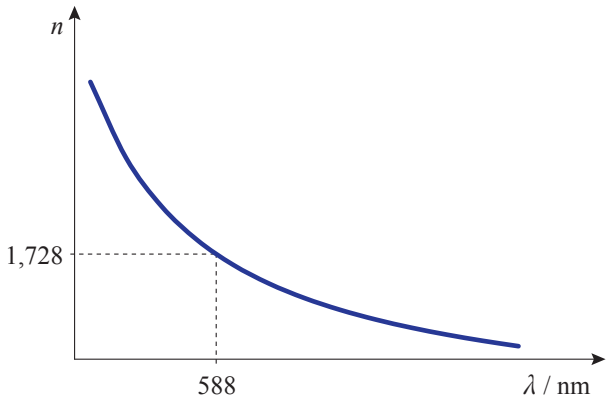



Figura 2

**1.** Explique, com base no gráfico, como varia a velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vidro $\mathrm{SF10}$, à medida que o comprimento de onda da radiação, no vazio, aumenta.

Apresente num texto a explicação solicitada.

**2.** A Figura 3 representa um feixe de radiação monocromática, de comprimento de onda $588\ \mathrm{nm}$, no vazio, que, propagando-se inicialmente no interior de um paralelepípedo de vidro $\mathrm{SF10}$, incide numa das faces desse paralelepípedo. Uma parte desse feixe é refletida nessa face, enquanto outra parte passa a propagar-se no ar.

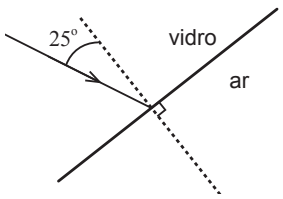



Figura 3

**2.1.** Qual é o ângulo entre o feixe refletido e a face do paralelepípedo na qual o feixe se refletiu?

**2.2.** Qual é o ângulo de incidência a partir do qual o feixe será totalmente refletido na face do paralelepípedo?

**(A)** $35{,}4^{\circ}$ **(B)** $42{,}8^{\circ}$ **(C)** $46{,}7^{\circ}$ **(D)** $90{,}0^{\circ}$

# GRUPO IV

A reação que ocorre na titulação de uma solução aquosa de ácido clorídrico com uma solução aquosa de hidróxido de sódio pode ser traduzida por

$$H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow 2\,H_2O(l)$$

Com o objetivo de obter a curva da titulação ácido-base, um grupo de alunos efetuou a titulação de uma amostra de uma solução aquosa de ácido clorídrico, $HCl(aq)$, com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, $NaOH(aq)$.

Na Figura 4, está representada uma montagem semelhante à que foi utilizada pelos alunos na referida titulação.

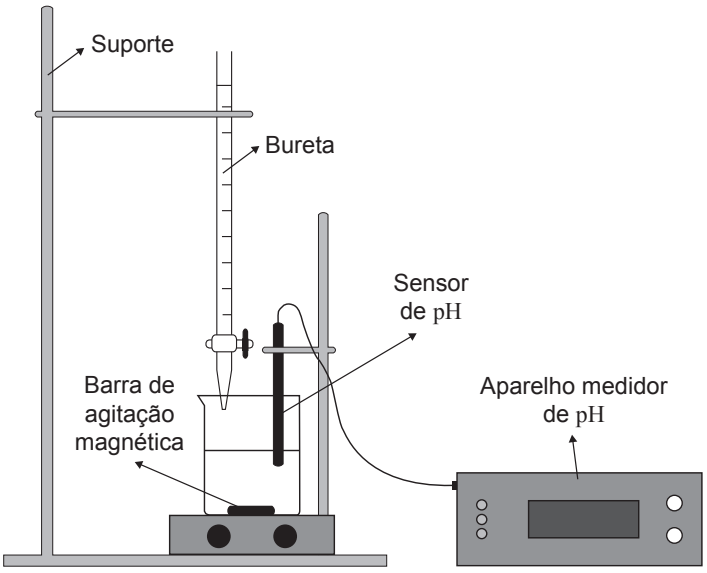



Figura 4

No início da titulação, o copo continha $50{,}0\ cm^3$ de uma solução aquosa de $HCl$, de concentração $2{,}00 \times 10^{-4}\ mol$ por $1{,}00\ cm^3$ de solução.

A concentração da solução aquosa de $NaOH$, utilizada como solução titulante, era $0{,}400\ mol\ dm^{-3}$.

**1.** O que se designa por *curva de titulação*?

**2.** Que volume de solução de $NaOH$ deverá ter sido adicionado à solução de $HCl$ até ao ponto de equivalência da titulação?

**(A)** $25{,}0\ cm^3$ **(B)** $20{,}0\ cm^3$ **(C)** $0{,}500\ cm^3$ **(D)** $2{,}00\ cm^3$

**3.** No ponto de equivalência da titulação,

**(A)** existirá uma quantidade de iões $H_3O^+(aq)$ superior à de iões $OH^-(aq)$.

**(B)** não existirá qualquer quantidade de iões $H_3O^+(aq)$ nem de iões $OH^-(aq)$.

**(C)** existirão quantidades iguais de iões $H_3O^+(aq)$ e de iões $OH^-(aq)$.

**(D)** existirá uma quantidade de iões $OH^-(aq)$ superior à de iões $H_3O^+(aq)$.

**4.** Para obter a curva de titulação, é necessário continuar a adicionar a solução titulante depois de atingido o ponto de equivalência da titulação.

Considere que, à solução inicial de $HCl$, foi adicionado um volume total de $40{,}0\ cm^3$ de solução de $NaOH$, admitindo-se, assim, que o volume total da solução resultante era $90{,}0\ cm^3$.

Determine o $pH$, a $25\ ^oC$, da solução resultante.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO V

Considere que, num reator com a capacidade de $1{,}00\ L$, se misturaram $0{,}80\ mol$ de um reagente $A(g)$ com $1{,}30\ mol$ de um outro reagente $B(g)$, que reagiram entre si, formando-se os produtos $C(g)$ e $D(g)$. Esta reação pode ser traduzida por

$$A(g) + 2\,B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$$

Depois de atingido o equilíbrio, à temperatura $T$, verificou-se que existiam no reator $0{,}45\ mol$ de $C(g)$.

**1.** Determine a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação considerada, à temperatura $T$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Determine o rendimento da reação, nas condições consideradas.

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO VI

**1.** Considere uma mistura gasosa constituída por 76,5% ($m/m$) de nitrogénio, $N_2(g)$, e por 23,5% ($m/m$) de oxigénio, $O_2(g)$.

Na Figura 5, está representado um gráfico do volume, $V$, ocupado por um gás ideal (como é o caso da mistura gasosa considerada) em função da quantidade, $n$, de gás, a 20 °C e 1 atm.

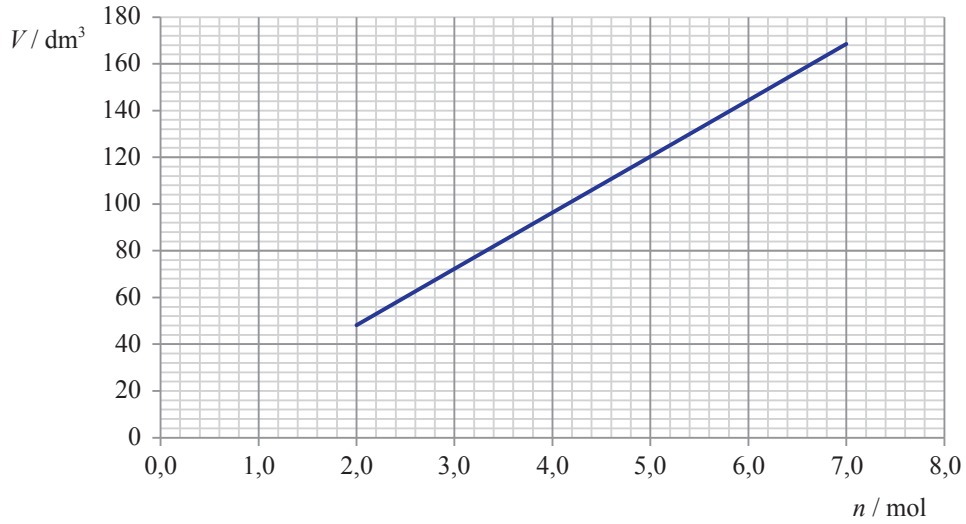



Figura 5

**1.1.** Qual é o significado físico do declive da reta representada?

**1.2.** Calcule a massa volúmica da mistura gasosa, a 20 °C e 1 atm.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Uma amostra pura de $100\ \text{g}$ de $N_2(g)$ conterá, no total, cerca de

**(A)** $2{,}15 \times 10^{24}$ átomos.

**(B)** $3{,}37 \times 10^{23}$ átomos.

**(C)** $4{,}30 \times 10^{24}$ átomos.

**(D)** $1{,}69 \times 10^{23}$ átomos.

**3.** O nitrogénio, $N_2(g)$, e o oxigénio, $O_2(g)$, reagem entre si a temperaturas elevadas, formando-se óxido de nitrogénio, $NO(g)$, uma substância poluente.

A reação de formação do $NO(g)$ pode ser traduzida por

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g)$$

Nesta reação, o agente redutor é o

**(A)** $N_2(g)$, sendo a variação do número de oxidação do átomo de nitrogénio $+2$.

**(B)** $N_2(g)$, sendo a variação do número de oxidação do átomo de nitrogénio $-2$.

**(C)** $O_2(g)$, sendo a variação do número de oxidação do átomo de oxigénio $+2$.

**(D)** $O_2(g)$, sendo a variação do número de oxidação do átomo de oxigénio $-2$.

## GRUPO VII

**1.** Na representação da molécula de $N_2$ na notação de Lewis, quantos eletrões, no total, devem estar representados?

**2.** A energia, transferida como calor, necessária para dissociar $1\ \text{mol}$ de moléculas de $N_2(g)$, a pressão constante, é $945\ \text{kJ}$.

A variação de entalpia associada à obtenção de $4\ \text{mol}$ de átomos de nitrogénio, em fase gasosa, a partir de $2\ \text{mol}$ de $N_2(g)$ é

**(A)** $+(4 \times 945)\ \text{kJ}$

**(B)** $-(4 \times 945)\ \text{kJ}$

**(C)** $+(2 \times 945)\ \text{kJ}$

**(D)** $-(2 \times 945)\ \text{kJ}$

**3.** Os eletrões de valência do átomo de nitrogénio, no estado fundamental, encontram-se distribuídos por

**(A)** duas orbitais, uma das quais apresenta menor energia do que a outra.

**(B)** quatro orbitais, uma das quais apresenta menor energia do que as outras.

**(C)** quatro orbitais, apresentando todas a mesma energia.

**(D)** duas orbitais, apresentando ambas a mesma energia.

**4.** Um dos dois isótopos naturais do nitrogénio tem número de massa $15$.

Quantos neutrões existem, no total, no núcleo de um átomo desse isótopo?

**(A)** $7$ neutrões.

**(B)** $8$ neutrões.

**(C)** $14$ neutrões.

**(D)** $15$ neutrões.

**5.** Qual é o elemento do 2.º período da tabela periódica cujos átomos, no estado fundamental, apresentam menor raio atómico?

## FIM

# GRUPO I

As moedas de 10 cêntimos de euro são compostas por ouro nórdico, uma liga metálica constituída por cobre ($Cu$), alumínio ($Al$), zinco ($Zn$) e estanho ($Sn$).

**1.** O cobre e o zinco são elementos _____ , que se situam no mesmo _____ da tabela periódica.

**(A)** de transição ... período

**(B)** de transição ... grupo

**(C)** representativos ... período

**(D)** representativos ... grupo

**2.** Um dos isótopos naturais do cobre é o cobre-$63$.

Quantos neutrões existem no núcleo de um átomo deste isótopo do cobre?

**(A)** $29$ neutrões.

**(B)** $34$ neutrões.

**(C)** $63$ neutrões.

**(D)** $92$ neutrões.

**3.** O ião $Al^{3+}$ tem _____ eletrões, distribuídos por _____ orbitais.

**(A)** dez ... três

**(B)** dez ... cinco

**(C)** dezasseis ... cinco

**(D)** dezasseis ... nove

**4.** As moedas de 10 cêntimos de euro têm uma massa de $4{,}10\ g$. No ouro nórdico, a percentagem, em massa, de cobre é $89\%$.

Determine o número de átomos de cobre numa moeda de 10 cêntimos de euro.

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO II

A Figura 1 representa parte de uma montagem utilizada na determinação experimental da capacidade térmica mássica do cobre. Nessa montagem, o sensor de temperatura estava ligado a um sistema de aquisição de dados, e a resistência de aquecimento estava inserida num circuito elétrico.

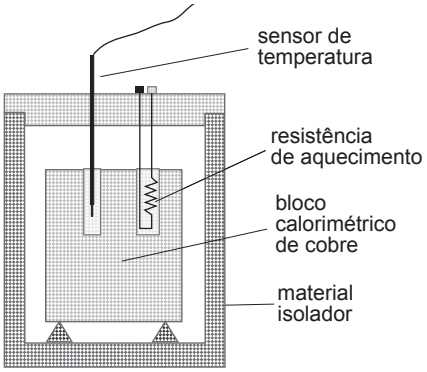



Figura 1

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

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

**2.** Na experiência realizada, utilizou-se um bloco calorimétrico de cobre de massa $1{,}264\ \text{kg}$. Além das grandezas elétricas, mediu-se a temperatura do bloco, ao longo do processo de aquecimento.

Com os valores obtidos, foi possível traçar o gráfico da temperatura, $t$, do bloco de cobre em função da energia, $E$, que lhe foi fornecida, cujo esboço se representa na Figura 2. Determinou-se, seguidamente, a equação da reta que melhor se ajustava ao conjunto de pontos desse gráfico:

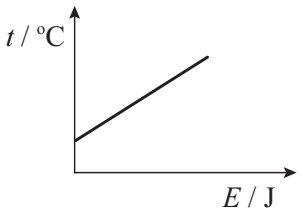



Figura 2

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

**2.1.** Qual era a temperatura do bloco de cobre antes de se iniciar o processo de aquecimento?

**2.2.** Determine o erro percentual (erro relativo, em percentagem) da capacidade térmica mássica do cobre obtida nesta experiência, tomando como referência o valor tabelado $385\ \text{J kg}^{-1}\ \text{ºC}^{-1}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO III

O metano, $CH_4$, é o principal constituinte do gás natural.

**1.** A combustão completa do metano pode ser traduzida por

$$CH_4(g) + 2\,O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O(l)$$

Nesta reação, a variação de entalpia associada à combustão de $1\ mol$ de $CH_4(g)$ é $-890\ kJ$.

Considere que a energia libertada nesta reação é usada num processo de aquecimento de água e que o rendimento desse processo é 100%.

**1.1.** O que significa um *rendimento do processo de aquecimento de 100%*?

**1.2.** Calcule o volume de metano, medido nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN), que tem de reagir completamente para aumentar em $18\ ^oC$ a temperatura de uma amostra pura de $5{,}0\ kg$ de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.3.** A variação do número de oxidação do carbono, na reação considerada, é

**(A)** $+4$ **(B)** $-4$ **(C)** $+8$ **(D)** $-8$

**2.** Numa molécula de metano, há, no total, _____ eletrões de valência, _____ eletrões de valência não ligantes.

**(A)** oito ... existindo

**(B)** oito ... não existindo

**(C)** quatro ... existindo

**(D)** quatro ... não existindo

**3.** Qual é a geometria da molécula de metano?

# GRUPO IV

**1.** O iodo, $I_2(g)$, reage com o hidrogénio, $H_2(g)$, em fase gasosa, formando-se iodeto de hidrogénio, $HI(g)$.

A reação pode ser traduzida por

$$I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2\,HI(g)$$

Nesta reação, a variação de entalpia associada à formação de $2\ mol$ de $HI(g)$ é $-9{,}2\ kJ$.

**1.1.** Considere que, à temperatura $T$, se introduziu, num reator com a capacidade de $1{,}00\ L$, uma mistura de $H_2(g)$ e de $I_2(g)$, em diferentes concentrações, não existindo inicialmente $HI(g)$ no reator.

O gráfico da Figura 3 mostra a evolução, ao longo do tempo, $t$, das concentrações, $c$, dos reagentes.

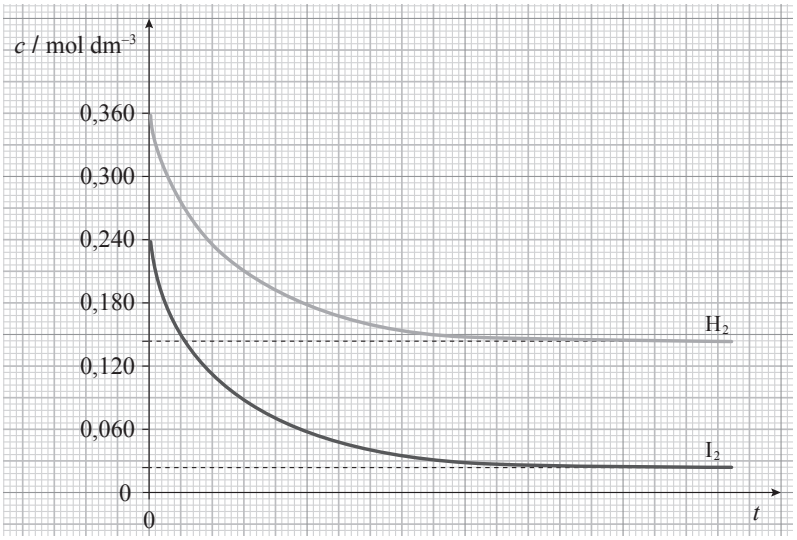



Figura 3

Determine a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação considerada, à temperatura $T$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.2.** Conclua como variará a composição do sistema se a temperatura diminuir, a volume constante.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

**1.3.** A energia de ligação em $H_2$ $(H-H)$ é $436{,}4\ kJ\ mol^{-1}$ e a energia de ligação em $HI$ $(H-I)$ é $298{,}3\ kJ\ mol^{-1}$.

Qual é a energia que se liberta quando se forma $1\ mol$ de ligações $I-I$ em $I_2$?

**(A)** $307{,}5\ kJ$ **(B)** $151{,}0\ kJ$ **(C)** $169{,}4\ kJ$ **(D)** $147{,}3\ kJ$

**2.** Quando o iodeto de hidrogénio gasoso se dissolve em água, origina uma solução aquosa de ácido iodídrico, $HI\,(aq)$, um ácido forte.

Para determinar a concentração de uma solução de ácido iodídrico, titulou-se $25{,}00\ cm^3$ de uma solução desse ácido com uma solução de hidróxido de sódio, $NaOH\,(aq)$, de concentração $0{,}10\ mol\ dm^{-3}$, usando um indicador apropriado.

A reação que ocorre na titulação considerada pode ser traduzida por

$$HI\,(aq) + NaOH\,(aq) \longrightarrow NaI\,(aq) + H_2O\,(l)$$

Na tabela seguinte, estão registados os volumes de titulante gastos, em três ensaios diferentes, até à mudança de cor do indicador.

| Ensaio | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Volume de titulante / $cm^3$ | 40,10 | 40,20 | 40,20 |

O valor mais provável do volume de titulante gasto até à mudança de cor do indicador é $40{,}17\ cm^3$.

**2.1.** Qual é a incerteza absoluta de observação, na titulação realizada?

**2.2.** Calcule a concentração da solução de ácido iodídrico.

Comece por calcular a quantidade de $NaOH$ adicionada até à mudança de cor do indicador.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.3.** Para preparar $200\ cm^3$ da solução de $NaOH\,(aq)$ usada como titulante, utilizou-se uma solução de $NaOH\,(aq)$ de concentração $0{,}50\ mol\ dm^{-3}$.

Que volume desta solução foi utilizado na preparação da solução titulante?

**(A)** $40\ cm^3$

**(B)** $100\ cm^3$

**(C)** $20\ cm^3$

**(D)** $10\ cm^3$

**3.** O iodeto de chumbo, $PbI_2$, é um sal pouco solúvel em água, cujo produto de solubilidade, $K_s$, é $9{,}8 \times 10^{-9}$, a $25\ ^oC$.

O equilíbrio que se estabelece entre o sal sólido e os iões resultantes da dissolução do sal em água pode ser traduzido por

$$PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2\ I^-(aq)$$

Qual é a solubilidade do iodeto de chumbo em água, a $25\ ^oC$?

**(A)** $1{,}3 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**(B)** $4{,}9 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$

**(C)** $2{,}1 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**(D)** $9{,}9 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$

## GRUPO V

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

**1.** Na Figura 4, está representado o gráfico do módulo da velocidade, $v$, desse sistema, de massa $100\ kg$, em função do tempo, $t$, de queda, nos primeiros $60\ s$ do movimento.

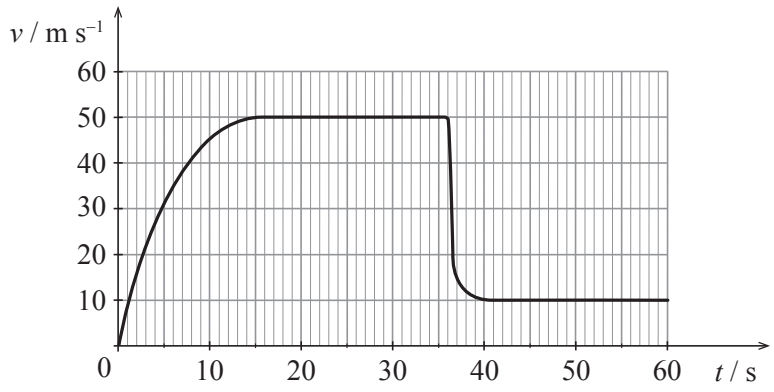



Figura 4

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

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

Que tipo de movimento se considera neste modelo?

**1.2.** Em qual dos intervalos de tempo seguintes, a resultante das forças que atuaram no sistema *paraquedista* + *paraquedas* teve o sentido contrário ao do movimento do sistema?

**(A)** $[0;\ 10]$ s **(B)** $[25;\ 35]$ s **(C)** $[36;\ 39]$ s **(D)** $[45;\ 60]$ s

**1.3.** Qual foi a variação da energia cinética do sistema *paraquedista* + *paraquedas*, no intervalo de tempo $[35;\ 42]$ s?

**(A)** $-1{,}2 \times 10^5$ J **(B)** $1{,}2 \times 10^5$ J **(C)** $-8{,}0 \times 10^4$ J **(D)** $8{,}0 \times 10^4$ J

**1.4.** No intervalo de tempo $[45;\ 60]$ s, o sistema *paraquedista* + *paraquedas*

**(A)** esteve parado.

**(B)** moveu-se com uma aceleração de módulo $10\ \text{m s}^{-2}$.

**(C)** percorreu $150$ m.

**(D)** não esteve sujeito à ação de forças.

**1.5.** Conclua se o trabalho realizado pela força gravítica que atua no sistema *paraquedista* + *paraquedas* foi positivo, negativo ou nulo, no intervalo de tempo $[20;\ 35]$ s.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

**1.6.** Conclua sobre a variação da intensidade da força de resistência do ar que atuou no sistema *paraquedista* + *paraquedas*, no intervalo de tempo $[0;15]$ s.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada, abordando os aspetos seguintes:

- identificação e caracterização, quanto ao sentido, das forças que atuaram no sistema *paraquedista* + *paraquedas*, no intervalo de tempo considerado;
- explicação, com base no gráfico da Figura 4, da variação do módulo da aceleração do sistema, no intervalo de tempo considerado, e referência à consequente variação da intensidade da resultante das forças que atuaram no sistema;
- conclusão sobre a variação da intensidade da força de resistência do ar, no intervalo de tempo considerado.

**2.** Admita que o paraquedista dispunha de um sistema de comunicação que incluía um microfone de indução. Neste tipo de microfones, é induzida uma força eletromotriz nos terminais de uma bobina que oscila imersa num campo magnético.

O módulo da força eletromotriz induzida nos terminais da bobina

**(A)** não depende da intensidade do campo magnético em que a bobina está imersa.

**(B)** não depende da área de cada espira da bobina.

**(C)** será tanto maior quanto menor for o fluxo magnético através da bobina.

**(D)** será tanto maior quanto maior for o número de espiras da bobina.

## GRUPO VI

Considere uma corda muito comprida, esticada na horizontal e com uma extremidade fixa. A outra extremidade é posta a oscilar na vertical.

Na Figura 5, estão representados uma porção da corda, num instante $t$, e dois pontos da corda, P e Q.

Admita que o sinal produzido se propaga no sentido positivo do eixo dos $xx$, com velocidade de módulo $3{,}0\ \text{m s}^{-1}$.

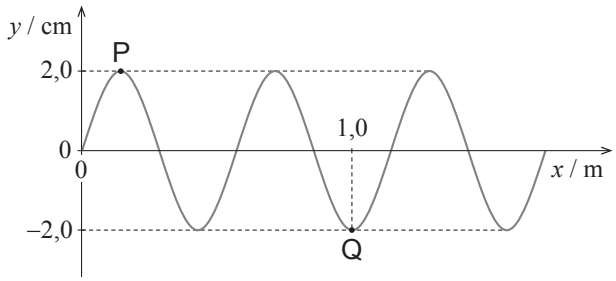



Figura 5

**1.** No movimento oscilatório considerado,

**(A)** os pontos P e Q movem-se no sentido positivo do eixo dos $xx$.

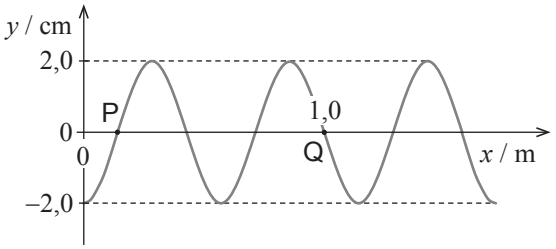
**(B)** os pontos P e Q percorrem distâncias diferentes numa oscilação completa.

**(C)** a amplitude da oscilação dos pontos P e Q é $4{,}0\ \text{cm}$.

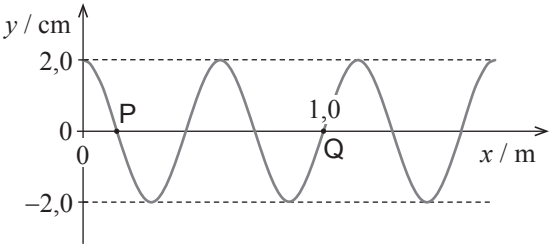
**(D)** os pontos P e Q oscilam com frequências angulares iguais.

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

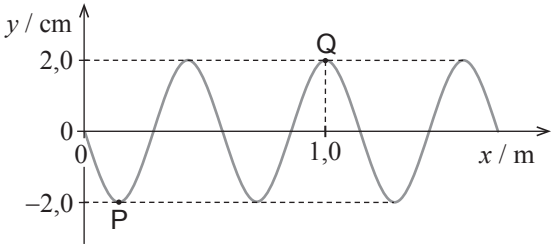
**(A)**



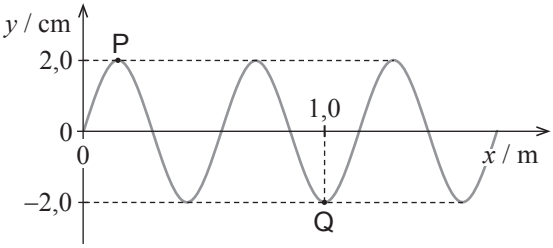

**(B)**




**(C)**




**(D)**




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

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

# GRUPO I

Em cada local da Terra, a energia solar disponível depende, entre outros fatores, da estação do ano e das condições meteorológicas.

**1.** A Figura 1 representa um sistema de aquecimento de água, constituído por um depósito, um coletor solar plano com cobertura de vidro e um fluido que circula num circuito fechado, por convecção natural. Este fluido transfere energia, como calor, para a água contida no depósito.

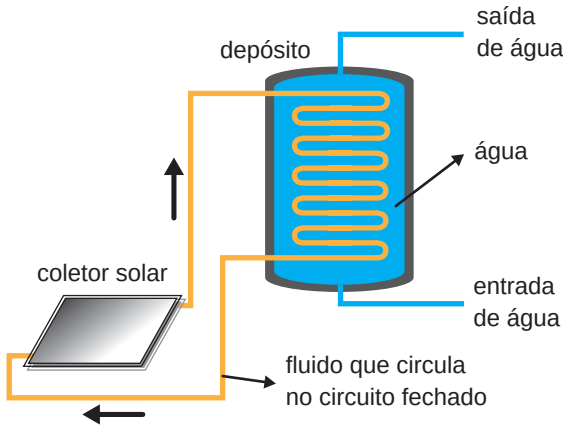



Figura 1

**1.1.** Considere que existe uma diferença significativa entre a temperatura da água que se encontra na parte inferior do depósito e a temperatura da água que se encontra na parte superior.

Compare a massa volúmica da água que se encontra na parte inferior do depósito com a massa volúmica da água que se encontra na parte superior.

**1.2.** A cobertura de vidro do coletor solar é _____ à radiação visível incidente e _____ à maior parte da radiação infravermelha emitida no interior do coletor, o que contribui para o aumento da temperatura no interior do coletor.

**(A)** transparente ... opaca

**(B)** opaca ... transparente

**(C)** transparente ... transparente

**(D)** opaca ... opaca

**2.** Um depósito com $120\ \text{kg}$ de água está ligado a um coletor plano de área $4{,}0\ \text{m}^2$, que está exposto à radiação solar, em média, durante $8{,}0\ \text{h}$ por dia. Nas condições de exposição, a potência média da radiação solar incidente por unidade de área é $5{,}1 \times 10^2\ \text{W m}^{-2}$.

**2.1.** A grandeza *potência por unidade de área* pode também ser expressa em

**(A)** $\text{kW h m}^{-2}$

**(B)** $\text{kJ s}^{-1}\ \text{m}^{-2}$

**(C)** $\text{kJ s m}^{-2}$

**(D)** $\text{kW h}^{-1}\ \text{m}^{-2}$

**2.2.** A temperatura da água contida no depósito aumenta, em média, $35\ ^{\text{o}}\text{C}$, ao fim das $8{,}0\ \text{h}$ diárias de exposição do coletor à radiação solar.

Determine o rendimento médio do processo de aquecimento considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO II

**1.** Uma esfera, largada de uma certa altura, cai verticalmente até atingir o solo.

Na Figura 2, apresenta-se um esboço do gráfico do módulo da velocidade, $v$, dessa esfera, em função do tempo, $t$, desde o instante em que a esfera é largada até atingir o solo.

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

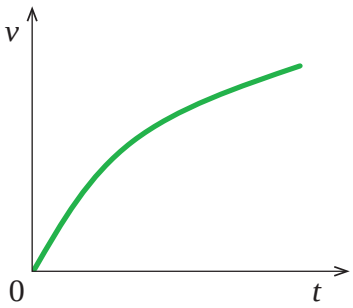


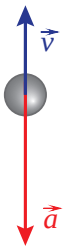

Figura 2

**1.1.** Qual das opções pode representar a velocidade, $\vec{v}$, e a aceleração, $\vec{a}$, da esfera, num dado instante, durante a queda?

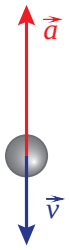
**(A)**




**(B)**




**(C)**




**(D)**



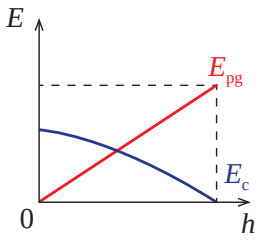

**1.2.** Conclua se a variação de energia cinética da esfera entre a posição em que é largada e o solo é maior, menor ou igual ao trabalho realizado pela força gravítica que nela atua, nesse deslocamento.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

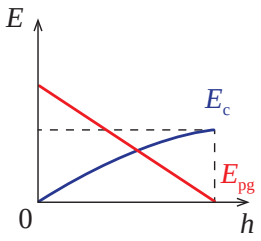
**1.3.** Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.

Qual das opções pode representar um esboço dos gráficos da energia cinética, $E_c$, da esfera e da energia potencial gravítica, $E_{pg}$, do sistema *esfera* + *Terra*, em função da altura, $h$, a que a esfera se encontra do solo?

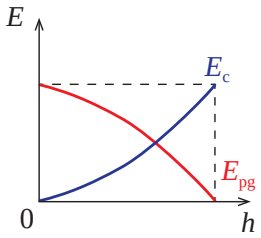
**(A)**



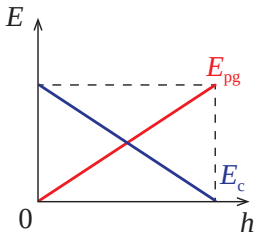

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.** Uma outra esfera é largada de uma altura de $50\ \text{m}$.

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

**2.1.** Se a força de resistência do ar que atua na esfera durante a queda for desprezável, qual é, em cada segundo, o aumento do módulo da velocidade da esfera?

**2.2.** A força de resistência do ar que atua na esfera durante a queda não é, contudo, desprezável.

**2.2.1.** Se a esfera chegar ao solo com velocidade de módulo $26\ \text{m s}^{-1}$, a fração de energia dissipada na queda será

**(A)** 0,68 **(B)** 0,48 **(C)** 0,32 **(D)** 0,52

**2.2.2.** Num dado instante, o módulo da aceleração da esfera é $6{,}0\ \text{m s}^{-2}$.

Nesse instante, a intensidade da força de resistência do ar que atua na esfera é __$x$__ % da intensidade da força gravítica que nela atua.

Determine o valor de $x$.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO III

**1.** Quando um sinal sonoro se propaga no ar, há variações de pressão em cada ponto.

**1.1.** Na Figura 3, está representada, num certo instante, uma determinada região do espaço em que se propaga, da esquerda para a direita, um sinal sonoro de período $T$. As zonas mais escuras correspondem a zonas de compressão do ar, e as zonas mais claras correspondem a zonas de rarefação.

Na figura, encontra-se ainda representada, pela linha a tracejado, **P**, uma certa camada de ar naquela região do espaço.

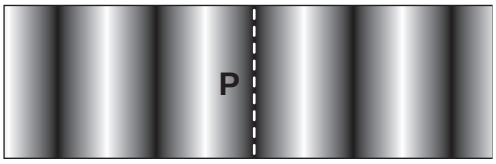
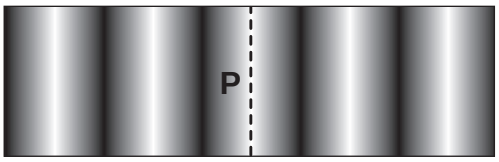


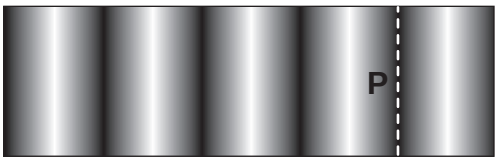

Figura 3

Qual das figuras seguintes pode representar, um período e meio depois, a mesma região do espaço e a mesma camada de ar?

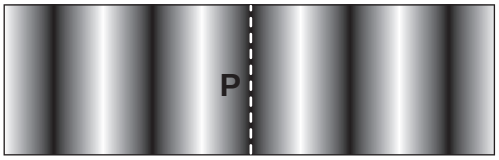
**(A)**



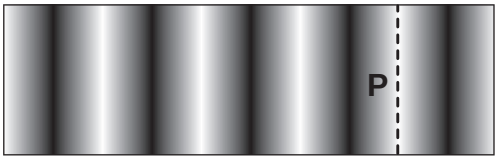

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**1.2.** Um sinal sonoro foi convertido num sinal elétrico e analisado num osciloscópio, cuja base de tempo estava regulada para $0{,}5\ \text{ms}$ por divisão.

Na Figura 4, está representada a imagem obtida no ecrã do osciloscópio.

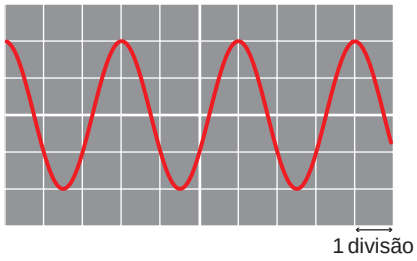



Figura 4

Verificou-se experimentalmente que, em determinadas condições, um pulso do mesmo som demorava $5{,}78 \times 10^{-2}\ \text{s}$ a percorrer uma distância de $20{,}0\ \text{m}$ no ar.

Determine o comprimento de onda do som no ar, naquelas condições.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Considere um feixe muito fino de luz laser (radiação monocromática), que se propaga inicialmente num vidro e que incide na superfície de separação vidro-ar.

Para a luz laser considerada, o índice de refração desse vidro é $1{,}51$.

**2.1.** Quando o feixe de luz laser passa do vidro para o ar, mantêm-se constantes o _____ e a _____ da radiação.

**(A)** comprimento de onda ... frequência

**(B)** comprimento de onda ... velocidade de propagação

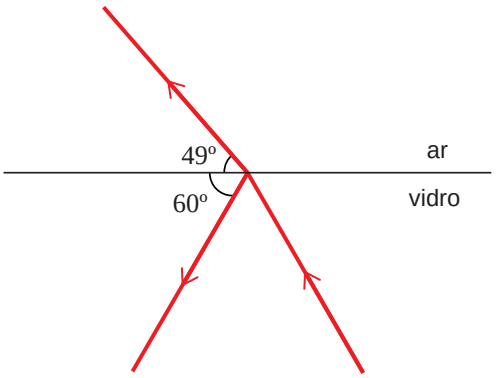
**(C)** período ... frequência

**(D)** período ... velocidade de propagação

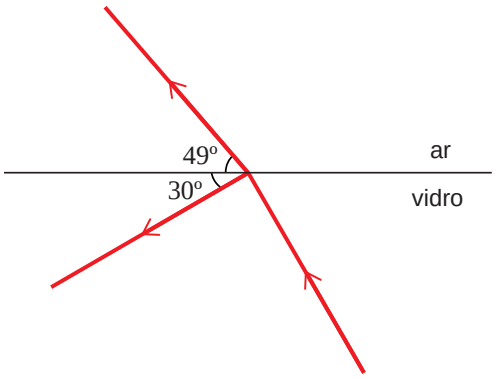
**2.2.** Nos esquemas seguintes, está representado o trajeto do feixe que incide na superfície de separação vidro-ar, segundo um ângulo de incidência de amplitude $30^{o}$.

Em qual dos esquemas estão representados os trajetos dos feixes refletido e refratado na superfície de separação vidro-ar?

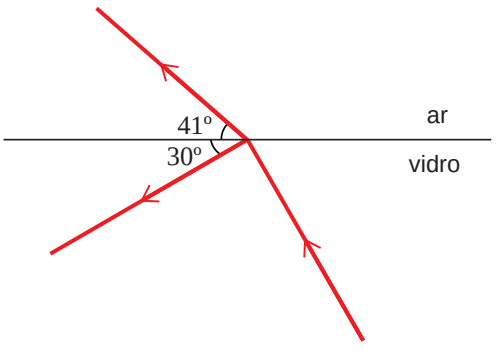
**(A)**



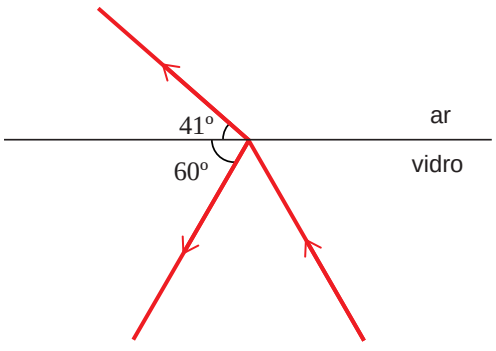

**(B)**




**(C)**

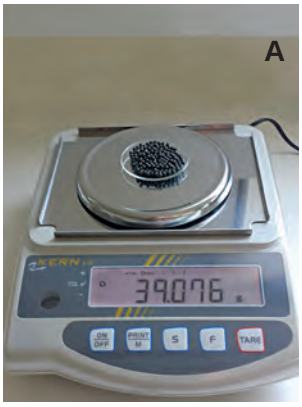



**(D)**

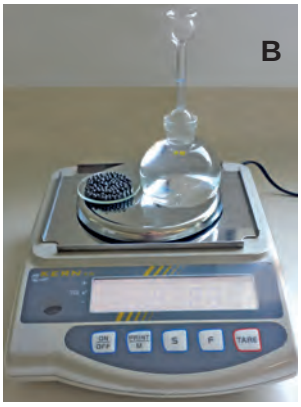


## GRUPO IV

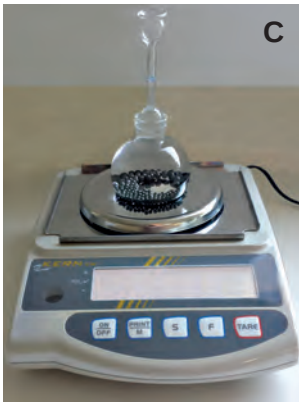
A densidade relativa de um metal foi determinada experimentalmente por picnometria de sólidos. O procedimento experimental incluiu as pesagens **A**, **B** e **C**, efetuadas a $20\ ^{o}C$, que estão representadas na Figura 5.




Massa da amostra do metal ($m_A = 39{,}076$ g)




Massa da amostra do metal e do picnómetro com água até ao traço de referência ($m_B$)




Massa do picnómetro com a amostra do metal e com água até ao traço de referência ($m_C$)

Figura 5

Fez-se a tara da balança, de modo a descontar a massa do vidro de relógio nas pesagens **A** e **B**.

**1.** Indique a incerteza de leitura da balança utilizada.

**2.** Explique como se pode obter a densidade relativa do metal constituinte da amostra a partir das determinações efetuadas ($m_A$, $m_B$ e $m_C$).

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a explicação solicitada. No texto, deverá incluir a definição de densidade relativa de um metal.

**3.** O valor da densidade relativa do metal constituinte da amostra, obtido experimentalmente, foi $12{,}4$. O valor tabelado da densidade relativa desse metal é $11{,}3$ (a $20\ ^{o}C$).

Qual das expressões seguintes permite calcular o erro percentual (erro relativo, em percentagem) que afeta o valor experimental da densidade relativa do metal constituinte da amostra?

**(A)** $\frac{12{,}4 - 11{,}3}{12{,}4} \times 100\%$

**(B)** $\frac{12{,}4}{11{,}3} \times 100\%$

**(C)** $\frac{12{,}4 - 11{,}3}{11{,}3} \times 100\%$

**(D)** $\frac{11{,}3}{12{,}4} \times 100\%$

# GRUPO V

A formação de $SO_3(g)$, um dos reagentes utilizados na última etapa da preparação industrial do ácido sulfúrico, pode ser traduzida por

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g) \qquad \Delta H < 0$$

**1.** Na Figura 6, apresenta-se parte de um gráfico das concentrações, $c$, das três espécies envolvidas na reação considerada, a volume constante, em função do tempo, $t$.

O sistema, inicialmente em equilíbrio, sofre uma perturbação no instante $t_1$, atingindo um novo estado de equilíbrio no instante $t_2$.

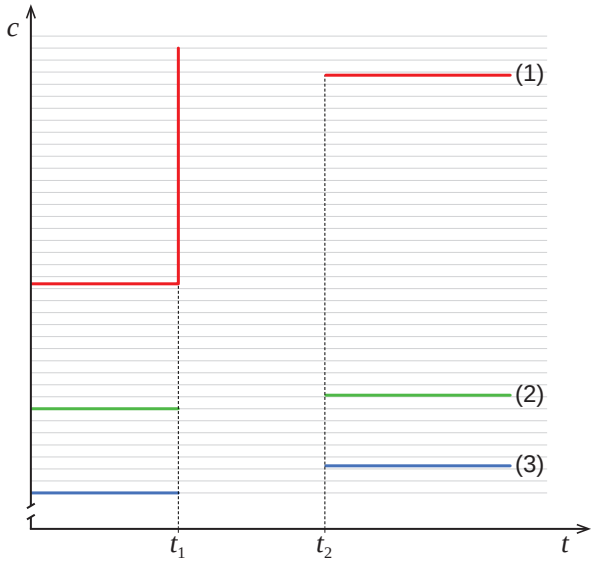



Figura 6

**1.1.** O gráfico permite concluir que, no instante $t_1$,

**(A)** se removeu uma certa quantidade de um dos componentes do sistema.

**(B)** se introduziu uma certa quantidade de um dos componentes do sistema.

**(C)** se provocou um aumento da temperatura do sistema.

**(D)** se provocou uma diminuição da pressão do sistema.

**1.2.** O gráfico permite concluir que a curva _____ corresponde ao $SO_2(g)$ e que, no intervalo de tempo $[t_1, t_2]$, é favorecida a reação _____.

**(A)** (2) ... direta

**(B)** (2) ... inversa

**(C)** (3) ... direta

**(D)** (3) ... inversa

**2.** Uma mistura de $SO_2(g)$, $O_2(g)$ e $SO_3(g)$, em equilíbrio, está contida num recipiente fechado de volume variável, a uma temperatura $T$.

**2.1.** Introduziram-se inicialmente nesse recipiente $160{,}15\ g$ de $SO_2(g)$ ($M = 64{,}06\ g\ mol^{-1}$) e uma certa massa de $O_2(g)$. Verificou-se que, mantendo o volume do recipiente igual a $2{,}00\ dm^3$, a concentração de $SO_3(g)$, na mistura em equilíbrio, era $0{,}909\ mol\ dm^{-3}$.

Determine a percentagem de $SO_2(g)$ que não se converteu em $SO_3(g)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** Para alterar a percentagem de conversão de $SO_2(g)$ em $SO_3(g)$, pode-se variar a temperatura do sistema, a pressão constante, ou variar o volume do recipiente, a temperatura constante.

Para aumentar a percentagem de conversão de $SO_2(g)$ em $SO_3(g)$, dever-se-á, naquelas condições, _____ a temperatura do sistema ou _____ o volume do recipiente.

**(A)** aumentar ... aumentar

**(B)** aumentar ... diminuir

**(C)** diminuir ... aumentar

**(D)** diminuir ... diminuir

**3.** Considere uma amostra de $10\ cm^3$ de uma qualquer mistura de $SO_2(g)$, $O_2(g)$ e $SO_3(g)$, nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN).

O número total de moléculas na amostra é

**(A)** $2{,}7 \times 10^{23}$

**(B)** $2{,}7 \times 10^{20}$

**(C)** $1{,}3 \times 10^{27}$

**(D)** $1{,}3 \times 10^{24}$

## GRUPO VI

O ácido clorídrico, $HCl(aq)$, é um ácido forte e o ácido acético, $CH_3COOH(aq)$, é um ácido fraco.

**1.** Considere duas soluções, uma de ácido clorídrico e outra de ácido acético, com o mesmo pH, a $25\ ^{o}C$.

Pode-se concluir que

**(A)** as duas soluções têm a mesma concentração.

**(B)** a concentração da solução de ácido clorídrico é inferior à concentração da solução de ácido acético.

**(C)** a concentração da solução de ácido clorídrico é superior à concentração da solução de ácido acético.

**(D)** as duas soluções têm a mesma quantidade de ácido dissolvido.

**2.** Uma solução I de $HCl(aq)$ tem uma concentração que é o dobro da concentração de uma solução II, do mesmo ácido.

Uma amostra da solução I e uma amostra da solução II, de igual volume, foram tituladas com $NaOH(aq)$, de concentrações, respetivamente, $c_B$ e $4c_B$.

Considere que $V_{B_I}$ e $V_{B_{II}}$ são os volumes de titulante gastos, respetivamente, até ao ponto de equivalência da titulação da amostra da solução I e até ao ponto de equivalência da titulação da amostra da solução II.

Qual é a relação entre $V_{B_I}$ e $V_{B_{II}}$?

**(A)** $V_{B_I} = \frac{V_{B_{II}}}{2}$

**(B)** $V_{B_I} = \frac{V_{B_{II}}}{8}$

**(C)** $V_{B_I} = 8\,V_{B_{II}}$

**(D)** $V_{B_I} = 2\,V_{B_{II}}$

**3.** O vinagre é uma solução aquosa de ácido acético que contém também vestígios de outros componentes.

O grau de acidez de um vinagre pode ser expresso pela massa de ácido acético, em gramas, dissolvido em $100\ cm^3$ do vinagre.

**3.1.** A concentração de ácido acético num determinado vinagre comercial é $1{,}3\ mol\ dm^{-3}$.

Determine o grau de acidez desse vinagre comercial.

Apresente todas as etapas de resolução.

**3.2.** Para determinar a percentagem, em massa, de ácido acético num vinagre, a partir do grau de acidez desse vinagre, tem ainda de ser conhecida

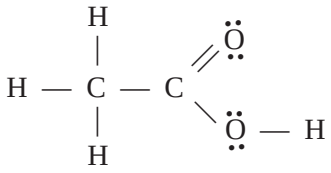
**(A)** a massa volúmica do vinagre.

**(B)** a massa molar da água.

**(C)** a massa molar do ácido acético.

**(D)** a massa de ácido acético em $100\ cm^3$ do vinagre.

**4.** A molécula de $CH_3COOH$ pode ser representada através da notação de Lewis por



Quantos eletrões de valência ligantes existem, no total, na molécula?

**(A)** 16 **(B)** 8 **(C)** 24 **(D)** 12

**5.** O acetato de prata é um sal que pode ser sintetizado através da reação de ácido acético puro com uma solução aquosa de nitrato de prata.

Na tabela seguinte, estão registados os valores da solubilidade do acetato de prata, em gramas de sal por 100 g de água, a diferentes temperaturas.

| Temperatura / ºC | Solubilidade / g por 100 g de água |
|---|---|
| 0 | 0,73 |
| 10 | 0,89 |
| 20 | 1,05 |
| 30 | 1,23 |
| 40 | 1,43 |

Dissolveram-se 12,0 g de acetato de prata em 1,0 kg de água, a 40 ºC. Esta solução foi depois aquecida até se evaporar metade do solvente (admita que o acetato de prata não é volátil) e, em seguida, a solução foi arrefecida até à temperatura de 20 ºC.

Calcule a massa de sal que terá precipitado.

Apresente todas as etapas de resolução.

**FIM**

# GRUPO I

**1.** Uma bola é lançada verticalmente para cima, numa situação em que a resistência do ar é desprezável.

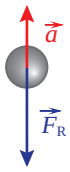
Considere que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Em relação a um referencial unidimensional, $Oy$, com origem no solo e sentido positivo de baixo para cima, a componente escalar da posição, $y$, da bola é descrita pela equação

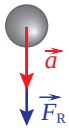
$$y = 1{,}20 + 6{,}0t - 5{,}0t^2 \qquad \text{(SI)}$$

**1.1.** Qual das opções pode representar a aceleração, $\vec{a}$, da bola e a resultante das forças, $\vec{F}_R$, que nela atuam durante a subida?

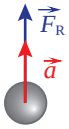
**(A)**



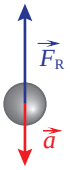

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**1.2.** Calcule a distância percorrida pela bola desde que é lançada até atingir a posição de altura máxima.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Uma bola, de massa $58{,}0\ \text{g}$, atada a uma corda, descreve trajetórias circulares, de raio $22\ \text{cm}$, num plano horizontal. Verifica-se que a bola descreve $20$ voltas completas em $8{,}1\ \text{s}$, com velocidade de módulo constante.

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

Determine a intensidade da resultante das forças que atuam na bola, no movimento considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

# GRUPO II

Numa aula laboratorial, estudou-se o movimento vertical de queda e de ressalto de diversas bolas, em condições em que a resistência do ar pode ser considerada desprezável.

Na atividade realizada, utilizou-se um sensor de posição ligado a um sistema de aquisição automática de dados. Em cada ensaio realizado, abandonou-se uma das bolas de uma posição situada sob o sensor, como representado na Figura 1 (que não está à escala).

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

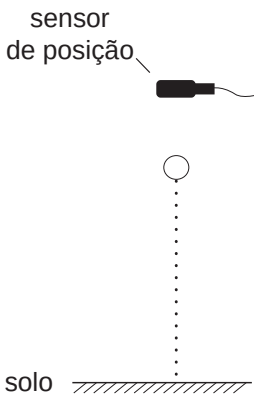



Figura 1

A Figura 2 apresenta o gráfico da distância de uma das bolas ao sensor, em função do tempo, obtido num dos ensaios realizados.

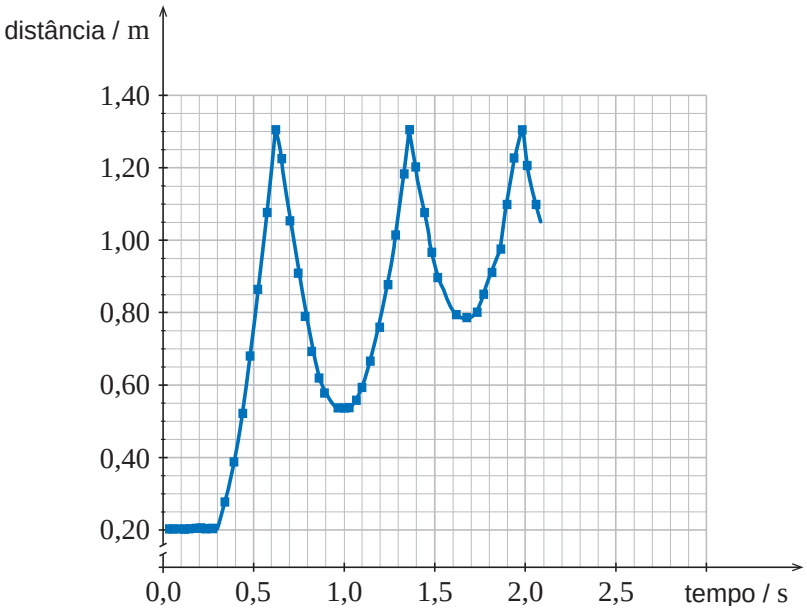



Figura 2

**1.** Qual foi a distância percorrida pela bola desde a posição em que foi abandonada, sob o sensor, até colidir pela primeira vez com o solo?

**(A)** $1{,}10\ \text{m}$

**(B)** $0{,}20\ \text{m}$

**(C)** $1{,}30\ \text{m}$

**(D)** $0{,}34\ \text{m}$

**2.** No segundo ressalto, em que instante a energia potencial gravítica do sistema *bola* + *Terra* é máxima?

**3.** No terceiro ressalto, a bola terá atingido uma altura máxima de $0{,}37\ \text{m}$.

Qual terá sido o módulo da velocidade com que a bola abandonou o solo, nesse ressalto?

**(A)** $2{,}7\ \text{m s}^{-1}$

**(B)** $1{,}9\ \text{m s}^{-1}$

**(C)** $1{,}4\ \text{m s}^{-1}$

**(D)** $3{,}8\ \text{m s}^{-1}$

**4.** Explique, com base em considerações energéticas, porque é que a altura máxima atingida pela bola nos sucessivos ressaltos é cada vez menor.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a explicação solicitada.

## GRUPO III

**1.** Na Figura 3, está representado o gráfico da variação da temperatura, $\Delta\theta$, de uma amostra pura de $500\ \text{g}$ de ferro, em função da energia, $E$, que seria necessário fornecer a essa amostra se o processo de aquecimento tivesse um rendimento de $100\%$.

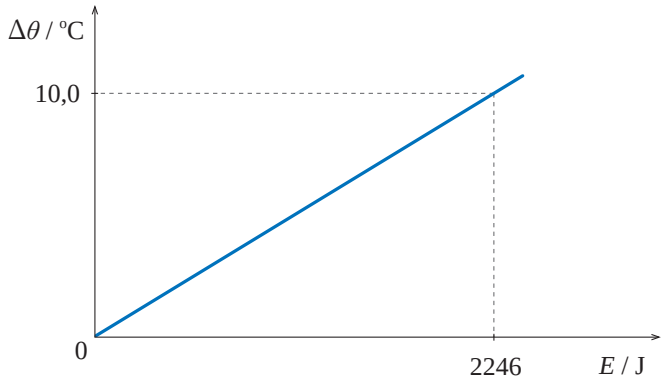



Figura 3

**1.1.** Quando aquela amostra foi aquecida por uma fonte de potência $40\ \text{W}$, durante $1{,}6$ minutos, a sua temperatura aumentou $10{,}0\ ^\text{o}\text{C}$.

Qual foi o rendimento deste processo de aquecimento?

**(A)** $71\%$ **(B)** $42\%$ **(C)** $58\%$ **(D)** $29\%$

**1.2.** Um recipiente contém $1{,}50\ \text{kg}$ de água, à temperatura de $20{,}0\ ^\text{o}\text{C}$. Uma esfera de ferro, de massa $850\ \text{g}$ e inicialmente à temperatura de $70{,}0\ ^\text{o}\text{C}$, é introduzida na água.

Determine a temperatura de equilíbrio do sistema *água + esfera*, admitindo que o sistema é isolado.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** A energia necessária à fusão de $1{,}0\ \text{kg}$ de ferro, inicialmente à temperatura de fusão, é $2{,}47 \times 10^2\ \text{kJ}$.

Que energia mínima, em joule, tem de ser absorvida por $500\ \text{g}$ de ferro, à temperatura de fusão, para que o ferro se funda completamente?

**(A)** $\left(\dfrac{2{,}47 \times 10^2 \times 10^3}{0{,}500}\right)\text{J}$

**(B)** $\left(\dfrac{2{,}47 \times 10^2 \times 10^{-3}}{0{,}500}\right)\text{J}$

**(C)** $(0{,}500 \times 2{,}47 \times 10^2 \times 10^3)\ \text{J}$

**(D)** $(0{,}500 \times 2{,}47 \times 10^2 \times 10^{-3})\ \text{J}$

## GRUPO IV

**1.** Uma bobina encontra-se imóvel numa zona do espaço onde existe um campo magnético uniforme. Os planos das espiras da bobina são paralelos entre si e fazem sempre o mesmo ângulo com a direção do campo magnético.

**1.1.** Qual deverá ser a amplitude do ângulo entre os planos das espiras e a direção do campo, para que, mantendo-se todas as outras condições, o módulo do fluxo magnético através da bobina seja máximo?

**1.2.** Num dado intervalo de tempo, a intensidade do campo magnético, $B$, varia com o tempo, $t$, de acordo com o esboço de gráfico representado na Figura 4.

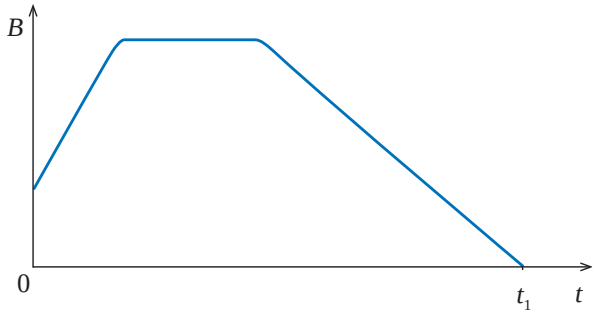
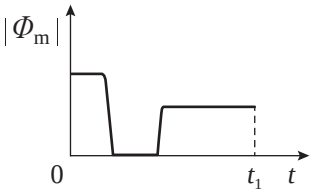


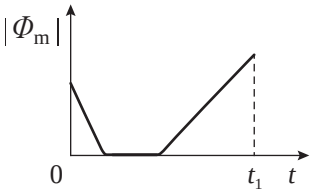

Figura 4

Qual é o esboço de gráfico que pode representar o módulo do fluxo magnético, $|\Phi_m|$, que atravessa a bobina, em função do tempo, $t$, no intervalo de tempo $[0, t_1]$?

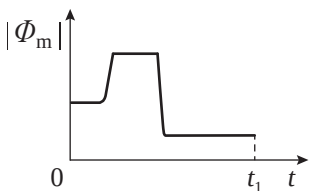
**(A)**



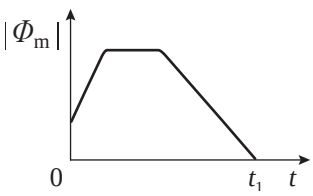

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**2.** Duas bobinas, I e II, ligadas a osciloscópios, rodam em zonas do espaço distintas, nas quais existem campos magnéticos constantes e uniformes.

A análise dos sinais obtidos nos ecrãs dos osciloscópios permitiu estabelecer que as forças eletromotrizes, $U_{\mathrm{I}}$ e $U_{\mathrm{II}}$, geradas nos terminais das bobinas I e II, respetivamente, variam com o tempo, $t$, de acordo com as expressões

$$U_{\mathrm{I}} = 7{,}5 \times 10^{-2} \sin(20\pi t) \quad \text{(SI)}$$

$$U_{\mathrm{II}} = 1{,}5 \times 10^{-3} \sin(20\pi t) \quad \text{(SI)}$$

**2.1.** Comparando as forças eletromotrizes, $U_{\mathrm{I}}$ e $U_{\mathrm{II}}$, geradas nos terminais das bobinas I e II, respetivamente, é possível concluir que

**(A)** a área de cada espira da bobina I é diferente da área de cada espira da bobina II.

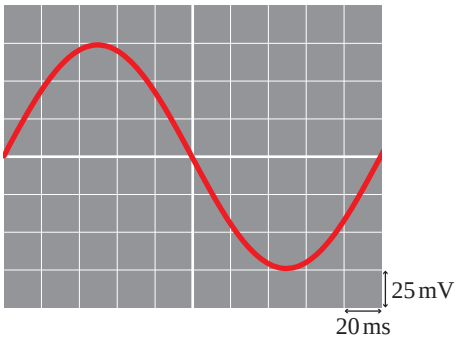
**(B)** o número de espiras da bobina I é diferente do número de espiras da bobina II.

**(C)** as bobinas estão sujeitas a campos magnéticos da mesma intensidade.

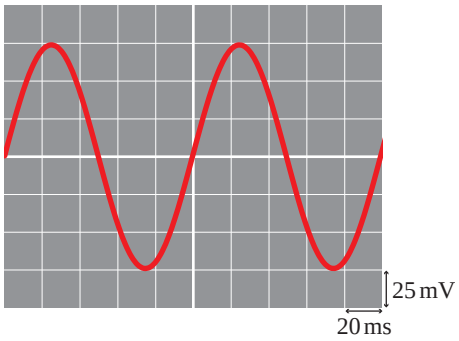
**(D)** as bobinas estão a rodar com velocidades angulares do mesmo módulo.

**2.2.** Em qual das figuras seguintes está representado o sinal obtido no ecrã do osciloscópio ligado à bobina I, caso a base de tempo e o amplificador vertical estejam regulados como indicado nessas figuras?

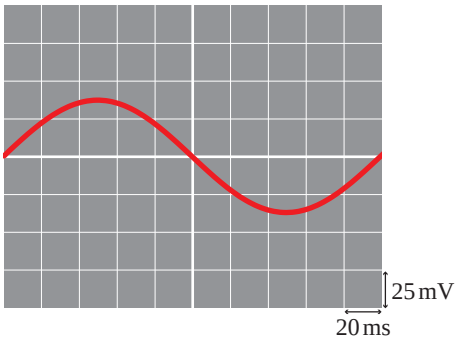
**(A)**



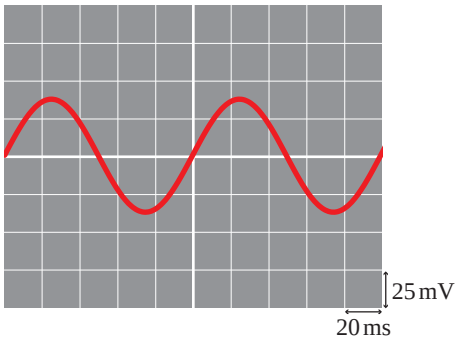

**(B)**




**(C)**




**(D)**



## GRUPO V

O ácido nítrico é um ácido forte, segundo a teoria de Brönsted-Lowry.

**1.** O cobre metálico reage com soluções concentradas de ácido nítrico, podendo a reação que ocorre ser traduzida por

$$Cu(s) + 4\ HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2\ NO_2(g) + 2\ H_2O(l)$$

**1.1.** Na reação considerada, o número de oxidação do nitrogénio varia

**(A)** de +5 para +4, atuando o ião nitrato como oxidante.

**(B)** de +1 para +2, atuando o ião nitrato como oxidante.

**(C)** de +5 para +4, atuando o ião nitrato como redutor.

**(D)** de +1 para +2, atuando o ião nitrato como redutor.

**1.2.** Que massa de cobre é necessária para reagir completamente com $500\ cm^3$ de uma solução de ácido nítrico de concentração $14{,}0\ mol\ dm^{-3}$?

**(A)** 445 g **(B)** 222 g **(C)** 111 g **(D)** 890 g

**2.** Considere uma solução de ácido nítrico cuja concentração é $3{,}94\ mol\ dm^{-3}$, contendo 22,0 %, em massa, de $HNO_3$ ($M = 63{,}02\ g\ mol^{-1}$).

**2.1.** Calcule a massa volúmica da solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** A partir daquela solução, preparou-se uma solução mais diluída, de concentração $7{,}88 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$.

**2.2.1.** Quantos iões provenientes da ionização do ácido nítrico existirão, no total, em $250\ cm^3$ da solução mais diluída?

**(A)** $1{,}90 \times 10^{22}$ **(B)** $4{,}74 \times 10^{21}$ **(C)** $1{,}19 \times 10^{21}$ **(D)** $2{,}37 \times 10^{21}$

**2.2.2.** Qual é a concentração do ião $OH^-(aq)$ nessa solução, a 25 ºC?

Apresente o resultado com dois algarismos significativos.

## GRUPO VI

**1.** O ácido fluorídrico, $HF(aq)$, é um ácido fraco cuja reação de ionização em água pode ser traduzida por

$$HF(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons F^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

Considere uma solução de ácido fluorídrico, de concentração $0{,}080\ mol\ dm^{-3}$.

A $25\ ºC$, o pH dessa solução é 2,14.

**1.1.** Determine a constante de acidez do ácido fluorídrico, a $25\ ºC$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**1.2.** Conclua como variará a quantidade de ácido ionizado em solução se, à solução de ácido fluorídrico, a temperatura constante, forem adicionadas algumas gotas de uma solução concentrada de uma base forte.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

**1.3.** Escreva a equação química que traduz a reação da base conjugada do ácido fluorídrico com a água.

**1.4.** Pretende-se preparar $500\ cm^3$ de uma solução de $HF(aq)$, de concentração em massa $4{,}0 \times 10^{-2}\ g\ dm^{-3}$, a partir da solução de concentração $0{,}080\ mol\ dm^{-3}$.

Determine o volume da solução de concentração $0{,}080\ mol\ dm^{-3}$ que é necessário medir para preparar a solução pretendida.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** O fluoreto de chumbo, $PbF_2$, é um sal cujo produto de solubilidade é $4{,}1 \times 10^{-8}$, a $25\ ºC$.

O equilíbrio que se estabelece entre o sal sólido e os iões resultantes da dissolução do sal em água pode ser traduzido por

$$PbF_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2\ F^-(aq)$$

Qual é a solubilidade deste sal em água, a $25\ ºC$?

**(A)** $5{,}5 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**(B)** $2{,}2 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**(C)** $3{,}4 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

**(D)** $2{,}0 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$

## GRUPO VII

**1.** Na molécula $HF$, existem, no total, _____ pares de eletrões de valência, dos quais _____ pares são não ligantes.

**(A)** oito ... três

**(B)** oito ... dois

**(C)** quatro ... três

**(D)** quatro ... dois

**2.** Os átomos de flúor e de cloro, no estado fundamental, têm o mesmo número de

**(A)** eletrões em orbitais s.

**(B)** eletrões em orbitais do cerne do átomo.

**(C)** orbitais completamente preenchidas.

**(D)** orbitais semipreenchidas.

**3.** O espectro de emissão do átomo de hidrogénio, na região do visível, apresenta uma primeira risca a $3{,}0 \times 10^{-19}$ J, uma segunda risca a $4{,}1 \times 10^{-19}$ J, e outras riscas a valores superiores de energia.

Qual é a variação de energia do átomo de hidrogénio quando o eletrão transita do nível $n = 4$ para o nível $n = 3$?

**(A)** $-7{,}1 \times 10^{-19}$ J

**(B)** $-4{,}1 \times 10^{-19}$ J

**(C)** $-3{,}0 \times 10^{-19}$ J

**(D)** $-1{,}1 \times 10^{-19}$ J

**4.** Numa mistura gasosa constituída por $HF(g)$, $N_2(g)$ e $He(g)$, $\frac{1}{5}$ das moléculas presentes são de $N_2(g)$ e $\frac{1}{4}$ das moléculas presentes são de $He(g)$.

Nessa mistura, a fração molar de $HF(g)$ é

**(A)** 0,55

**(B)** 0,45

**(C)** 0,20

**(D)** 0,89

**FIM**

## GRUPO I

**1.** Um carrinho telecomandado, de massa $400\ \text{g}$, move-se numa pista retilínea, coincidente com um referencial unidimensional, $\text{O}x$.

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

Na Figura 1, encontra-se representado o gráfico da componente escalar da velocidade, $v_x$, desse carrinho, segundo o referencial $\text{O}x$ considerado, em função do tempo, $t$.

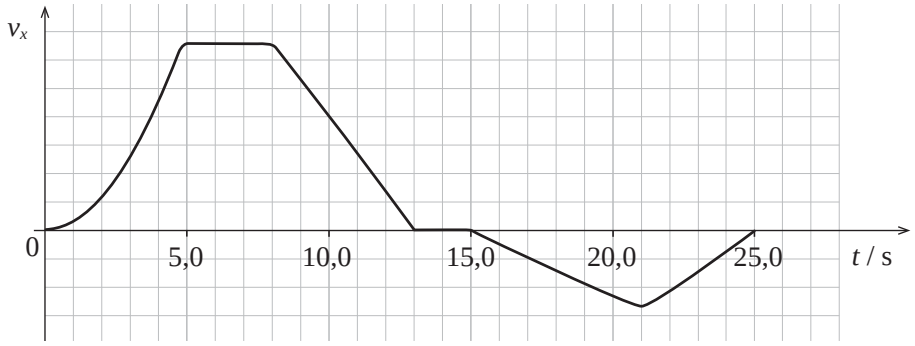



Figura 1

**1.1.** Em que intervalo de tempo esteve o carrinho parado?

**1.2.** Durante _____, no total, o carrinho moveu-se no sentido _____ do referencial $\text{O}x$ considerado.

**(A)** $9{,}0\ \text{s}$ ... positivo

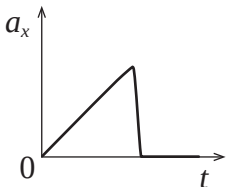
**(B)** $11{,}0\ \text{s}$ ... negativo

**(C)** $6{,}0\ \text{s}$ ... negativo

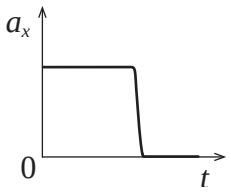
**(D)** $13{,}0\ \text{s}$ ... positivo

**1.3.** Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da aceleração, $a_x$, do carrinho, segundo o referencial $\text{O}x$, em função do tempo, $t$, no intervalo de tempo $[0{,}0\,;\,8{,}0]\ \text{s}$?

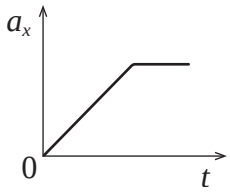
**(A)**



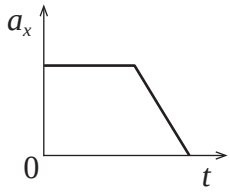

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**1.4.** No intervalo de tempo $[8{,}0\,;\,13{,}0]\ \text{s}$, o carrinho percorreu $3{,}2\ \text{m}$.

Calcule, sem recorrer a conceitos energéticos, a intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho, nesse intervalo de tempo.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** Um carrinho, sem qualquer meio de propulsão, move-se na pista representada na Figura 2 (que não está à escala). Largado sobre a pista, de uma posição adequada, o carrinho passa sucessivamente nas posições **A**, **B**, **C** e **D**, percorrendo a parte circular da pista (*loop*), de raio $12\ \text{cm}$.

Admita que o carrinho pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que a base da pista (onde se encontram as posições **B** e **D**) é o nível de referência da energia potencial gravítica.

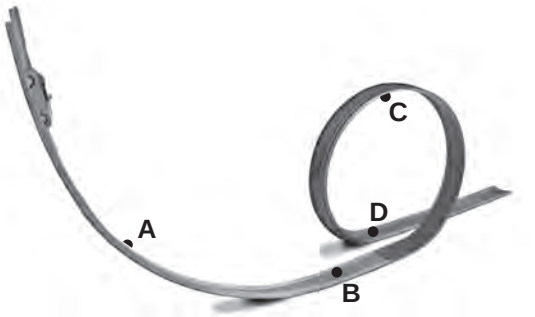



Figura 2

**2.1.** Qual é o trabalho realizado pela força normal exercida pela pista no carrinho, no deslocamento entre as posições **B** e **C**?

**2.2.** Para que o carrinho percorra a parte circular da pista (*loop*), deve passar pela posição **C** com uma velocidade mínima de módulo $1{,}1\ \text{m s}^{-1}$.

Admita que, entre a posição em que o carrinho é largado e a posição **C**, é dissipada $5{,}0\,\%$ da energia mecânica inicial do sistema *carrinho* + *Terra*.

Calcule a altura mínima a que o carrinho deve ser largado, sobre a pista.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.3.** O trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho é

**(A)** positivo entre as posições **B** e **C**.

**(B)** negativo entre as posições **A** e **B**.

**(C)** positivo entre as posições **C** e **D**.

**(D)** negativo entre as posições **B** e **D**.

**2.4.** Um carrinho I, de massa $m$, foi largado da mesma posição que um carrinho II, de massa $3m$.

Se as forças dissipativas que atuam nesses carrinhos forem desprezáveis, qual será a relação entre o módulo da velocidade do carrinho I, $v_{\text{I}}$, e o módulo da velocidade do carrinho II, $v_{\text{II}}$, na posição **D**?

**(A)** $v_{\text{I}} = 3\,v_{\text{II}}$

**(B)** $v_{\text{I}} = v_{\text{II}}$

**(C)** $v_{\text{I}} = \frac{1}{3}v_{\text{II}}$

**(D)** $v_{\text{I}} = \frac{1}{9}v_{\text{II}}$

## GRUPO II

Considere uma garrafa térmica cujas paredes são formadas por duas camadas de plástico, entre as quais existe ar.

**1.** Se, em vez de ar, existisse vácuo entre as duas camadas de plástico, a taxa temporal de transferência de energia entre essas camadas seria menor por

**(A)** condução, mas não por radiação.

**(B)** condução e por radiação.

**(C)** radiação, mas não por convecção.

**(D)** radiação e por convecção.

**2.** Introduziu-se uma amostra de $1{,}20\ \text{kg}$ de um líquido, inicialmente a $80{,}0\ ^{\text{o}}\text{C}$, na garrafa térmica.

Na Figura 3, está representado o gráfico da temperatura, $\theta$, dessa amostra, em função do tempo, $t$, num determinado intervalo de tempo.

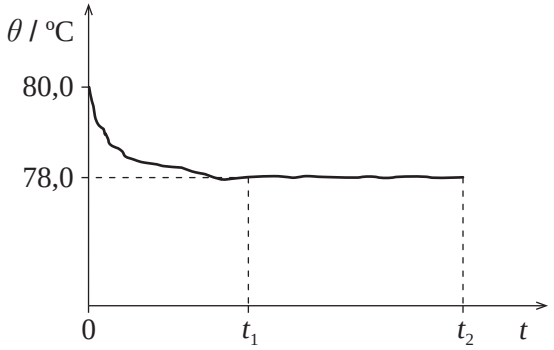



Figura 3

**2.1.** No intervalo de tempo _____ , a energia cedida pelo líquido foi _____ à energia absorvida pelo líquido.

**(A)** $[0, t_1]$ ... igual **(B)** $[t_1, t_2]$ ... inferior

**(C)** $[0, t_1]$ ... inferior **(D)** $[t_1, t_2]$ ... igual

**2.2.** No instante $t_2$, introduziu-se, no líquido contido na garrafa térmica, uma esfera de metal, de massa $800\ \text{g}$ e à temperatura de $4{,}0\ ^{\text{o}}\text{C}$. Verificou-se que o sistema *esfera* + *líquido* atingiu o equilíbrio térmico à temperatura de $73{,}0\ ^{\text{o}}\text{C}$.

Admita que a transferência de energia entre o sistema *esfera* + *líquido* e o exterior foi desprezável.

Determine o quociente entre a capacidade térmica mássica do líquido e a capacidade térmica mássica do metal constituinte da esfera.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO III

Os golfinhos dependem da emissão e da receção de sons para se orientarem, comunicarem entre si e caçarem.

**1.** As ondas sonoras são ondas mecânicas que, na água, são longitudinais.

Apresente, num texto estruturado e utilizando linguagem científica adequada, o significado da afirmação anterior.

**2.** Um golfinho emite um som à superfície da água do mar que é detetado por dois sensores colocados à mesma distância do golfinho, um dentro de água e outro no ar. O som demora $0{,}10\ \text{s}$ a chegar ao sensor que se encontra dentro de água e demora mais $0{,}34\ \text{s}$ a chegar ao sensor que se encontra no ar.

Qual é o quociente entre a velocidade de propagação do som na água do mar e a velocidade de propagação do som no ar, nas condições em que decorreu a experiência?

**(A)** 3,4

**(B)** 4,4

**(C)** 0,23

**(D)** 0,29

**3.** O gráfico da Figura 4 representa, para um determinado local, a velocidade de propagação do som na água do mar em função da profundidade.

Considere um som puro que se propaga na água do mar, atravessando as três regiões consideradas.

A partir do gráfico, pode concluir-se que, à profundidade $h_1$, _____ desse som atinge um valor _____.

**(A)** a frequência ... mínimo

**(B)** a frequência ... máximo

**(C)** o comprimento de onda ... mínimo

**(D)** o comprimento de onda ... máximo

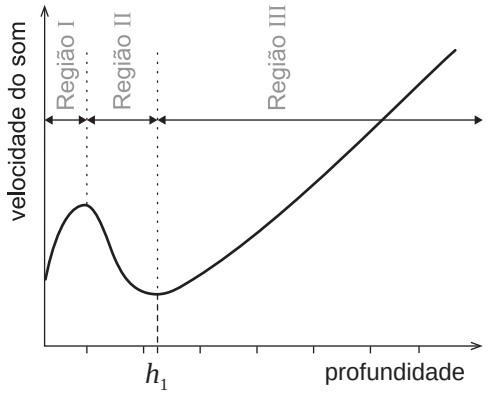



Figura 4

Fonte: w3.ualg.pt/~prelvas/OceanogFisica/Prop_som.pdf
(consultado em março de 2018)

## GRUPO IV

Um dos seis elementos mais abundantes, em massa, no corpo humano é o oxigénio (O), existindo cerca de 46 kg desse elemento numa pessoa de massa 70 kg. Desses seis elementos mais abundantes, o fósforo (P) foi o único cuja descoberta resultou de experiências com um fluido fisiológico humano.

**1.** No corpo humano, os átomos de oxigénio estão maioritariamente ligados a átomos de hidrogénio, formando moléculas de água.

**1.1.** Se todos os átomos de oxigénio existentes em 46 kg desse elemento estivessem ligados a átomos de hidrogénio (H), formando água, teriam de existir, no mínimo,

**(A)** 1,4 kg de hidrogénio. **(B)** 5,8 kg de hidrogénio.

**(C)** 2,9 kg de hidrogénio. **(D)** 15,3 kg de hidrogénio.

**1.2.** A água pode ser decomposta em hidrogénio e oxigénio, de acordo com

$$2\,H_2O(g) \longrightarrow 2\,H_2(g) + O_2(g)$$

A variação de energia associada à decomposição de 2 mol de $H_2O(g)$, segundo a reação considerada, é 572 kJ.

As energias das ligações $H-H$ e $O=O$ são, respetivamente, 436 kJ $mol^{-1}$ e 498 kJ $mol^{-1}$.

Determine a energia que é necessário fornecer, em média, para quebrar uma mole de ligações $O-H$ na molécula de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.** As primeiras experiências que conduziram à obtenção do fósforo, sob a forma de $P_4(s)$, foram realizadas a partir da urina humana.

Duas das reações que ocorrem podem ser traduzidas por

**(I)** $Na(NH_4)HPO_4(aq) \longrightarrow NaPO_3(s) + NH_3(g) + H_2O(l)$

**(II)** $8\,NaPO_3(s) + 10\,C(s) \longrightarrow 2\,Na_4P_2O_7(s) + 10\,CO(g) + P_4(s)$

**2.1.** Considere que se utilizou $1{,}1 \times 10^2$ $dm^3$ de urina na qual a concentração em massa de $Na(NH_4)HPO_4$ ($M = 137{,}02$ g $mol^{-1}$) era 1,6 g $dm^{-3}$, tendo-se obtido 4,5 g de $P_4(s)$ ($M = 123{,}90$ g $mol^{-1}$).

Determine o rendimento global do processo de síntese do $P_4(s)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

**2.2.** Na reação **(II)**, o carbono é _____ , sendo a variação do seu número de oxidação _____.

**(A)** oxidado ... $+2$ **(B)** oxidado ... $-2$

**(C)** reduzido ... $+2$ **(D)** reduzido ... $-2$

**2.3.** À semelhança do nitrogénio, que se liga ao hidrogénio para formar $NH_3$, um dos produtos da reação **(I)**, também o fósforo se liga ao hidrogénio para formar $PH_3$, um composto chamado fosfina.

As moléculas de fosfina e de amoníaco têm _____ número de eletrões de valência não ligantes, apresentando a molécula de fosfina geometria _____.

**(A)** diferente ... triangular plana

**(B)** diferente ... piramidal trigonal

**(C)** igual ... triangular plana

**(D)** igual ... piramidal trigonal

**3.** O ácido fosfórico, $H_3PO_4\,(aq)$, é um ácido que se ioniza em água em três etapas sucessivas, traduzidas por

$$H_3PO_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2PO_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$$
$$H_2PO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$$
$$HPO_4^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons PO_4^{3-}(aq) + H_3O^+(aq)$$

**3.1.** Qual das expressões seguintes traduz a constante de acidez da espécie $H_2PO_4^-\,(aq)$ ?

**(A)** $K_a = \dfrac{[H_2PO_4^-][H_3O^+]}{[HPO_4^{2-}]}$ **(B)** $K_a = \dfrac{[HPO_4^{2-}][H_3O^+]}{[H_2PO_4^-]}$

**(C)** $K_a = \dfrac{[H_2PO_4^-][H_3O^+]}{[H_3PO_4]}$ **(D)** $K_a = \dfrac{[H_3PO_4][H_3O^+]}{[H_2PO_4^-]}$

**3.2.** Na tabela seguinte, estão registadas as constantes de acidez, $K_a$ , a $25\ ^oC$, das espécies $H_3PO_4(aq)$, $H_2PO_4^-\,(aq)$ e $HPO_4^{2-}\,(aq)$.

| Espécie | $K_a$ (a $25\ ^oC$) |
|---|---|
| $H_3PO_4\,(aq)$ | $7{,}5 \times 10^{-3}$ |
| $H_2PO_4^-\,(aq)$ | $6{,}2 \times 10^{-8}$ |
| $HPO_4^{2-}\,(aq)$ | $4{,}2 \times 10^{-13}$ |

Qual é a fórmula química da base conjugada da espécie ácida mais fraca?

**4.** Admita que a quantidade total de fosfato numa amostra de urina é a soma das quantidades dos iões $H_2PO_4^-(aq)$ e $HPO_4^{2-}(aq)$.

Considere uma amostra de $50{,}0\ cm^3$ de urina na qual a concentração total de fosfato é $29\ mmol\ dm^{-3}$, sendo a concentração de $HPO_4^{2-}(aq)$ 3,0 vezes maior do que a concentração de $H_2PO_4^-(aq)$.

Calcule o número de iões $HPO_4^{2-}(aq)$ que existem na amostra de urina.

Apresente todas as etapas de resolução.

## GRUPO V

A reação entre o metanal, $CH_2O(g)$, e o hidrogénio, $H_2(g)$, para formar metanol, $CH_3OH(g)$, pode ser traduzida por

$$CH_2O(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$$

Num recipiente fechado, introduziram-se inicialmente $3{,}94\ mol$ de metanal e $3{,}94\ mol$ de hidrogénio. Ao fim de um determinado intervalo de tempo, o sistema atingiu um estado de equilíbrio, existindo, no total, $4{,}72\ mol$ de moléculas no recipiente.

**1.** No intervalo de tempo considerado, o número total de átomos no recipiente _____ , tendo a quantidade de metanal diminuído _____.

**(A)** manteve-se constante ... $0{,}78\ mol$

**(B)** manteve-se constante ... $3{,}16\ mol$

**(C)** não se manteve constante ... $3{,}16\ mol$

**(D)** não se manteve constante ... $0{,}78\ mol$

**2.** Conclua como varia a quantidade de metanol, $CH_3OH$, se, a temperatura constante, ocorrer um aumento do volume do sistema em equilíbrio.

Apresente, num texto estruturado e utilizando linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

## GRUPO VI

A identificação de alguns elementos químicos em amostras de sais pode ser realizada usando um teste de chama.

Nesse teste, uma amostra do sal é colocada numa colher de combustão que se põe em contacto com a chama de uma lamparina, ou de um bico de Bunsen.

A cor que é conferida à chama permite, em determinadas condições, identificar o catião do sal constituinte da amostra.

**1.** Para realizar o teste de chama com amostras de diferentes sais, deve colocar-se o sal na parte

**(A)** mais quente da chama, usando a mesma colher para todas as amostras.

**(B)** menos quente da chama, usando a mesma colher para todas as amostras.

**(C)** mais quente da chama, usando colheres diferentes para cada uma das amostras.

**(D)** menos quente da chama, usando colheres diferentes para cada uma das amostras.

**2.** O teste de chama, ainda que corretamente realizado, apresenta várias limitações na identificação dos elementos químicos em amostras de sais.

Indique uma dessas limitações.

**3.** O nitrato de cobre(II) é um sal formado pelo ião cobre(II), $Cu^{2+}$, e pelo ião nitrato, $NO_3^-$.

**3.1.** Realizando o teste de chama com este sal, observa-se que a chama adquire uma cor verde característica do cobre.

A cor observada deve-se à _____ de radiação, associada a transições eletrónicas para níveis de energia _____.

**(A)** absorção ... superiores

**(B)** absorção ... inferiores

**(C)** emissão ... superiores

**(D)** emissão ... inferiores

**3.2.** Colocaram-se algumas gotas de uma solução aquosa de nitrato de cobre(II) de cor azul em cada uma de três cavidades de uma placa de microanálise. Em seguida, em cada uma das cavidades, colocou-se um pequeno pedaço de um metal – chumbo (Pb), zinco (Zn) e prata (Ag) – imerso na solução de nitrato de cobre(II).

Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte.

| Metal / Catião metálico | Pb | Zn | Ag |
|---|---|---|---|
| $Cu^{2+}$ | Formou-se um depósito avermelhado sobre o metal. A cor azul da solução ficou menos intensa. | Formou-se um depósito avermelhado sobre o metal. A cor azul da solução ficou menos intensa. | Não se observou qualquer alteração. |

Estes resultados permitem concluir que

**(A)** o poder redutor do zinco (Zn) é maior do que o poder redutor do chumbo (Pb).

**(B)** o poder redutor da prata (Ag) é maior do que o poder redutor do cobre (Cu).

**(C)** o poder oxidante do ião $Cu^{2+}(aq)$ é maior do que o poder oxidante do ião $Pb^{2+}(aq)$.

**(D)** o poder oxidante do ião $Zn^{2+}(aq)$ é maior do que o poder oxidante do ião $Ag^{+}(aq)$.

**FIM**

# GRUPO I

Uma tina de ondas é um tanque de pequena profundidade que contém água e onde é possível, utilizando um gerador adequado, produzir ondas na superfície da água. O gerador pode ser ajustado de modo a produzir ondas de frequências diferentes.

As imagens dessas ondas apresentam zonas mais claras, que correspondem a cristas, e zonas mais escuras, que correspondem a vales.

**1.** A Figura 1 apresenta uma imagem das ondas obtidas numa tina de ondas, numa determinada experiência. Na figura, estão ainda representados dois pontos, A e B, à superfície da água.

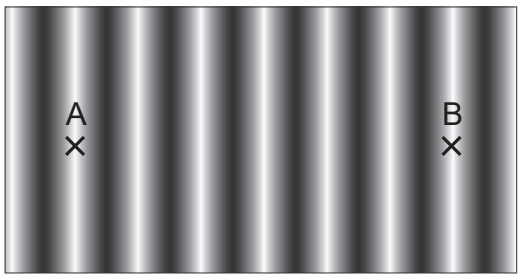



Figura 1

**1.1.** Considere que o gerador de ondas está ajustado para $5{,}0\ \text{Hz}$ e que a imagem é obtida num instante $t$.

Quanto tempo decorrerá, no mínimo, entre o instante $t$ e um instante no qual o ponto A se encontre num vale?

**(A)** $0{,}15\ \text{s}$

**(B)** $0{,}20\ \text{s}$

**(C)** $0{,}050\ \text{s}$

**(D)** $0{,}10\ \text{s}$

**1.2.** Se a distância entre os pontos A e B for $15{,}6\ \text{cm}$, o comprimento de onda das ondas que se propagam na superfície da água será

**(A)** $1{,}30\ \text{cm}$

**(B)** $2{,}23\ \text{cm}$

**(C)** $2{,}60\ \text{cm}$

**(D)** $3{,}12\ \text{cm}$

**2.** Com o objetivo de determinar a velocidade de propagação das ondas produzidas na superfície da água contida numa tina, mediu-se o comprimento de onda, $\lambda$, dessas ondas para várias frequências, $f$.

Na tabela seguinte, estão registados os valores de $f$ e de $\lambda$ medidos e ainda os inversos desses valores.

| $f$ / Hz | $\lambda$ / cm | $\frac{1}{f}$ / $Hz^{-1}$ | $\frac{1}{\lambda}$ / $cm^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| 8,8 | 2,3 | 0,114 | 0,435 |
| 10,5 | 2,0 | 0,09524 | 0,500 |
| 12,7 | 1,6 | 0,07874 | 0,625 |
| 15,1 | 1,4 | 0,06623 | 0,714 |
| 20,3 | 1,0 | 0,04926 | 1,00 |

Determine a velocidade de propagação das ondas, em $cm\ s^{-1}$, nas condições em que decorreu a experiência, a partir da equação da reta de ajuste a um gráfico adequado.

Na sua resposta:

– identifique as variáveis independente e dependente a considerar nos eixos do gráfico;

– apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico;

– obtenha o valor solicitado, com um número correto de algarismos significativos.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

## GRUPO II

**1.** Num ensaio laboratorial, adicionou-se uma amostra de água, a uma temperatura $T$, a uma outra amostra de água, de massa $350{,}0\ \text{g}$ e inicialmente a $5{,}2\ ^{\text{o}}\text{C}$. Verificou-se que, após um determinado intervalo de tempo, o sistema resultante daquela adição ficou à temperatura de $27{,}9\ ^{\text{o}}\text{C}$.

**1.1.** Calculou-se a energia total cedida pela amostra de água inicialmente à temperatura $T$, tendo-se obtido $3{,}85 \times 10^{4}\ \text{J}$.

Conclua em que sentido terá ocorrido a transferência de energia entre o sistema resultante daquela adição e o exterior, até ser atingida a temperatura de $27{,}9\ ^{\text{o}}\text{C}$.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

**1.2.** As temperaturas foram medidas com um termómetro digital, cujo funcionamento se baseia na variação da resistência elétrica de um fio condutor (constituinte do termómetro) com a temperatura. Para que o termómetro funcione adequadamente, a variação da potência dissipada por efeito Joule, no fio, deve ser desprezável.

Considere que a resistência elétrica do fio aumenta $3{,}85\ \Omega$ por cada $10\ ^{\text{o}}\text{C}$ de aumento de temperatura e que, na experiência realizada, o fio foi percorrido por uma corrente constante de $9{,}0 \times 10^{-4}\ \text{A}$.

Verifique que, entre $5{,}2\ ^{\text{o}}\text{C}$ e $27{,}9\ ^{\text{o}}\text{C}$, o aumento da potência dissipada naquele fio foi inferior a $10^{-5}\ \text{W}$, sendo, por isso, desprezável.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**2.** Para determinar experimentalmente a variação de entalpia (mássica) de fusão do gelo, adicionou-se gelo fundente a água previamente aquecida.

**2.1.** Para minimizar o erro nesta determinação, o gelo adicionado deve estar dividido em

**(A)** pequenos fragmentos e vir diretamente do congelador.

**(B)** pequenos fragmentos e ter sido colocado previamente em água a $0\ ^{\text{o}}\text{C}$.

**(C)** grandes fragmentos e vir diretamente do congelador.

**(D)** grandes fragmentos e ter sido colocado previamente em água a $0\ ^{\text{o}}\text{C}$.

**2.2.** Na experiência realizada, mediu-se a massa do gelo fundente, a massa e a temperatura inicial da água, e a temperatura à qual o sistema resultante daquela adição atingiu o equilíbrio térmico.

O que é necessário ainda conhecer para calcular a variação de entalpia (mássica) de fusão do gelo, considerando que o sistema é isolado?

**(A)** Apenas a capacidade térmica mássica da água líquida.

**(B)** A capacidade térmica mássica da água líquida e a capacidade térmica mássica do gelo.

**(C)** A energia necessária à fusão de $1\ \text{kg}$ de gelo e a capacidade térmica mássica da água líquida.

**(D)** Apenas a energia necessária à fusão de $1\ \text{kg}$ de gelo.

## GRUPO III

Considere a reação traduzida por

$$2\ H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

**1.** Na reação anterior, moléculas de água cedem

**(A)** protões a iões $OH^-(aq)$.

**(B)** protões a moléculas de água.

**(C)** eletrões a iões $OH^-(aq)$.

**(D)** eletrões a moléculas de água.

**2.** O produto iónico da água é $3{,}80 \times 10^{-14}$, a uma temperatura $T$.

Se, à temperatura $T$, o $pH$ de uma água engarrafada for $6{,}90$, essa água

**(A)** será neutra, uma vez que as concentrações de $H_3O^+(aq)$ e de $OH^-(aq)$ serão iguais.

**(B)** não será neutra, uma vez que o seu $pH$ será diferente de $7$.

**(C)** não será neutra, uma vez que a concentração de $H_3O^+(aq)$ será inferior à de $OH^-(aq)$.

**(D)** será neutra, uma vez que o seu $pH$ será próximo de $7$.

**3.** Dissolvendo em água, a temperatura constante, uma certa quantidade de uma base, a concentração de $OH^-(aq)$

**(A)** diminui, e o produto iónico da água mantém-se constante.

**(B)** aumenta, e o produto iónico da água não se mantém constante.

**(C)** diminui, e o produto iónico da água não se mantém constante.

**(D)** aumenta, e o produto iónico da água mantém-se constante.

## GRUPO IV

A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \qquad \Delta H < 0$$

**1.** Nesta reação, a variação do número de oxidação do elemento que se reduz é

**(A)** $+3$ **(B)** $+1$ **(C)** $-3$ **(D)** $-1$

**2.** Que volume de $H_2(g)$ terá de reagir, no mínimo, para se obter $35{,}0\ dm^3$ de $NH_3(g)$, em condições de pressão e de temperatura constantes?

**(A)** $52{,}5\ dm^3$ **(B)** $35{,}0\ dm^3$ **(C)** $23{,}3\ dm^3$ **(D)** $105\ dm^3$

**3.** Considere um sistema fechado onde se encontram, em equilíbrio, as espécies envolvidas na reação considerada.

Na Figura 2, apresentam-se os esboços dos gráficos da quantidade de equilíbrio, $n$, de uma daquelas espécies, em função da pressão, $P$, para duas temperaturas, $T_A$ e $T_B$.

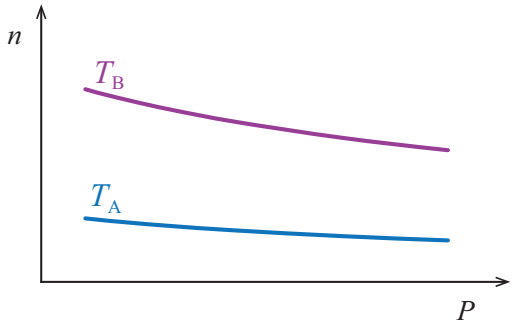



Figura 2

Conclua qual das temperaturas, $T_A$ ou $T_B$, é menor, começando por verificar se a espécie a que o gráfico se refere é um reagente ou um produto da reação.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

**4.** Num reator com a capacidade de $0{,}50\ L$, foram introduzidas $6{,}00\ mol$ de $NH_3(g)$. Quando o sistema químico atingiu o estado de equilíbrio, à temperatura $T$, verificou-se que existia no reator $86{,}6\%$ da quantidade inicial daquele gás.

Calcule a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação de decomposição do amoníaco, à temperatura $T$.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

## GRUPO V

A Figura 3 representa, à escala, um diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio, no qual são apresentados apenas os três primeiros níveis de energia.

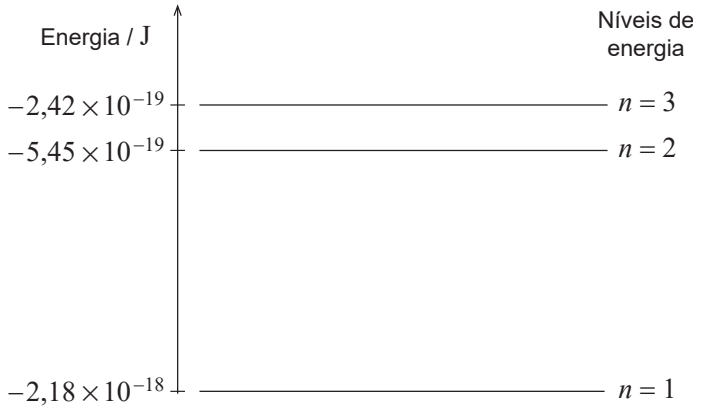



Figura 3

**1.** A energia do nível $n = 4$ é $-1{,}36 \times 10^{-19}\ \text{J}$.

**1.1.** A que distância do nível $n = 3$ deveria estar o nível $n = 4$ no diagrama representado na figura?

Mostre como chegou ao valor solicitado.

**1.2.** As riscas do espectro de emissão do átomo de hidrogénio, na região do visível, são originadas por transições eletrónicas para o nível $n = 2$.

Conclua se, no espectro de emissão do átomo de hidrogénio, na região do visível, poderá existir uma risca a $3{,}45 \times 10^{-19}\ \text{J}$.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

**2.** Qual é a energia mínima necessária para ionizar o átomo de hidrogénio no primeiro estado excitado?

# GRUPO VI

A 14 de outubro de 2012, Felix Baumgartner (FB), um paraquedista austríaco, subiu num balão de hélio até à estratosfera. A partir desse balão, FB realizou um salto até à superfície da Terra.

**1.** Um balão, cheio com $0{,}750\ \text{mol}$ de hélio ($\text{He}$), tem um volume de $70{,}0\ \text{dm}^3$, a uma determinada altitude. A essa altitude recolheu-se uma amostra de $1{,}0\ \text{dm}^3$ de ar, medido em condições de pressão e de temperatura idênticas às existentes no interior do balão.

A percentagem em volume de nitrogénio, $\text{N}_2$, na amostra de ar recolhida é $78\%$.

Determine a massa de nitrogénio nessa amostra de ar.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**2.** Na estratosfera existe uma camada de ozono, $\text{O}_3(\text{g})$, que absorve parte da radiação ultravioleta proveniente do Sol.

**2.1.** Qual é a quantidade de ozono existente numa amostra de ar, de massa $5 \times 10^2\ \text{g}$, numa zona da estratosfera na qual o ar contém $10\ \text{ppm}$ (em massa) de ozono?

**(A)** $1 \times 10^{-5}\ \text{mol}$ **(B)** $1 \times 10^{-4}\ \text{mol}$

**(C)** $5 \times 10^{-3}\ \text{mol}$ **(D)** $5 \times 10^{-4}\ \text{mol}$

**2.2.** A molécula de ozono, $\text{O}_3$, é menos estável do que a molécula de oxigénio, $\text{O}_2$.

Na Figura 4, está representado um modelo tridimensional da molécula de ozono.

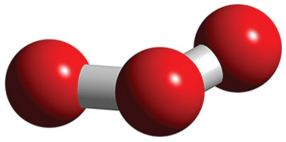


Figura 4

Na molécula de ozono, o átomo central _____ eletrões de valência não ligantes, e o comprimento da ligação oxigénio-oxigénio é _____ do que na molécula de oxigénio.

**(A)** apresenta ... menor **(B)** apresenta ... maior

**(C)** não apresenta ... maior **(D)** não apresenta ... menor

**3.** No salto que realizou desde a estratosfera até à Terra, Felix Baumgartner (FB) foi o primeiro homem a quebrar a barreira do som sem qualquer veículo propulsor.

Considere que a queda de FB em direção à Terra foi aproximadamente vertical.

Na Figura 5, apresentam-se, para os primeiros $100\ \text{s}$ de queda, os gráficos do módulo da velocidade, $v_{FB}$, e da altitude, $h$, de FB, em função do tempo, $t$. Na figura, está também representada uma linha a tracejado, que traduz o modo como variou o módulo da velocidade do som, $v_{som}$, ao longo da trajetória percorrida, durante aquele intervalo de tempo.

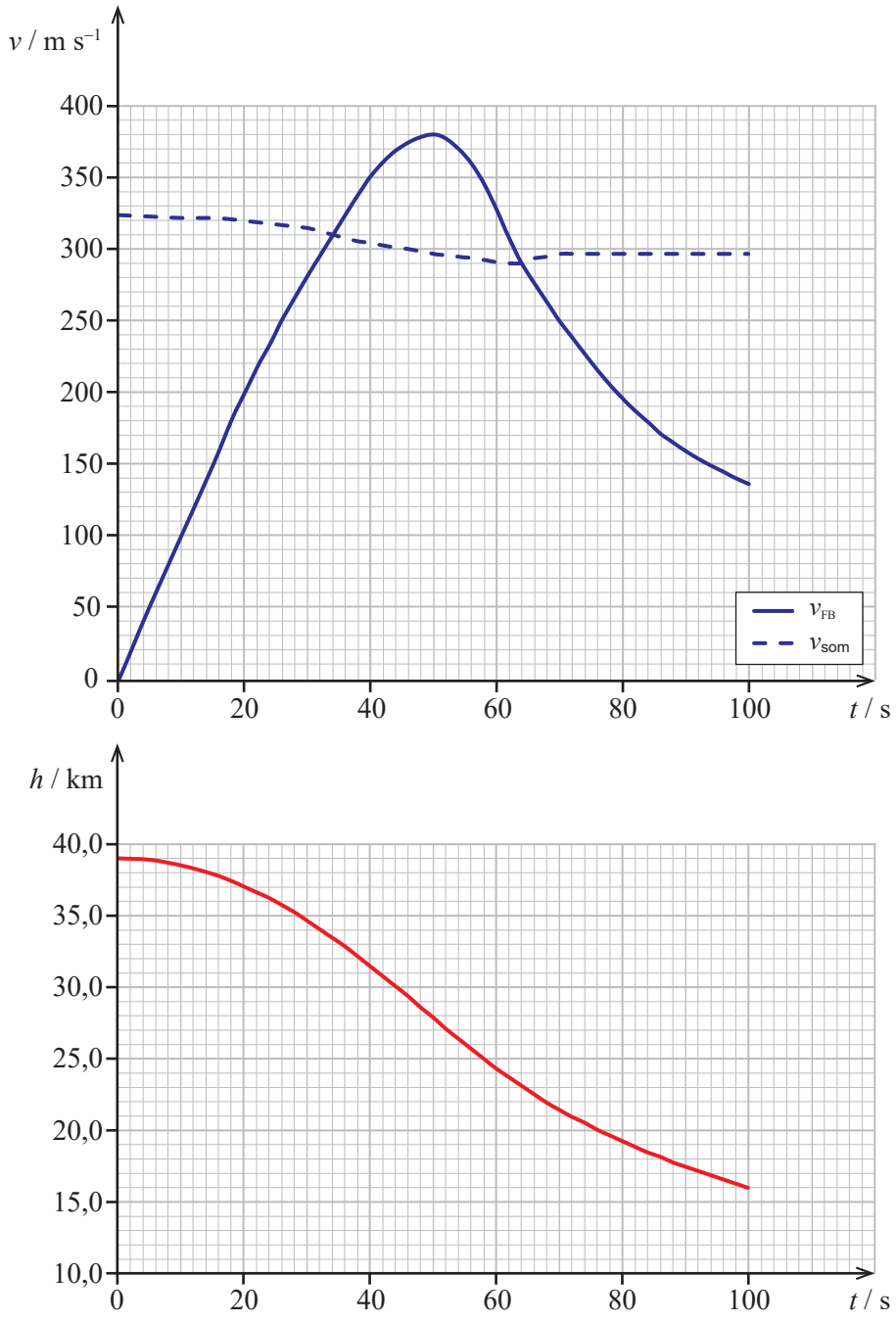



Figura 5

Considere que o conjunto *FB + equipamento* pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que a variação da aceleração gravítica com a altitude é desprezável.

**3.1.** Qual foi o sentido da resultante das forças que atuaram sobre o conjunto *FB* + *equipamento*, nos primeiros $40\ \text{s}$ de queda?

**3.2.** Qual foi, aproximadamente, a distância percorrida pelo conjunto *FB* + *equipamento*, no intervalo de tempo em que o módulo da sua velocidade aumentou?

**(A)** $19\ \text{km}$ **(B)** $11\ \text{km}$ **(C)** $23\ \text{km}$ **(D)** $28\ \text{km}$

**3.3.** No intervalo de tempo $[50, 60]\ \text{s}$, o módulo da aceleração do conjunto *FB* + *equipamento* _____ , e a intensidade da resultante das forças que nele atuaram _____ .

**(A)** aumentou ... aumentou **(B)** aumentou ... diminuiu

**(C)** diminuiu ... diminuiu **(D)** diminuiu ... aumentou

**3.4.** No intervalo de tempo $[50, 100]\ \text{s}$, a energia potencial gravítica do sistema *FB* + *equipamento* + *Terra* _____ , e a energia mecânica do sistema _____ .

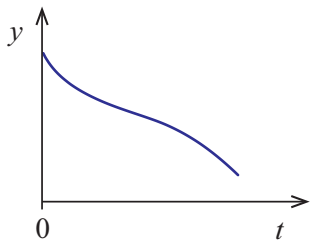
**(A)** aumentou ... diminuiu **(B)** aumentou ... permaneceu constante

**(C)** diminuiu ... diminuiu **(D)** diminuiu ... permaneceu constante

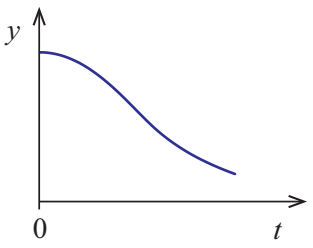
**3.5.** Considere um referencial unidimensional $Oy$ vertical, com sentido de cima para baixo.

Qual dos esboços de gráfico seguintes poderá representar a componente escalar da posição, $y$, do conjunto *FB* + *equipamento*, em relação ao referencial $Oy$, em função do tempo, $t$, nos primeiros $100\ \text{s}$ de queda?

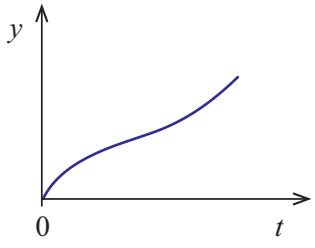
**(A)**



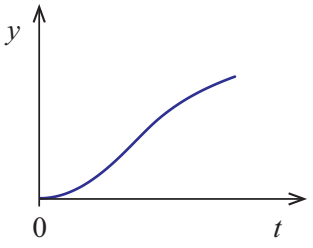

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**3.6.** Considere que a massa do conjunto *FB* + *equipamento* era $118\ \text{kg}$.

Determine o trabalho realizado pela força de resistência do ar que atuou sobre o conjunto, no intervalo de tempo em que este se moveu com velocidade superior à velocidade do som.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**FIM**

# GRUPO I

Considere a hexametilenodiamina (substância A) e o ácido adípico (substância B).

**1.** A Figura 1 representa um modelo tridimensional da molécula da substância A, na qual todas as ligações são covalentes simples.

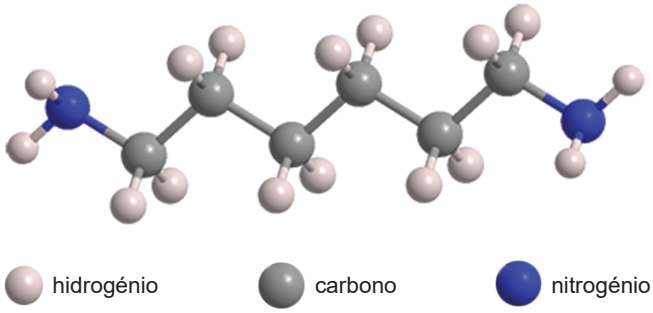



Figura 1

**1.1.** Quantos eletrões de valência não ligantes existem na molécula da substância A?

**1.2.** A substância A é solúvel em água,

**(A)** uma vez que, nas moléculas desta substância, todos os átomos de carbono estão ligados entre si.

**(B)** uma vez que, nas moléculas desta substância, todas as ligações são covalentes simples.

**(C)** uma vez que as moléculas desta substância podem estabelecer ligações de hidrogénio.

**(D)** uma vez que as moléculas desta substância contêm átomos de hidrogénio.

**2.** As soluções aquosas da substância A são básicas.

Numa solução aquosa da substância A, a uma qualquer temperatura $T$, a concentração de $\mathrm{OH^-(aq)}$ será

**(A)** superior à de $\mathrm{H_3O^+(aq)}$, sendo o $\mathrm{pH}$ da solução sempre maior do que $7$.

**(B)** superior à de $\mathrm{H_3O^+(aq)}$, podendo o $\mathrm{pH}$ da solução ser maior, menor ou igual a $7$.

**(C)** inferior à de $\mathrm{H_3O^+(aq)}$, podendo o $\mathrm{pH}$ da solução ser maior, menor ou igual a $7$.

**(D)** inferior à de $\mathrm{H_3O^+(aq)}$, sendo o $\mathrm{pH}$ da solução sempre maior do que $7$.

**3.** A $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$, a massa volúmica da substância B ($M = 146{,}16\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$) é $1{,}5$ vezes superior à massa volúmica da substância A ($M = 116{,}24\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$).

Considere uma amostra pura da substância B com o dobro do volume de uma amostra pura da substância A, a $25\ ^{\circ}\mathrm{C}$.

Determine o quociente entre o número de moléculas da substância B e o número de moléculas da substância A existentes nas respetivas amostras.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

# GRUPO II

**1.** As soluções aquosas que contêm o ião $[FeSCN]^{2+}$ têm uma cor vermelha característica.

Misturando uma solução contendo iões $Fe^{3+}(aq)$ com uma solução contendo iões tiocianato, $SCN^{-}(aq)$, obtém-se uma solução de cor vermelha, uma vez que ocorre a reação traduzida por

$$Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq) \rightleftharpoons [FeSCN]^{2+}(aq)$$

**1.1.** Adicionaram-se $12{,}5\ cm^3$ de uma solução de $Fe^{3+}(aq)$, de concentração $4{,}0 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$, a $10{,}0\ cm^3$ de uma solução de $SCN^{-}(aq)$, de concentração $5{,}0 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$.

Verificou-se que a concentração de equilíbrio do ião $[FeSCN]^{2+}(aq)$ na solução resultante daquela adição era $4{,}6 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$, à temperatura $T$.

Admita que o volume da solução resultante é a soma dos volumes adicionados.

Determine a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação considerada, à temperatura $T$.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**1.2.** Arrefecendo uma solução contendo iões $[FeSCN]^{2+}(aq)$, observa-se que a cor vermelha da solução vai ficando menos intensa.

Conclua se a variação de entalpia associada à reação de formação do ião $[FeSCN]^{2+}(aq)$ considerada é positiva ou negativa.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

**1.3.** A reação acima considerada não envolve transferência de eletrões.

Qual é o número de oxidação do ferro no ião $[FeSCN]^{2+}$?

**2.** Adicionando uma solução de $Ag^{+}(aq)$ a uma solução de $SCN^{-}(aq)$, precipita tiocianato de prata, $AgSCN(s)$, um sal muito pouco solúvel cujo produto de solubilidade é $1{,}0 \times 10^{-12}$, a $25\ ^{o}C$. Esta reação pode ser traduzida por

$$Ag^{+}(aq) + SCN^{-}(aq) \rightleftharpoons AgSCN(s)$$

**2.1.** Se, na solução que fica em equilíbrio com o precipitado, a $25\ ^{o}C$, a concentração de ião $Ag^{+}(aq)$ for $4{,}64 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$, a concentração de ião $SCN^{-}(aq)$ será

**(A)** $4{,}6 \times 10^{-16}\ mol\ dm^{-3}$

**(B)** $1{,}0 \times 10^{-6}\ mol\ dm^{-3}$

**(C)** $2{,}2 \times 10^{-9}\ mol\ dm^{-3}$

**(D)** $4{,}6 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$

**2.2.** Verificou-se que, adicionando $4{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol}$ de ião $Ag^{+}(aq)$ a $5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol}$ de ião $SCN^{-}(aq)$, se obteve $0{,}66\ \text{g}$ de $AgSCN$ $(M = 165{,}95\ \text{g mol}^{-1})$ sólido.

Qual terá sido o rendimento do processo?

Mostre como chegou ao valor solicitado.

**3.** O ião $SCN^{-}$ é constituído por enxofre, carbono e nitrogénio.

**3.1.** Os átomos de carbono e de enxofre, no estado fundamental, têm _____ número de orbitais de valência totalmente preenchidas e _____ número de eletrões desemparelhados.

**(A)** o mesmo ... o mesmo

**(B)** o mesmo ... diferente

**(C)** diferente ... diferente

**(D)** diferente ... o mesmo

**3.2.** Considere que as energias necessárias para remover um eletrão das orbitais $2p$ dos átomos de carbono e de nitrogénio, no estado fundamental, são $E_C$ e $E_N$, respetivamente.

A energia $E_C$ será _____ do que a energia $E_N$, sendo a energia dos eletrões das orbitais $2p$ _____ no átomo de carbono.

**(A)** menor ... maior

**(B)** maior ... menor

**(C)** menor ... menor

**(D)** maior ... maior

# GRUPO III

**1.** Numa aula laboratorial, os alunos colocaram num calorímetro $90\ \text{g}$ de água, na qual mergulharam um fio condutor eletricamente isolado, de resistência elétrica $R$. Para aquecer a água, fizeram passar nesse fio, durante $180\ \text{s}$, uma corrente elétrica $I$, tendo determinado o aumento da temperatura, $\Delta T$, da água, nesse intervalo de tempo.

Repetiram a experiência para diferentes valores de corrente elétrica.

**1.1.** Um aluno traçou, a partir dos resultados experimentais obtidos, um gráfico cujo esboço se encontra representado na Figura 2.

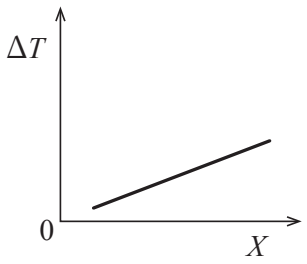



Figura 2

Nesse esboço, $X$ pode representar

**(A)** $R$

**(B)** $R^2$

**(C)** $I$

**(D)** $I^2$

**1.2.** Um outro aluno traçou, a partir dos resultados experimentais obtidos, o gráfico do aumento da temperatura, $\Delta T$, da água em função da potência dissipada, $P$, no fio condutor.

Determine o declive da reta do gráfico, considerando que toda a potência dissipada no fio é utilizada no aquecimento da água.

Mostre como chegou ao valor solicitado.

**2.** Para uma irradiância de $1000\ \text{W m}^{-2}$ e a $25\ ^{\text{o}}\text{C}$, um painel fotovoltaico, de área $1{,}63\ \text{m}^2$, fornece uma potência elétrica máxima quando a diferença de potencial nos seus terminais é $28{,}5\ \text{V}$ e a corrente elétrica é $7{,}6\ \text{A}$.

Determine o rendimento máximo do painel, nas condições consideradas.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**3.** A Figura 3 representa uma espira circular que roda, com velocidade angular constante, em torno de um eixo fixo Y, numa região do espaço em que existe um campo magnético constante e uniforme, $\vec{B}$.

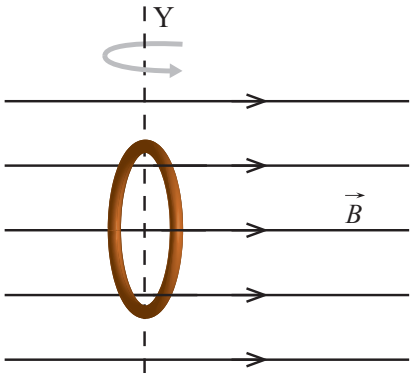



Figura 3

**3.1.** Na situação descrita, há uma variação do fluxo do campo magnético através da superfície delimitada pela espira, que decorre de

**(A)** o campo magnético ser constante.

**(B)** a espira rodar em torno do eixo Y.

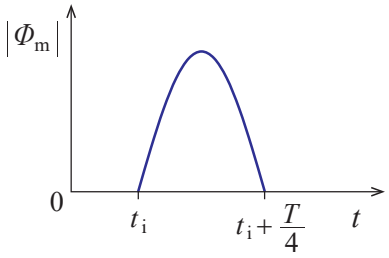
**(C)** o campo magnético ser uniforme.

**(D)** a espira ser condutora.

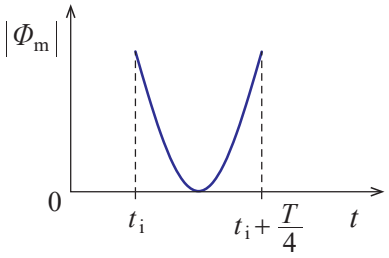
**3.2.** Admita que, num dado instante $t_i$, o plano da espira é perpendicular a $\vec{B}$ e considere o intervalo de tempo $\left[t_i\,;\, t_i + \frac{T}{4}\right]$, em que $T$ representa o período do movimento da espira.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar o módulo do fluxo do campo magnético, $|\Phi_m|$, que atravessa a espira, em função do tempo, $t$, no intervalo de tempo considerado?

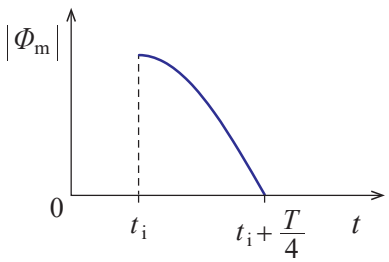
**(A)**



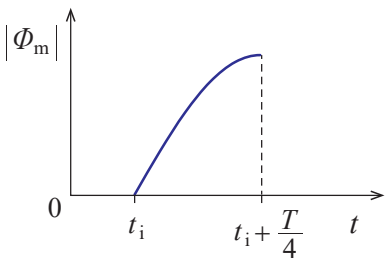

**(B)**




**(C)**




**(D)**



## GRUPO IV

**1.** Um feixe de luz, muito fino, propagando-se inicialmente no ar, incide numa das faces de um prisma de vidro, como se representa na Figura 4. Na figura, representa-se ainda parte dos trajetos dos feixes resultantes de sucessivas reflexões e refrações nas faces do prisma.

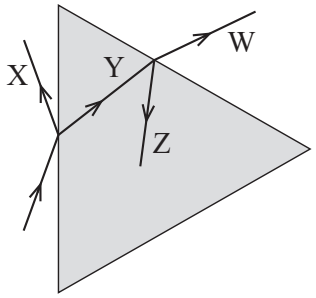



Figura 4

**1.1.** O feixe Y, que resulta de uma _____ numa das faces do prisma, terá necessariamente maior energia do que o feixe _____ .

**(A)** reflexão ... X

**(B)** reflexão ... W

**(C)** refração ... X

**(D)** refração ... W

**1.2.** O índice de refração do vidro constituinte do prisma é _____ ao índice de refração do ar uma vez que, ao sair do prisma, a luz se _____ da normal à superfície de separação dos dois meios.

**(A)** superior ... afasta

**(B)** superior ... aproxima

**(C)** inferior ... afasta

**(D)** inferior ... aproxima

**2.** Considere uma luz laser I, de frequência $6{,}1 \times 10^{14}$ Hz, e uma luz laser II, de frequência $4{,}5 \times 10^{14}$ Hz.

Tendo em conta as frequências indicadas, é possível concluir que

**(A)** a potência de um feixe da luz I é cerca de 1,4 vezes superior à potência de um feixe da luz II.

**(B)** a energia de um fotão da luz I é cerca de 1,4 vezes superior à energia de um fotão da luz II.

**(C)** a potência de um feixe da luz I é cerca de 1,4 vezes inferior à potência de um feixe da luz II.

**(D)** a energia de um fotão da luz I é cerca de 1,4 vezes inferior à energia de um fotão da luz II.

## GRUPO V

O *bungee jumping* é um desporto radical em que um atleta cai de uma altura apreciável, preso a um cabo elástico que, ao esticar, exerce uma força sobre o atleta.

Na Figura 5 (que não se encontra à escala), estão representadas posições de um atleta de massa $72\ \text{kg}$, que cai a partir da plataforma P.

Admita que o atleta inicia o seu movimento de queda vertical com velocidade inicial nula, caindo livremente até à posição R. A partir da posição R, o cabo elástico começa a esticar, passando a exercer uma força no atleta. Na posição S, o atleta atinge a velocidade máxima, de módulo $18{,}7\ \text{m s}^{-1}$, e, na posição T, inverte o sentido do seu movimento.

Considere o referencial $Oy$ representado na figura.

Admita que o atleta pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e considere desprezáveis a massa do cabo e a força de resistência do ar.

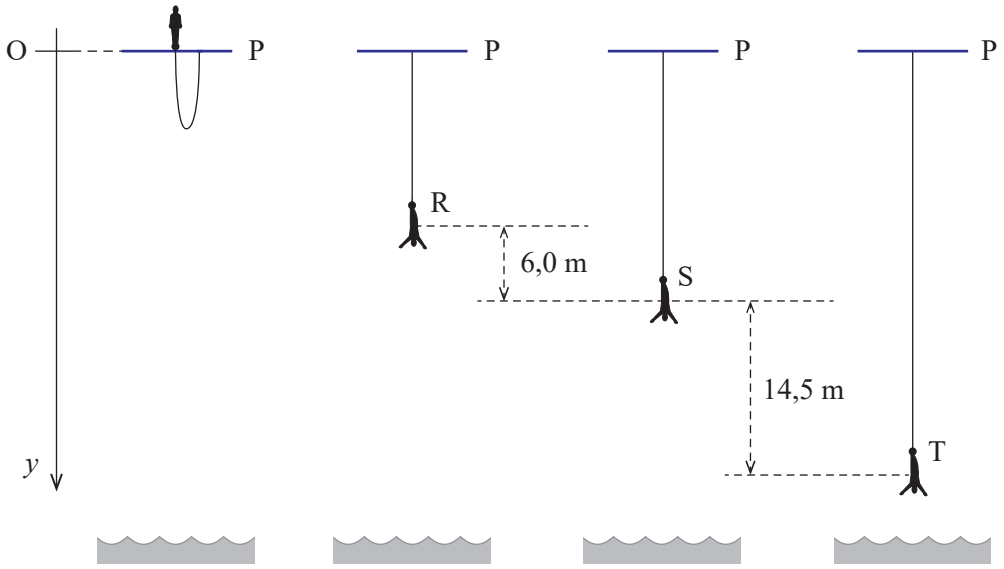
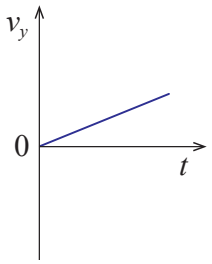



Figura 5

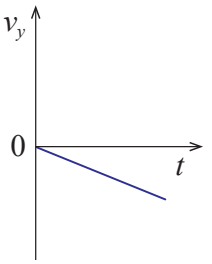
**1.** Considere o movimento de queda livre do atleta até à posição R.

**1.1.** Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da velocidade, $v_y$, do atleta, segundo o referencial O$y$ considerado, em função do tempo, $t$, naquele movimento?

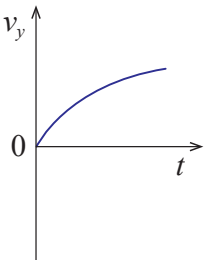
**(A)**



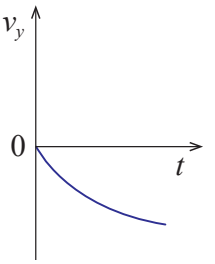

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**1.2.** Naquele movimento, a energia cinética do atleta aumenta proporcionalmente com

**(A)** o módulo da velocidade do atleta.

**(B)** o módulo da aceleração do atleta.

**(C)** a intensidade da força que o cabo exerce no atleta.

**(D)** a distância percorrida pelo atleta.

**1.3.** Entre a posição inicial e a posição R, a variação de energia potencial gravítica do sistema *atleta* + *Terra* é _____ , e a variação de energia mecânica do sistema é _____ .

**(A)** negativa ... positiva

**(B)** negativa ... nula

**(C)** positiva ... positiva

**(D)** positiva ... nula

**2.** Admita que o atleta atinge a posição R com velocidade de módulo $17{,}0\ \text{m s}^{-1}$.

Determine, a partir do teorema da energia cinética, o trabalho realizado pela força que o cabo exerce no atleta, $W_{\vec{F}_{\text{cabo}}}$, entre a posição R e a posição S.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**3.** À medida que o cabo estica, o seu comprimento aumenta, e a intensidade da força que o cabo exerce no atleta, $F_{\text{cabo}}$, também aumenta. Entre a posição R e a posição T, a um aumento do comprimento do cabo de $1{,}0\ \text{m}$ corresponde, em média, um aumento da intensidade daquela força de $120\ \text{N}$.

Determine a componente escalar da aceleração, $a_y$, do atleta na posição T, em relação ao referencial O$y$ considerado.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**4.** Admita que, no intervalo de tempo $[1,7;\ 3,0]\ \text{s}$, o módulo da velocidade, $v$, do atleta varia com o tempo, $t$, de acordo com a equação

$$v = 18,7\cos(1,29t - 2,62) \quad \text{(SI)}$$

na qual o ângulo (argumento do cosseno) está expresso em radianos.

Determine entre que instantes a aceleração tem o sentido do movimento.

Na sua resposta, apresente o esboço do gráfico (obtido na calculadora) que traduz o módulo da velocidade, $v$, do atleta em função do tempo, $t$, no intervalo de tempo $[1,7;\ 3,0]\ \text{s}$.

Mostre como chegou aos valores solicitados.

**5.** Considere que em cada ciclo respiratório, o atleta inspira $0,50\ \text{dm}^3$ de ar e expira o mesmo volume de ar, medidos em condições em que o volume molar de um gás é $25\ \text{dm}^3\ \text{mol}^{-1}$.

Considere ainda que as percentagens em volume de oxigénio, $O_2(g)$, no ar inspirado e no ar expirado são $21\%$ e $16\%$, respetivamente.

Qual é a quantidade de $O_2(g)$ consumida num ciclo respiratório?

**(A)** $1,0\times10^{-3}\ \text{mol}$

**(B)** $7,4\times10^{-3}\ \text{mol}$

**(C)** $3,2\times10^{-3}\ \text{mol}$

**(D)** $4,2\times10^{-3}\ \text{mol}$

**FIM**

## GRUPO I

**1.** A Figura 1 representa um gerador de sinais ligado a um altifalante e um microfone ligado a um osciloscópio. O gerador de sinais produz um sinal elétrico que é convertido num sinal sonoro pelo altifalante. Este sinal sonoro é detetado pelo microfone, que o converte num sinal elétrico que é visualizado no ecrã do osciloscópio.

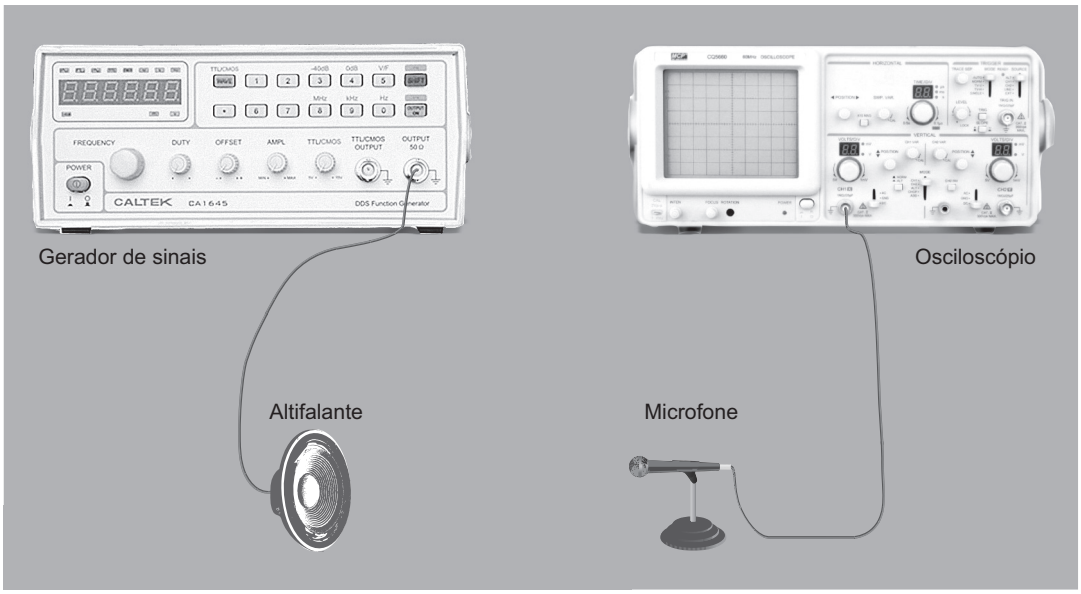



Figura 1

A Figura 2 representa o sinal elétrico visualizado no ecrã do osciloscópio, quando a base de tempo do osciloscópio está regulada para $250\ \mu s$ por divisão e o amplificador vertical está regulado para $5\ mV$ por divisão.

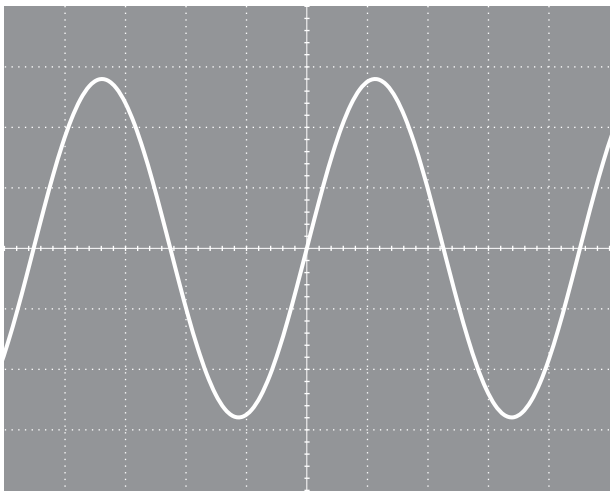


Figura 2

**1.1.** O sinal visualizado no ecrã do osciloscópio tem um período de _____ e uma amplitude de _____ .

**(A)** 1,1 ms ... 14 mV

**(B)** 4,5 ms ... 14 mV

**(C)** 1,1 ms ... 28 mV

**(D)** 4,5 ms … 28 mV

**1.2.** O sinal sonoro produzido pelo altifalante e o sinal sonoro detetado pelo microfone terão frequências _____ e intensidades _____ .

**(A)** diferentes ... iguais

**(B)** diferentes ... diferentes

**(C)** iguais ... iguais

**(D)** iguais ... diferentes

**2.** A Figura 3 representa um microfone de indução. Este microfone é constituído, essencialmente, por uma membrana e por uma bobina ligadas entre si e, ainda, por um íman fixo colocado na proximidade da bobina.

Explique como é que um sinal sonoro é convertido num sinal elétrico, neste tipo de microfones.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a explicação solicitada.

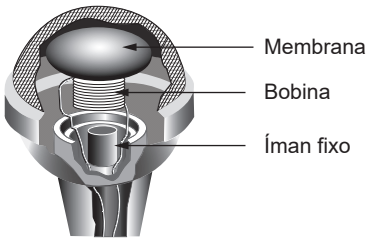



Figura 3

## GRUPO II

A Figura 4 apresenta as curvas características, a 25 ºC, de um painel fotovoltaico, para três irradiâncias diferentes. Estas curvas representam a corrente elétrica, $I$, fornecida pelo painel, em função da diferença de potencial elétrico, $U$, nos seus terminais.

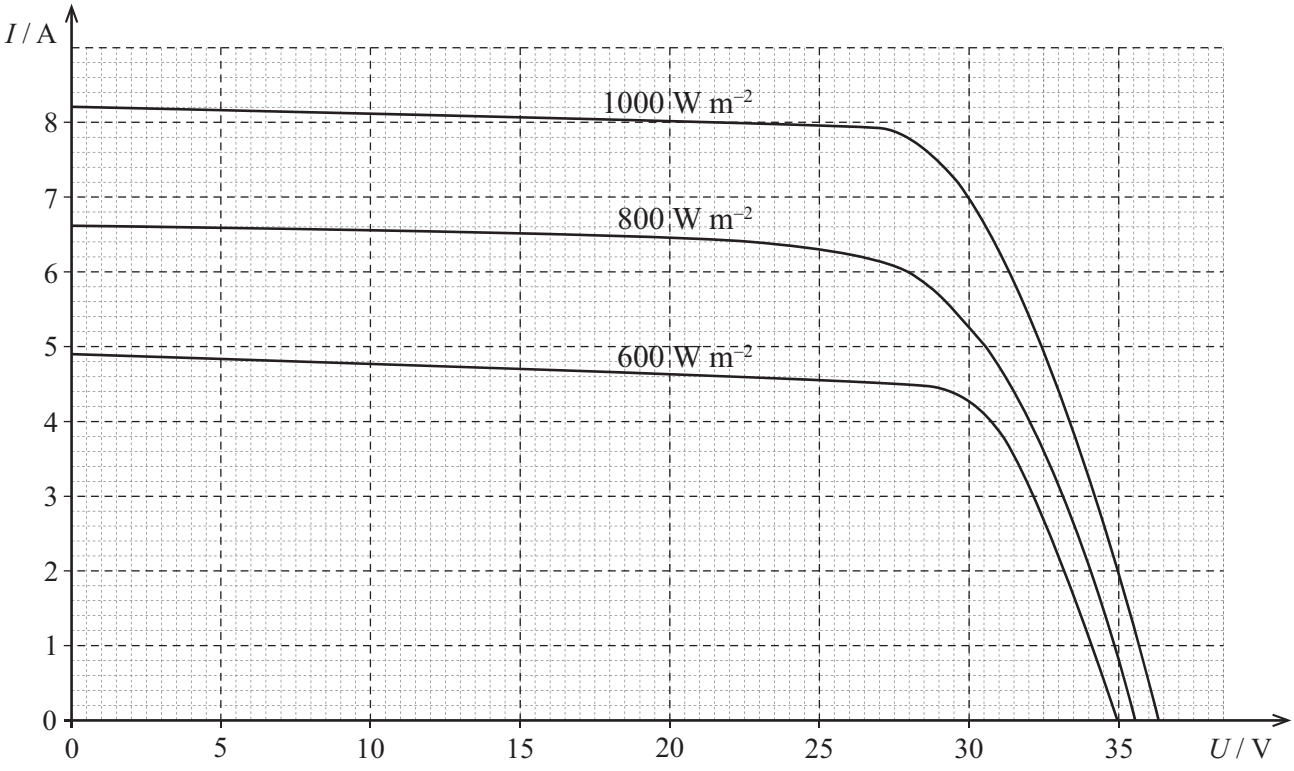
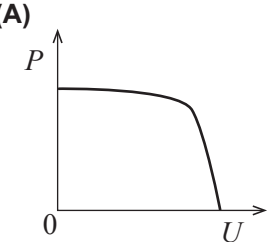


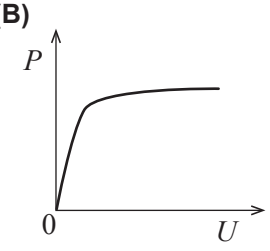

Figura 4

**1.** Qual é o esboço do gráfico que pode representar, para uma mesma irradiância, a potência elétrica, $P$, fornecida pelo painel, em função da diferença de potencial elétrico, $U$, nos seus terminais?

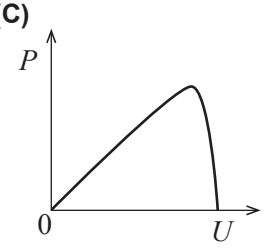
**(A)**



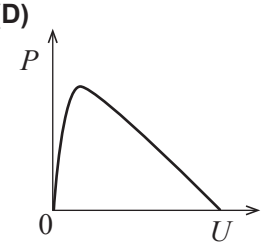

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.** A corrente elétrica fornecida por um painel fotovoltaico para uma resistência exterior nula designa-se por corrente de curto-circuito.

Conclua, com base no gráfico da Figura 4, se a corrente de curto-circuito é (ou não) diretamente proporcional à irradiância.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

## GRUPO III

**1.** Na Figura 5 (que não se encontra à escala), está representado um carrinho de brincar, de massa $m$, que é largado da posição A, sobre um plano inclinado. O carrinho desce esse plano, passa nas posições B e C e inverte o sentido do movimento na posição D.

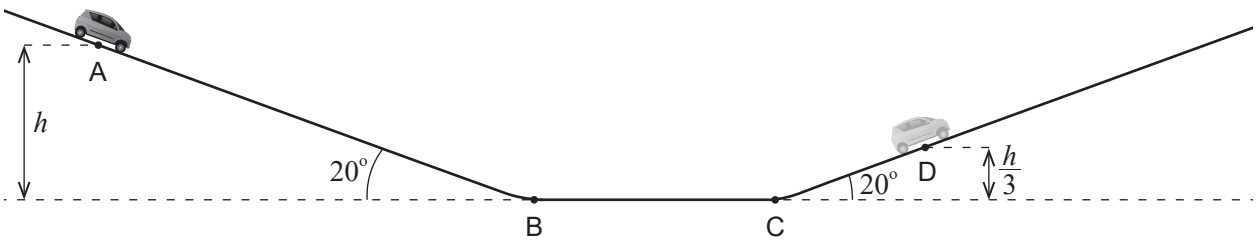



Figura 5

Admita que a intensidade da resultante das forças dissipativas que atuam no carrinho se mantém constante nos percursos entre as posições A e B e entre as posições C e D.

Entre as posições B e C, as forças dissipativas que atuam no carrinho são desprezáveis.

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

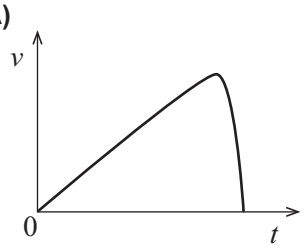
**1.1.** Desde a posição A até à posição D, a diminuição da energia potencial gravítica do sistema *carrinho* + *Terra* é igual a _____ , sendo o trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho igual a _____ .

**(A)** $\frac{1}{3}\ mgh\ ...\ \frac{1}{3}\ mgh$ **(B)** $\frac{1}{3}\ mgh\ ...\ \frac{2}{3}\ mgh$

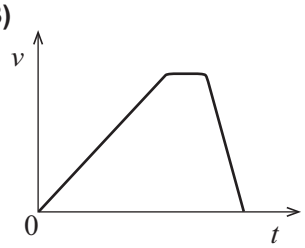
**(C)** $\frac{2}{3}\ mgh\ ...\ \frac{1}{3}\ mgh$ **(D)** $\frac{2}{3}\ mgh\ ...\ \frac{2}{3}\ mgh$

**1.2.** Qual é o esboço do gráfico que pode representar o módulo da velocidade, $v$, do carrinho em função do tempo, $t$, entre as posições A e D?

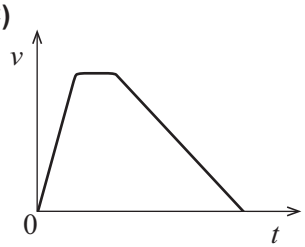
**(A)**



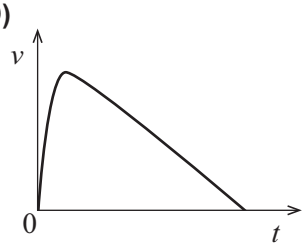

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**1.3.** Compare a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no carrinho entre as posições A e B com a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no carrinho entre as posições C e D.

**1.4.** Considere o movimento do carrinho na descida do plano inclinado, a partir da posição A. Se a altura $h$ for $40\ \text{cm}$, o carrinho atingirá a posição B com velocidade de módulo $2{,}0\ \text{m s}^{-1}$.

Considere um referencial $\text{O}x$ coincidente com a trajetória do carrinho, com origem na posição A e com o sentido do movimento.

Determine a componente escalar da aceleração, $a_x$, do carrinho, segundo o eixo $\text{O}x$, no seu movimento entre as posições A e B.

Utilize as equações do movimento $x(t)$ e $v(t)$.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**2.** Galileu idealizou uma experiência na qual uma esfera, largada sempre de uma mesma altura $h$ sobre um plano inclinado, subiria, na ausência de forças de atrito, um segundo plano inclinado até à altura da qual tinha sido largada, qualquer que fosse a inclinação $\theta$ do segundo plano.

Esta situação está representada na Figura 6.

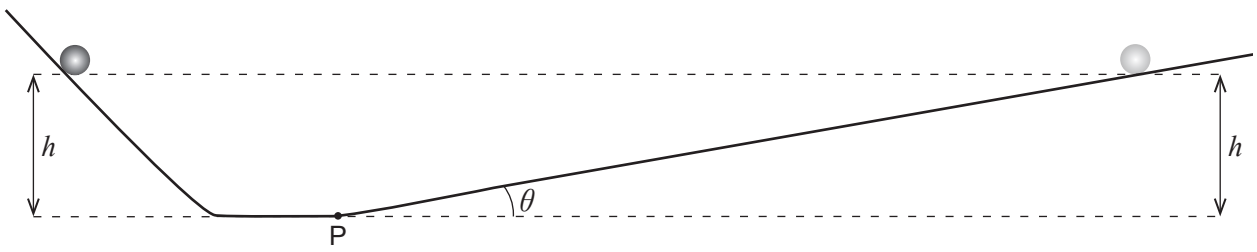



Figura 6

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

**2.1.** Na subida do segundo plano, desde a posição P até à posição de altura $h$,

**(A)** a resultante das forças que atuam na esfera não depende de $\theta$.

**(B)** a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam na esfera depende de $\theta$.

**(C)** o trabalho realizado pela força gravítica que atua na esfera não depende de $\theta$.

**(D)** a intensidade da força gravítica que atua na esfera depende de $\theta$.

**2.2.** Que tipo de movimento teria a esfera a partir da posição P, se a amplitude do ângulo $\theta$ fosse $0^{\text{o}}$ ?

## GRUPO IV

**1.** Os dois isótopos mais abundantes do enxofre, S, são o enxofre-32 e o enxofre-34.

Os átomos destes isótopos têm

**(A)** número atómico diferente.

**(B)** número de eletrões diferente.

**(C)** o mesmo número de neutrões.

**(D)** o mesmo número de protões.

**2.** A partir da configuração eletrónica do átomo de enxofre, S, indique quantas energias de remoção eletrónica apresentará o átomo de enxofre no estado fundamental.

Mostre como chegou ao valor solicitado.

**3.** No estado gasoso, a maior energia de remoção eletrónica do enxofre é $239\ \text{MJ mol}^{-1}$, e a menor energia de remoção eletrónica do enxofre é $1{,}0\ \text{MJ mol}^{-1}$.

A energia de ionização do enxofre é

**(A)** $1{,}0 \times 10^{-6}\ \text{J mol}^{-1}$ **(B)** $2{,}39 \times 10^{8}\ \text{J mol}^{-1}$

**(C)** $1{,}0 \times 10^{6}\ \text{J mol}^{-1}$ **(D)** $2{,}39 \times 10^{-4}\ \text{J mol}^{-1}$

**4.** O enxofre, S, pode existir em pequenas quantidades no aço.

Numa análise de controlo de qualidade, converteu-se todo o enxofre existente numa amostra de aço, de massa $8{,}30\ \text{g}$, em dióxido de enxofre, $SO_2(g)$.

Admita que todo o dióxido de enxofre formado reagiu com uma solução de peróxido de hidrogénio, $H_2O_2(aq)$, à qual se tinha adicionado uma solução de hidróxido de sódio, $NaOH(aq)$. A reação que ocorre pode ser traduzida por

$$SO_2(g) + H_2O_2(aq) + 2\ OH^-(aq) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 2\ H_2O(l)$$

**4.1.** Nesta reação, o número de oxidação do enxofre _____ , sendo o $SO_2$ a espécie que se _____ .

**(A)** aumenta ... oxida

**(B)** aumenta ... reduz

**(C)** diminui ... oxida

**(D)** diminui ... reduz

**4.2.** Considere que à solução de peróxido de hidrogénio se tinha adicionado $2{,}000 \times 10^{-2}\ \text{dm}^3$ de $\text{NaOH (aq)}$, de concentração $5{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol dm}^{-3}$.

Após todo o $\text{SO}_2\text{ (g)}$ ter reagido, verificou-se que a quantidade de $\text{OH}^-\text{ (aq)}$ na solução era $7{,}065 \times 10^{-4}\ \text{mol}$.

Determine a percentagem, em massa, de enxofre, S $(M = 32{,}06\ \text{g mol}^{-1})$, na amostra de aço.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**5.** No âmbito de um estudo sobre poluição, recolheu-se, numa zona da troposfera, uma amostra de ar. Verificou-se que, por cada $1{,}0 \times 10^{12}$ moléculas existentes na amostra, $4{,}0 \times 10^{2}$ moléculas eram de $\text{SO}_2$ $(M = 64{,}06\ \text{g mol}^{-1})$.

Determine a concentração em massa $(\text{em g dm}^{-3})$ de $\text{SO}_2$ na amostra, nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN).

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

## GRUPO V

**1.** A água, $\text{H}_2\text{O}$, é um líquido à pressão de $1\ \text{atm}$ e a $25\ ^{\text{o}}\text{C}$. Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, o sulfureto de hidrogénio, $\text{H}_2\text{S}$, é um gás.

**1.1.** As moléculas de $\text{H}_2\text{O}$ e de $\text{H}_2\text{S}$ _____ o mesmo número de eletrões de valência ligantes, _____ a mesma geometria.

**(A)** não têm ... apresentando

**(B)** têm ... não apresentando

**(C)** não têm ... não apresentando

**(D)** têm ... apresentando

**1.2.** As ligações que se estabelecem entre moléculas de $\text{H}_2\text{S}$ resultam predominantemente de _____ , sendo mais _____ do que as ligações que se estabelecem entre moléculas de $\text{H}_2\text{O}$.

**(A)** forças de van der Waals ... fortes

**(B)** forças de van der Waals ... fracas

**(C)** ligações de hidrogénio ... fortes

**(D)** ligações de hidrogénio ... fracas

**2.** Em qual das seguintes reações a água se comporta como um ácido de Brönsted-Lowry?

**(A)** $HS^-(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons S^{2-}(aq) + H_2O(l)$

**(B)** $HS^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons S^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$

**(C)** $H_2S(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HS^-(aq) + H_3O^+(aq)$

**(D)** $S^{2-}(aq) + 2\,H_3O^+(aq) \rightleftharpoons H_2S(aq) + 2\,H_2O(l)$

**3.** A dureza é um parâmetro que condiciona a utilização de uma água e que está relacionado com a concentração de determinados iões, entre os quais o ião $Ca^{2+}(aq)$.

A adição de uma solução aquosa de sulfato de sódio, $Na_2SO_4(aq)$, a uma água contendo iões $Ca^{2+}(aq)$ não altera significativamente a dureza dessa água. No entanto, nas mesmas condições de temperatura, a adição de uma solução aquosa de carbonato de sódio, $Na_2CO_3(aq)$, à mesma água provoca uma diminuição da sua dureza.

Conclua qual dos sais, $CaSO_4$ ou $CaCO_3$, será menos solúvel em água, a uma mesma temperatura.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

**4.** Uma amostra de água de massa $m$, inicialmente a $26\ ^oC$ e contida num recipiente, foi introduzida num congelador. Ao fim de um determinado intervalo de tempo, a temperatura da água estabilizou a $-20\ ^oC$.

Na tabela seguinte, estão registados os valores de algumas propriedades físicas da água.

| | |
|---|---|
| Capacidade térmica mássica do gelo / $J\,kg^{-1}\,^oC^{-1}$ | $2{,}10 \times 10^3$ |
| Variação de entalpia (mássica) de fusão / $J\,kg^{-1}$ | $3{,}34 \times 10^5$ |
| Temperatura de fusão / $^oC$ | 0,0 |

**4.1.** Compare, quantitativamente, a energia envolvida na mudança de estado físico da amostra de água com a energia total envolvida nas variações de temperatura da amostra.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**4.2.** Até atingir a temperatura de $-20\ ^oC$, a água _____ vizinhança, através das paredes do recipiente, essencialmente por _____ .

**(A)** cede energia à ... condução

**(B)** recebe energia da ... condução

**(C)** cede energia à ... convecção

**(D)** recebe energia da ... convecção

## GRUPO VI

Considere que, num reator de volume variável, existem apenas as substâncias A, B e C, todas em fase gasosa, que reagem entre si de acordo com

$$A(g) + 3\,B(g) \rightleftharpoons x\,C(g)$$

sendo x o coeficiente estequiométrico de C.

**1.** Numa reação química, em sistema fechado, poderá ocorrer variação

**(A)** da massa do sistema.

**(B)** da carga elétrica total.

**(C)** do número total de eletrões.

**(D)** do número total de moléculas.

**2.** O gráfico da Figura 7 representa, à temperatura de 327 °C, as quantidades de equilíbrio de $A(g)$, $B(g)$ e $C(g)$ existentes no reator, em função da pressão, $P$.

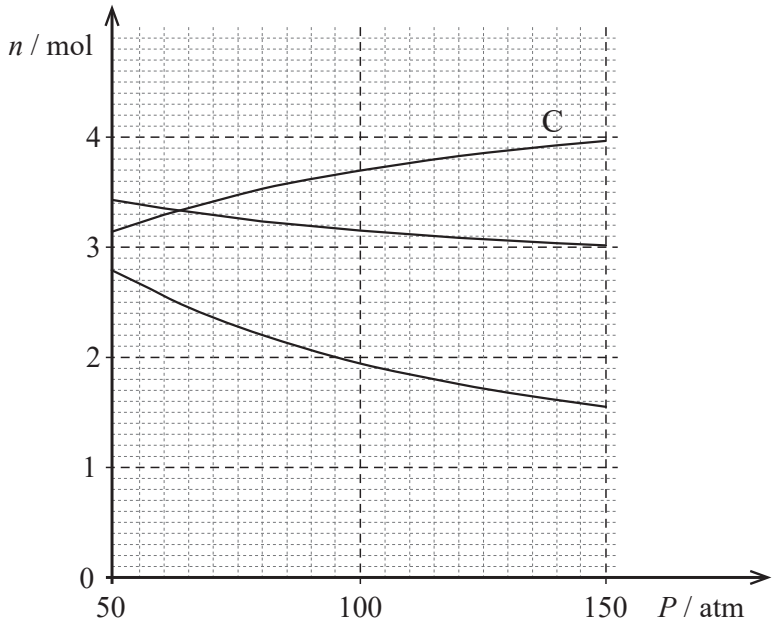



Figura 7

**2.1.** Aumentando o volume do reator, a quantidade de equilíbrio de $C(g)$ _____ , o que significa que a reação _____ é favorecida.

**(A)** diminui ... direta

**(B)** aumenta ... direta

**(C)** diminui ... inversa

**(D)** aumenta ... inversa

**2.2.** Admita que, a $327\ ^{o}C$ e à pressão de $100\ atm$, o volume molar dos gases A, B e C é $0{,}49\ dm^3\ mol^{-1}$.

Determine a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação considerada, a $327\ ^{o}C$.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

**FIM**

# GRUPO I

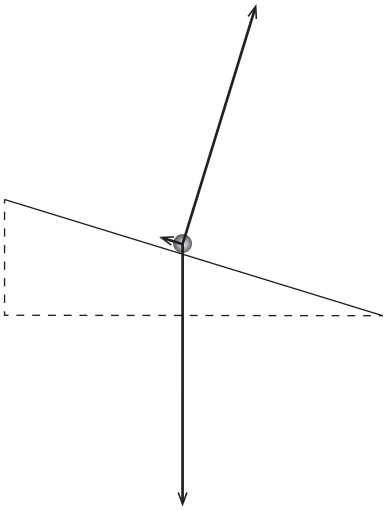
Recriando uma das famosas experiências realizadas por Galileu, estudou-se o movimento de translação de uma esfera largada sobre um plano inclinado.

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

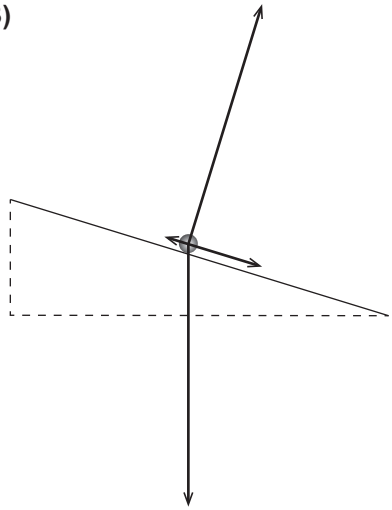
Admita que, em cada ensaio realizado, o módulo da velocidade da esfera aumentou proporcionalmente com o tempo decorrido e que a resultante das forças de atrito que atuaram na esfera não foi desprezável.

**1.** Qual dos diagramas pode representar, na mesma escala, as forças que atuam na esfera durante a descida no plano inclinado?

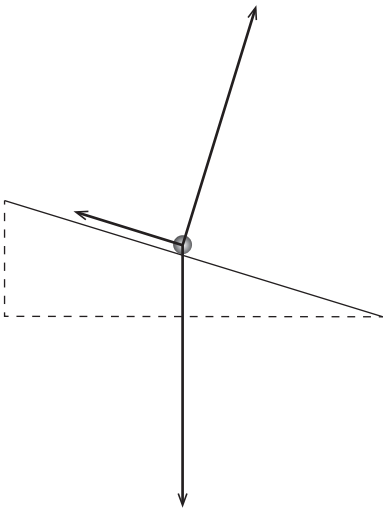
**(A)**



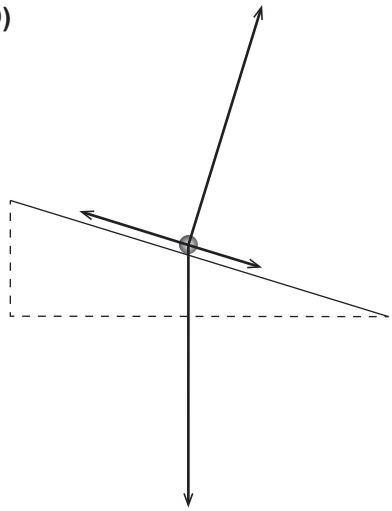
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**2.** Na recriação da experiência de Galileu, foi utilizado um plano inclinado, de comprimento $L$, que está esquematizado na Figura 1.

Em dois dos ensaios realizados, a esfera foi largada de duas posições diferentes, A e B, tendo-se medido o tempo que a esfera demorou a atingir a posição C.

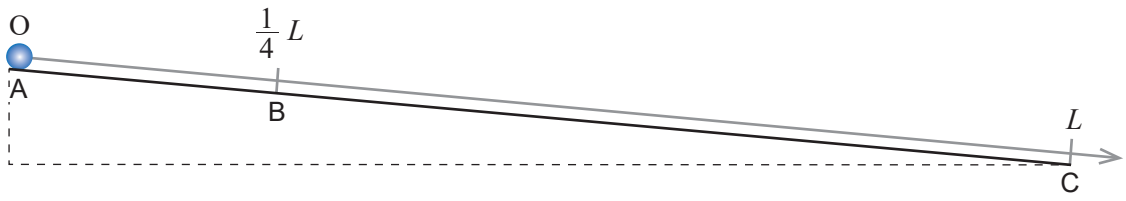



Figura 1

**2.1.** O trabalho realizado pela força gravítica que atua na esfera, desde a posição de onde é largada até à posição C, _____ da posição inicial _____ da intensidade da resultante das forças de atrito que atuam na esfera.

**(A)** depende ... e depende

**(B)** depende ... e não depende

**(C)** não depende ... e depende

**(D)** não depende ... e não depende

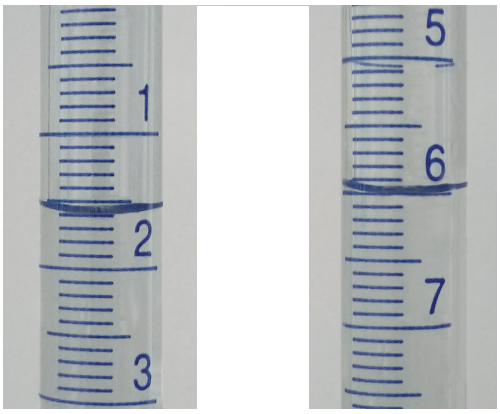
**2.2.** Considere que $t_A$ e $t_B$ são os tempos que a esfera demora a atingir a posição C quando é largada das posições A e B, respetivamente.

Determine o quociente desses tempos.

Mostre como chegou ao valor solicitado.

**3.** Os tempos de descida da esfera sobre o plano inclinado foram medidos indiretamente a partir dos volumes de água vertidos por uma bureta. Assim, em cada ensaio realizado, abriu-se a torneira da bureta no instante em que a esfera foi largada sobre o plano inclinado e fechou-se a torneira da bureta no instante em que a esfera atingiu a base do plano.

**3.1.** Na Figura 2, reproduzem-se duas fotografias (I e II) de parte da bureta, graduada em $\mathrm{cm^3}$, nas quais se observa o nível da água no início (I) e no final (II) de um dos ensaios.




I II

Figura 2

Qual foi o volume de água escoado nesse ensaio?

Apresente o valor solicitado com o número correto de algarismos significativos.

**3.2.** Considere que, nos ensaios realizados, a bureta vertia, aproximadamente, $1{,}6\ \mathrm{cm^3}$ de água em cada segundo.

A massa volúmica da água, nas condições em que foram realizados esses ensaios, é $1{,}0\ \mathrm{g\ cm^{-3}}$.

**3.2.1.** Quantas moléculas de água foram, aproximadamente, vertidas pela bureta em cada segundo?

**(A)** $6{,}8 \times 10^{24}$

**(B)** $9{,}6 \times 10^{23}$

**(C)** $3{,}8 \times 10^{23}$

**(D)** $5{,}3 \times 10^{22}$

**3.2.2.** Na tabela seguinte, estão registadas as distâncias, $d$, percorridas pela esfera, largada de diferentes posições sobre o plano inclinado, e os volumes, $V$, de água vertidos até a esfera atingir a base do plano.

| $d$ / m | $V$ / cm$^3$ |
|---|---|
| 3,00 | 5,60 |
| 2,50 | 5,00 |
| 2,00 | 4,55 |
| 1,50 | 3,90 |
| 1,00 | 3,20 |

Determine o módulo da aceleração da esfera, em $\mathrm{m\ s^{-2}}$, a partir da equação da reta de ajuste a um gráfico adequado.

Na resposta:

– apresente uma tabela com os valores a utilizar na construção do gráfico, identificando as variáveis consideradas;

– apresente a equação da reta de ajuste a esse gráfico;

– calcule o valor solicitado.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

# GRUPO II

**1.** Na Figura 3, apresentam-se os gráficos do módulo da velocidade, $v$, de duas gotas de água, A e B, de diferentes diâmetros, em queda vertical, em função da distância, $d$, percorrida pelas gotas.

Considere que as gotas de água podem ser representadas pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

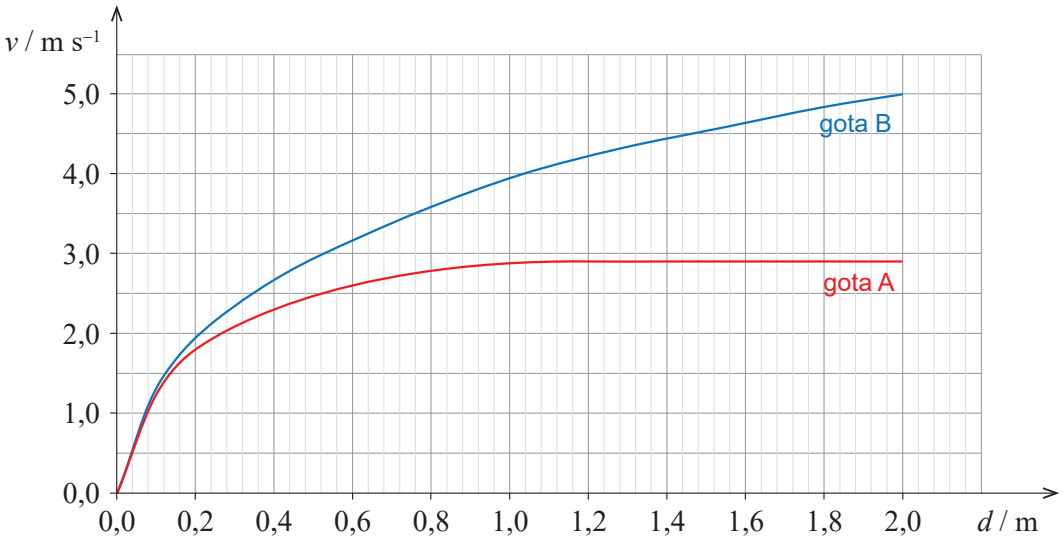



Figura 3

**1.1.** Considere o deslocamento total de $2{,}0\ \text{m}$ da gota A.

Sejam $\vec{F}_{\text{g}}$ e $\vec{F}_{\text{ar}}$ as forças gravítica e de resistência do ar, respetivamente, que atuam na gota A.

O trabalho realizado por $\vec{F}_{\text{g}}$ é _____ variação da energia potencial gravítica do sistema *gota A* + *Terra* e é, em módulo, _____ do que o trabalho realizado por $\vec{F}_{\text{ar}}$.

**(A)** simétrico da ... menor

**(B)** igual à ... menor

**(C)** simétrico da ... maior

**(D)** igual à ... maior

**1.2.** Conclua se a intensidade da resultante das forças que atuam na gota A é maior nos primeiros $0{,}1\ \text{m}$ ou nos últimos $0{,}1\ \text{m}$ da queda a que se refere o gráfico da Figura 3.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

**1.3.** A massa da gota B é $4{,}2 \times 10^{-3}\ \text{g}$.

**1.3.1.** Determine a energia dissipada na queda de $2{,}0\ \text{m}$ da gota B.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**1.3.2.** Considere que, em determinadas condições, a variação de entalpia (mássica) de vaporização da água é $2{,}4\ \text{kJ g}^{-1}$.

A energia necessária para a vaporização da gota B, nessas condições, é

**(A)** $0{,}57\ \text{J}$

**(B)** $10\ \text{J}$

**(C)** $0{,}57\ \text{kJ}$

**(D)** $10\ \text{kJ}$

**2.** Considere que foi fornecida, à pressão de $1\ \text{atm}$, a mesma energia a uma gota de água e a uma amostra de ar com o dobro da massa dessa gota.

A essa pressão, a capacidade térmica mássica da água líquida é cerca de quatro vezes superior à capacidade térmica mássica do ar.

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

**(A)** oito vezes maior.

**(B)** oito vezes menor.

**(C)** duas vezes maior.

**(D)** duas vezes menor.

# GRUPO III

**1.** Uma espira circular na proximidade de um íman fixo roda num mesmo plano horizontal, em torno de um eixo vertical, $z$, que passa pelo centro da espira, C, como se esquematiza na Figura 4.

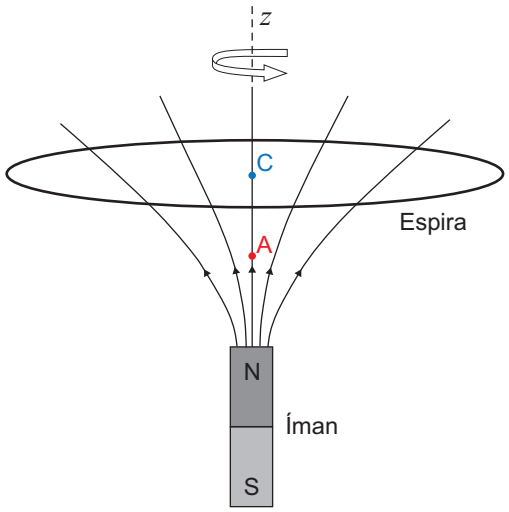



Figura 4

**1.1.** Na situação descrita, o fluxo magnético através da superfície plana delimitada pela espira _____ , e a força eletromotriz induzida na espira _____ nula.

**(A)** varia ... é

**(B)** varia ... não é

**(C)** não varia ... é

**(D)** não varia ... não é

**1.2.** Os pontos A e C pertencem à mesma linha de campo magnético.

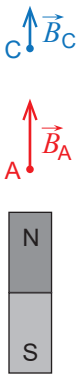
Nas figuras seguintes, está representado o campo magnético criado pelo íman no ponto A, $\vec{B}_A$.

Em qual das figuras pode estar representado o campo magnético criado pelo íman no ponto C, $\vec{B}_C$?

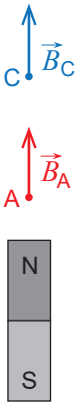
**(A)**



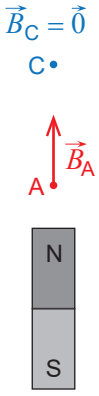

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**2.** Uma corrente elétrica é induzida numa bobina quando uma antena recebe um sinal eletromagnético de $800\ \text{kHz}$, emitido por uma estação de rádio.

Qual é o comprimento de onda, no ar, da onda associada à propagação daquele sinal?

**(A)** $3{,}75 \times 10^{5}\ \text{km}$ **(B)** $3{,}75 \times 10^{2}\ \text{m}$ **(C)** $2{,}67 \times 10^{-6}\ \text{km}$ **(D)** $2{,}67 \times 10^{-9}\ \text{m}$

**3.** Na Figura 5, está representado um circuito elétrico com:

- um gerador de força eletromotriz $9{,}20\ \text{V}$ e resistência interna $2{,}0\ \Omega$;
- um voltímetro ligado nos terminais do gerador;
- dois condutores, A e B, de resistências elétricas $R_{\text{A}}$ e $R_{\text{B}}$, sendo $R_{\text{A}} = 3\ R_{\text{B}}$.

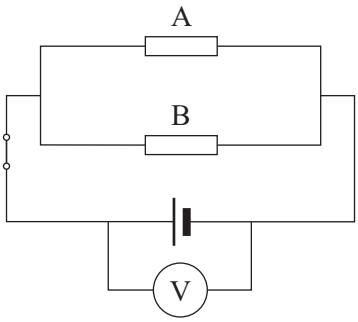



Figura 5

Determine a potência dissipada no condutor A quando o voltímetro marca $8{,}74\ \text{V}$.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

## GRUPO IV

A concentração de dióxido de carbono, $CO_2$, na atmosfera terrestre tem aumentado de forma muito significativa desde meados do século XIX. Para esse aumento têm contribuído, entre outros fatores, a crescente utilização de combustíveis fósseis e a desflorestação.

**1.** Na natureza, existem três isótopos de carbono: $^{12}C$ , $^{13}C$ e $^{14}C$.

Átomos destes isótopos têm o mesmo número de

**(A)** protões e massas diferentes.

**(B)** protões e massas iguais.

**(C)** neutrões e massas iguais.

**(D)** neutrões e massas diferentes.

**2.** Compare o átomo de oxigénio com o átomo de carbono, ambos no estado fundamental.

Os eletrões de valência do átomo de oxigénio são, em média, _____ atraídos pelo núcleo, tendo este átomo _____ raio atómico.

**(A)** mais ... maior

**(B)** menos ... maior

**(C)** mais ... menor

**(D)** menos ... menor

**3.** A molécula de $CO_2$ apresenta _____ eletrões de valência ligantes e _____ eletrões de valência não ligantes.

**(A)** quatro ... quatro

**(B)** quatro ... oito

**(C)** oito ... quatro

**(D)** oito ... oito

**4.** A combustão do metano, $CH_4(g)$, pode ser traduzida por

$$CH_4(g) + 2\,O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O(g)$$

**4.1.** Qual é a variação do número de oxidação do carbono na reação considerada?

**(A)** $+8$ **(B)** $-8$ **(C)** $+4$ **(D)** $-4$

**4.2.** Em muitas reações de combustão, que ocorrem em sistemas reais, o combustível não reage completamente, mesmo existindo $O_2(g)$ em excesso.

Considere que, numa reação de combustão de metano, por cada mole de $CH_4(g)$, $0{,}016$ mol não reagiram, apesar de existir um excesso de $5{,}0\%$ de $O_2(g)$.

Admita que, além da reação considerada, não ocorrem outras reações.

Determine, por cada mole de $CH_4(g)$, a quantidade de $O_2(g)$ que não reagiu.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**5.** A curva de Keeling, obtida a partir de medidas rigorosas efetuadas no observatório de Mauna Loa, no Havai, evidencia o aumento da concentração de $CO_2$ na troposfera, nas últimas décadas.

A curva de Keeling representada na Figura 6 traduz a fração molar média de $CO_2$, $x_{CO_2}$, em amostras de ar seco, em função do tempo, $t$, em anos, a, entre 1958 e 2018.

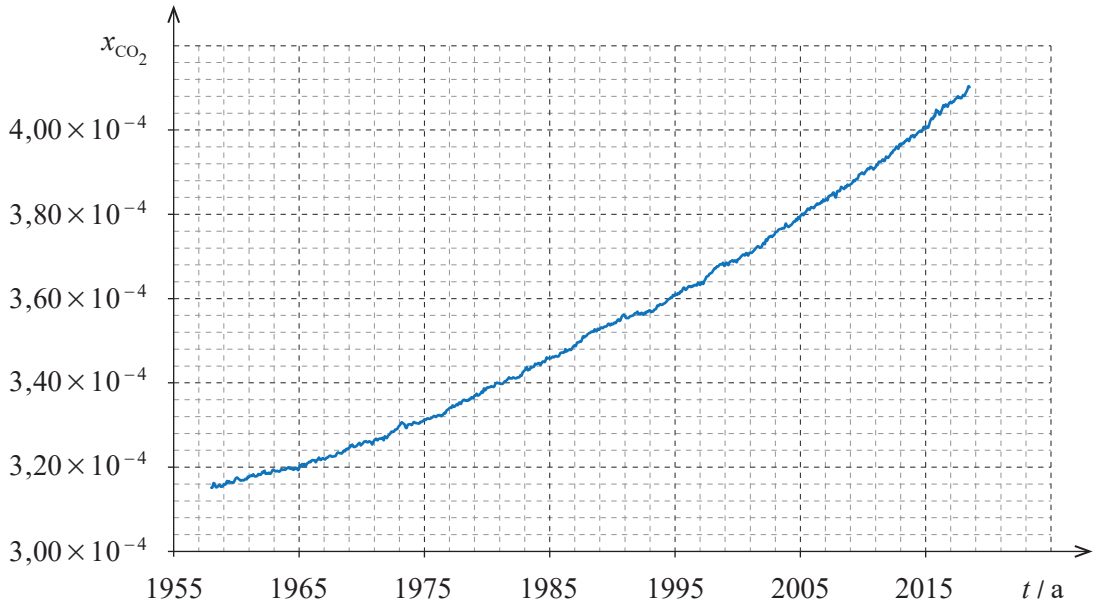



Figura 6

**5.1.** Qual foi o teor médio de $CO_2$ nas amostras recolhidas em 1965, em partes por milhão em volume?

**(A)** $3{,}20\times10^{-4}$ ppm **(B)** $3{,}20\times10^{2}$ ppm

**(C)** $3{,}20\times10^{-2}$ ppm **(D)** $3{,}20\times10^{6}$ ppm

**5.2.** Determine, a partir da curva de Keeling representada na Figura 6, a taxa temporal média, entre 1999 e 2015, de variação da massa de $CO_2$ por $dm^3$ de ar seco (medido em condições PTN), em g $dm^{-3}$ $a^{-1}$.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**6.** Considere a reação traduzida por

$$2\,CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,CO_2(g) \qquad K_c = 2 \times 10^{22}, \text{ a } 1000\ K$$

A ordem de grandeza da constante de equilíbrio, $K_c$, à temperatura considerada, indica que

**(A)** a formação dos produtos da reação é favorecida.

**(B)** o produto da reação se forma muito rapidamente.

**(C)** a reação tem rendimento muito elevado.

**(D)** ambos os reagentes se esgotam.

## GRUPO V

O dióxido de carbono reage com a água, dando origem ao ácido carbónico, $H_2CO_3(aq)$.

O ácido carbónico é um ácido diprótico que se ioniza em água em duas etapas sucessivas, traduzidas por

$$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) \qquad (1)$$

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq) \qquad (2)$$

**1.** Apresente a expressão que traduz a constante de acidez, $K_a$, do ácido carbónico, definida para a reação (1).

**2.** A espécie $HCO_3^-(aq)$ é a base conjugada de _____ e o ácido conjugado de _____ .

**(A)** $H_2CO_3(aq)$ ... $H_2O(l)$

**(B)** $H_2O(l)$ ... $H_2CO_3(aq)$

**(C)** $H_2CO_3(aq)$ ... $CO_3^{2-}(aq)$

**(D)** $CO_3^{2-}(aq)$ ... $H_2CO_3(aq)$

**3.** A preservação de estruturas vitais de alguns organismos marinhos, como as conchas, cujo principal componente é o carbonato de cálcio, $CaCO_3$ , depende do equilíbrio que se estabelece entre este sal sólido e os iões resultantes da sua dissolução em água.

Esta reação pode ser traduzida por

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$$

Preveja, fundamentando, se a diminuição do $pH$ das águas dos oceanos contribui para a preservação das conchas ou, pelo contrário, para a sua dissolução.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

**FIM**

# GRUPO I

A atmosfera terrestre, constituída maioritariamente por nitrogénio, $N_2$, e oxigénio, $O_2$, contém também outros gases, como o árgon, Ar, o dióxido de carbono, $CO_2$, e a água, $H_2O$.

**1.** Na Terra, praticamente todos os átomos de nitrogénio têm número de massa 14 ou 15.

A massa de um átomo de nitrogénio será, em média, _____ vezes maior do que a massa de um átomo de carbono-12, sendo o isótopo mais abundante do nitrogénio o _____ .

**(A)** 14,01 ... $^{14}N$

**(B)** 1,17 ... $^{15}N$

**(C)** 1,17 ... $^{14}N$

**(D)** 14,01 ... $^{15}N$

**2.** O raio atómico do oxigénio é menor do que o raio atómico do nitrogénio, uma vez que, comparando estes dois átomos, o de oxigénio tem _____ carga nuclear, distribuindo-se os seus eletrões, no estado fundamental, _____ número de níveis de energia.

**(A)** maior ... por um menor

**(B)** maior ... pelo mesmo

**(C)** menor ... por um menor

**(D)** menor ... pelo mesmo

**3.** Qual é a geometria da molécula de $CO_2$?

**4.** Considere uma amostra de ar que contém, no total, $3{,}0\ mol$ de moléculas. A fração molar de $CO_2$ nessa amostra é $4{,}2 \times 10^{-4}$.

Quantas moléculas de $CO_2$ existem nessa amostra?

**(A)** $8{,}4 \times 10^{19}$

**(B)** $7{,}6 \times 10^{20}$

**(C)** $4{,}8 \times 10^{26}$

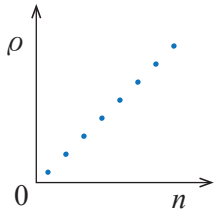
**(D)** $4{,}3 \times 10^{27}$

**5.** Considere várias amostras retiradas de uma mesma mistura gasosa constituída apenas por $N_2\,(g)$ e por $O_2\,(g)$. As amostras têm massas diferentes, apresentando todas um teor de $21{,}2\%$, em volume, de $O_2\,(g)$.

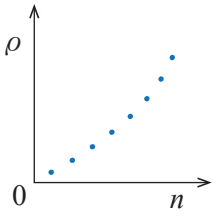
**5.1.** Admita que as amostras estão nas mesmas condições de pressão e de temperatura.

Qual dos esboços de gráfico pode representar a massa volúmica, $\rho$, das amostras em função da quantidade de matéria, $n$, existente nessas amostras?

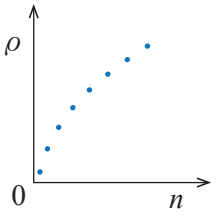
**(A)**



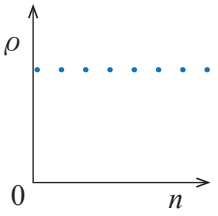

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**5.2.** Uma das amostras tem massa $4{,}0\ g$.

Determine a massa de $N_2$ nessa amostra.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**6.** A água, presente nos estados sólido, líquido e gasoso na atmosfera terrestre, é uma substância peculiar, pois as propriedades que a caracterizam, como a variação de entalpia de vaporização e a capacidade térmica mássica, apresentam valores muito diferentes dos que seriam expectáveis.

**6.1.** A condensação de vapor de água envolve _____ de energia, uma vez que ocorre com _____ de ligações intermoleculares.

**(A)** libertação ... formação

**(B)** libertação ... quebra

**(C)** absorção ... formação

**(D)** absorção ... quebra

**6.2.** Para vaporizar uma amostra de água que se encontre à temperatura de ebulição, à pressão atmosférica normal, é necessário $7{,}2$ vezes mais energia do que para aquecer essa amostra de $25\ ^{o}C$ até $100\ ^{o}C$.

A energia envolvida na vaporização de $1{,}0\ g$ de água que se encontra à temperatura de ebulição será, aproximadamente,

**(A)** $3{,}0 \times 10^{3}\ J$

**(B)** $2{,}3 \times 10^{3}\ J$

**(C)** $3{,}0 \times 10^{6}\ J$

**(D)** $2{,}3 \times 10^{6}\ J$

**6.3.** Uma esfera metálica é aquecida e, a seguir, mergulhada em água fria contida num calorímetro. Admita que o sistema *esfera + água* se comporta como um sistema isolado.

Considere que a massa da esfera é igual à massa da água contida no calorímetro e que a capacidade térmica mássica do metal constituinte da esfera é menor do que a capacidade térmica mássica da água.

Num mesmo intervalo de tempo, a energia cedida pela esfera será _____ energia absorvida pela água, sendo a diminuição da temperatura da esfera _____ do que o aumento da temperatura da água.

**(A)** menor do que a ... maior

**(B)** menor do que a ... menor

**(C)** igual à ... maior

**(D)** igual à ... menor

# GRUPO II

Um automóvel encontrava-se estacionado no cimo de uma rampa, como se representa na Figura 1 (que não está à escala), quando, acidentalmente, se destravou. Deslizou ao longo da rampa, com aceleração constante, até colidir com um motociclo que se encontrava parado.

Considere que, no movimento considerado, a resultante das forças dissipativas que atuaram no automóvel não foi desprezável, e considere que o automóvel pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

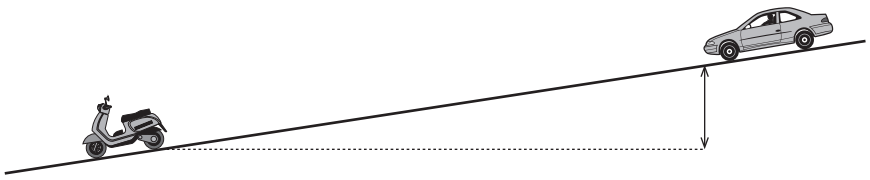


Figura 1

**1.** Considere a força $\vec{F}$ que constitui um par ação-reação com a força normal exercida pela rampa no automóvel.

A força $\vec{F}$ está aplicada _____ , sendo a sua intensidade _____ intensidade da força gravítica que atua no automóvel.

**(A)** na rampa ... menor do que a

**(B)** na rampa ... igual à

**(C)** no automóvel ... menor do que a

**(D)** no automóvel ... igual à

**2.** Para uma mesma distância percorrida sobre a rampa, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no automóvel

**(A)** não depende da inclinação da rampa, mas depende da massa do automóvel.

**(B)** não depende da inclinação da rampa nem da massa do automóvel.

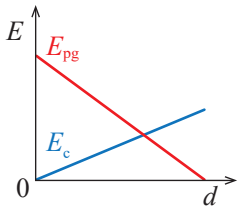
**(C)** depende da inclinação da rampa e da massa do automóvel.

**(D)** depende da inclinação da rampa, mas não depende da massa do automóvel.

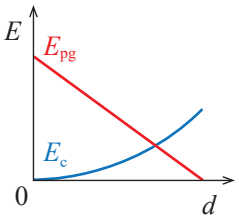
**3.** Nas opções seguintes, apresenta-se o esboço do gráfico da energia potencial gravítica, $E_{pg}$, do sistema *automóvel + Terra* (em relação a um determinado nível de referência) em função da distância, $d$, percorrida pelo automóvel sobre a rampa.

Em qual das opções está também representado o esboço do gráfico da energia cinética, $E_c$, do automóvel em função da distância, $d$, percorrida pelo automóvel sobre a rampa?

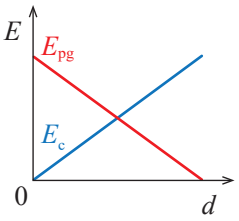
**(A)**



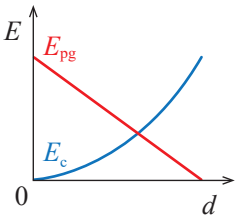

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**4.** O automóvel, de massa $1{,}2 \times 10^3\ \text{kg}$, deslizou $80\ \text{m}$ ao longo da rampa até colidir com o motociclo. A análise do acidente permitiu determinar que o módulo da velocidade do automóvel no instante da colisão era $7{,}5\ \text{m s}^{-1}$.

Considere que o desnível entre as posições inicial e final do automóvel era $7{,}0\ \text{m}$.

**4.1.** Determine o tempo que o automóvel demorou a percorrer aquela distância sobre a rampa, a partir de um esboço do gráfico do módulo da velocidade do automóvel em função do tempo (apresente esse esboço).

Mostre como chegou ao valor solicitado.

**4.2.** Determine, a partir de considerações energéticas, a intensidade da resultante das forças dissipativas que atuaram no automóvel paralelamente ao deslocamento.

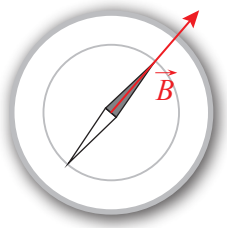
Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

## GRUPO III

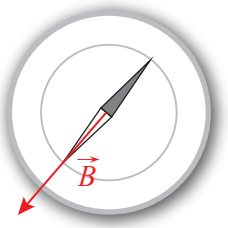
**1.** Considere a agulha magnética, em equilíbrio, de uma bússola que se encontra num plano horizontal.

Em qual dos esquemas seguintes, nos quais o polo norte da agulha está assinalado a cinzento, está representada a componente horizontal do campo magnético, $\vec{B}$, na posição em que a bússola se encontra?

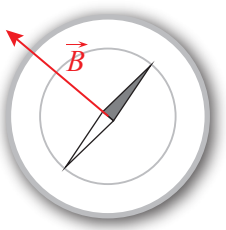
**(A)**



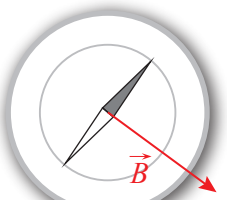

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.** O circuito elétrico representado na Figura 2 é constituído por um gerador ideal (um gerador cuja resistência interna pode ser considerada nula), um reóstato T e um interruptor.

Conclua como varia a potência dissipada no reóstato T quando a resistência elétrica introduzida por esse reóstato aumenta.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

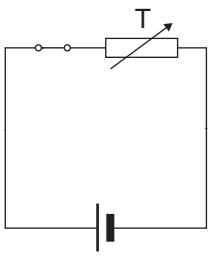



Figura 2

**3.** As baleias comunicam através de sons que podem ser registados por hidrofones (sensores de pressão) e por sismómetros (sensores de velocidade) instalados no fundo do mar.

**3.1.** Algumas baleias emitem um som com uma frequência praticamente constante, designado *backbeat*.

Na Figura 3, apresenta-se o registo de um sinal elétrico, obtido por um hidrofone, de parte de um *backbeat*. No eixo horizontal representa-se o tempo em ms.

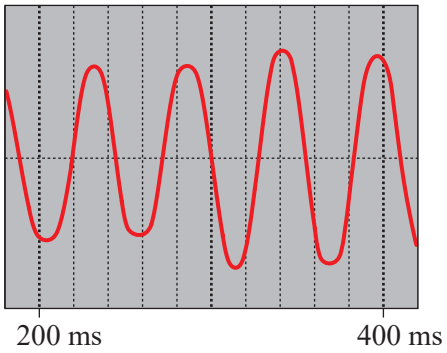



Figura 3

A frequência deste *backbeat* está contida no intervalo

**(A)** $[36, 39]$ Hz

**(B)** $[8, 11]$ Hz

**(C)** $[53, 56]$ Hz

**(D)** $[17, 20]$ Hz

**3.2.** As baleias podem ser localizadas a partir da refração dos sons por elas emitidos.

Considere um som emitido por uma baleia, que se propaga inicialmente na água do mar e que, depois, se passa a propagar nos sedimentos do fundo do mar.

Na Figura 4 (que não está à escala), representam-se as direções de propagação do som detetado pelo sismómetro S.

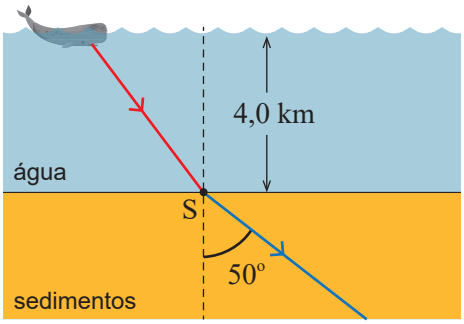



Figura 4

Considere que o índice de refração de um meio, para um som, é

$$n_{\text{meio}} = \frac{k}{v_{\text{meio}}}$$

em que $k$ é uma constante e $v_{\text{meio}}$ é o módulo da velocidade de propagação do som no meio considerado: $1{,}5$ km s$^{-1}$ na água do mar e $1{,}8$ km s$^{-1}$ nos sedimentos considerados.

Determine a distância a que a baleia se encontra do sismómetro S.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

## GRUPO IV

Io, Europa, Ganimedes e Calisto são satélites de Júpiter que foram descobertos por Galileu, no início do século XVII.

Considere o movimento de translação destes satélites em torno de Júpiter e admita que as órbitas por eles descritas são aproximadamente circulares.

**1.** A aceleração de um satélite no seu movimento de translação em torno de Júpiter

**(A)** depende do raio da órbita e da massa do satélite.

**(B)** depende do raio da órbita, mas não depende da massa do satélite.

**(C)** não depende do raio da órbita nem da massa do satélite.

**(D)** não depende do raio da órbita, mas depende da massa do satélite.

**2.** A massa de Júpiter pode ser determinada a partir de uma relação entre os períodos de translação, $T$, dos seus satélites e os raios, $r$, das órbitas por estes descritas, verificando-se que $T^2$ varia linearmente com $r^3$.

Na tabela seguinte, apresentam-se os valores de $r^3$ e de $T^2$ dos satélites de Júpiter descobertos por Galileu.

| **Satélites** | $r^3$ / m$^3$ | $T^2$ / s$^2$ |
|---|---|---|
| Io | $7{,}50 \times 10^{25}$ | $2{,}34 \times 10^{10}$ |
| Europa | $30{,}2 \times 10^{25}$ | $9{,}41 \times 10^{10}$ |
| Ganimedes | $123 \times 10^{25}$ | $38{,}2 \times 10^{10}$ |
| Calisto | $667 \times 10^{25}$ | $208 \times 10^{10}$ |

Determine a massa de Júpiter.

Na resposta:

– deduza a expressão de $T^2$ em função de $r^3$, a partir da segunda lei de Newton e da lei da gravitação universal;

– apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de $T^2$ em função de $r^3$ (despreze a ordenada na origem);

– calcule o valor solicitado.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

## GRUPO V

O nitrogénio, $N_2(g)$, e o hidrogénio, $H_2(g)$, são utilizados na síntese do amoníaco, $NH_3(g)$, traduzida por

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

Considere um sistema químico de volume variável que contém apenas estas três substâncias.

Na Figura 5, apresenta-se o gráfico da quantidade, $n$, de cada uma das substâncias em função do tempo, $t$, a uma temperatura constante, $T$.

O sistema químico foi perturbado num instante entre $t_1$ e $t_2$, tendo-se alterado a quantidade de uma das substâncias, a pressão constante. O sistema químico foi novamente perturbado num instante entre $t_3$ e $t_4$.

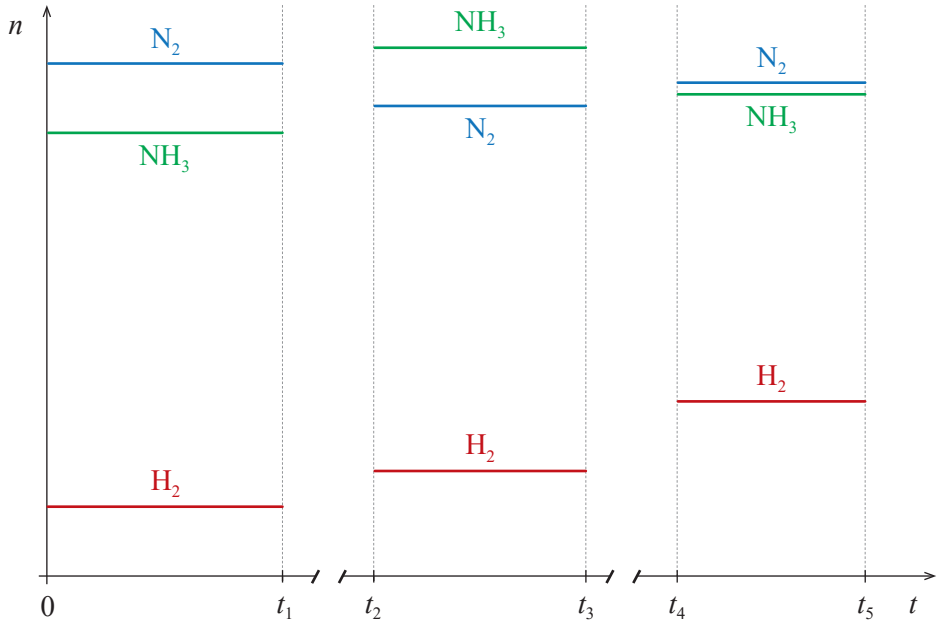



Figura 5

**1.** Identifique a perturbação aplicada ao sistema químico considerado, no intervalo de tempo $[t_1, t_2]$, indicando a substância cuja quantidade foi alterada e se essa substância foi introduzida ou removida do sistema.

**2.** Conclua, fundamentando, se o quociente da reação no intervalo de tempo $[t_2, t_3]$ é superior, inferior ou igual ao quociente da reação no intervalo de tempo $[t_4, t_5]$.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

**3.** A reação de síntese do amoníaco, sendo uma reação de

**(A)** ácido-base, ocorre com transferência de eletrões.

**(B)** oxidação-redução, ocorre com transferência de eletrões.

**(C)** ácido-base, ocorre com transferência de protões.

**(D)** oxidação-redução, ocorre com transferência de protões.

## GRUPO VI

A emissão de óxidos de enxofre para a atmosfera, entre os quais o dióxido de enxofre, $SO_2(g)$, dá origem ao ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, presente nas chuvas ácidas.

**1.** A formação de $H_2SO_4(aq)$ a partir de $SO_2(g)$ pode ser globalmente traduzida por

$$2\ SO_2(g) + 2\ H_2O(l) + O_2(g) \longrightarrow 2\ H_2SO_4(aq)$$

Nesta reação, o enxofre

**(A)** oxida-se, e o seu número de oxidação aumenta.

**(B)** oxida-se, e o seu número de oxidação diminui.

**(C)** reduz-se, e o seu número de oxidação aumenta.

**(D)** reduz-se, e o seu número de oxidação diminui.

**2.** O ácido sulfúrico é um ácido diprótico que se ioniza em água em duas etapas sucessivas, traduzidas por

$$H_2SO_4(aq) + H_2O(l) \longrightarrow HSO_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$$
$$HSO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons SO_4^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$$

O ião $HSO_4^-$, ao _____ um protão, transforma-se na sua base conjugada, a espécie _____ .

**(A)** receber ... $H_2SO_4$

**(B)** receber ... $SO_4^{2-}$

**(C)** ceder ... $H_2SO_4$

**(D)** ceder ... $SO_4^{2-}$

**3.** A Figura 6 apresenta a curva da titulação de $10{,}00\ cm^3$ de uma solução de ácido sulfúrico, $H_2SO_4\,(aq)$, com uma solução padrão de hidróxido de sódio, $NaOH\,(aq)$, de concentração $5{,}00 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$.

A reação que ocorre pode ser traduzida por

$$H_2SO_4\,(aq) + 2\ NaOH\,(aq) \longrightarrow Na_2SO_4\,(aq) + 2\ H_2O\,(l)$$

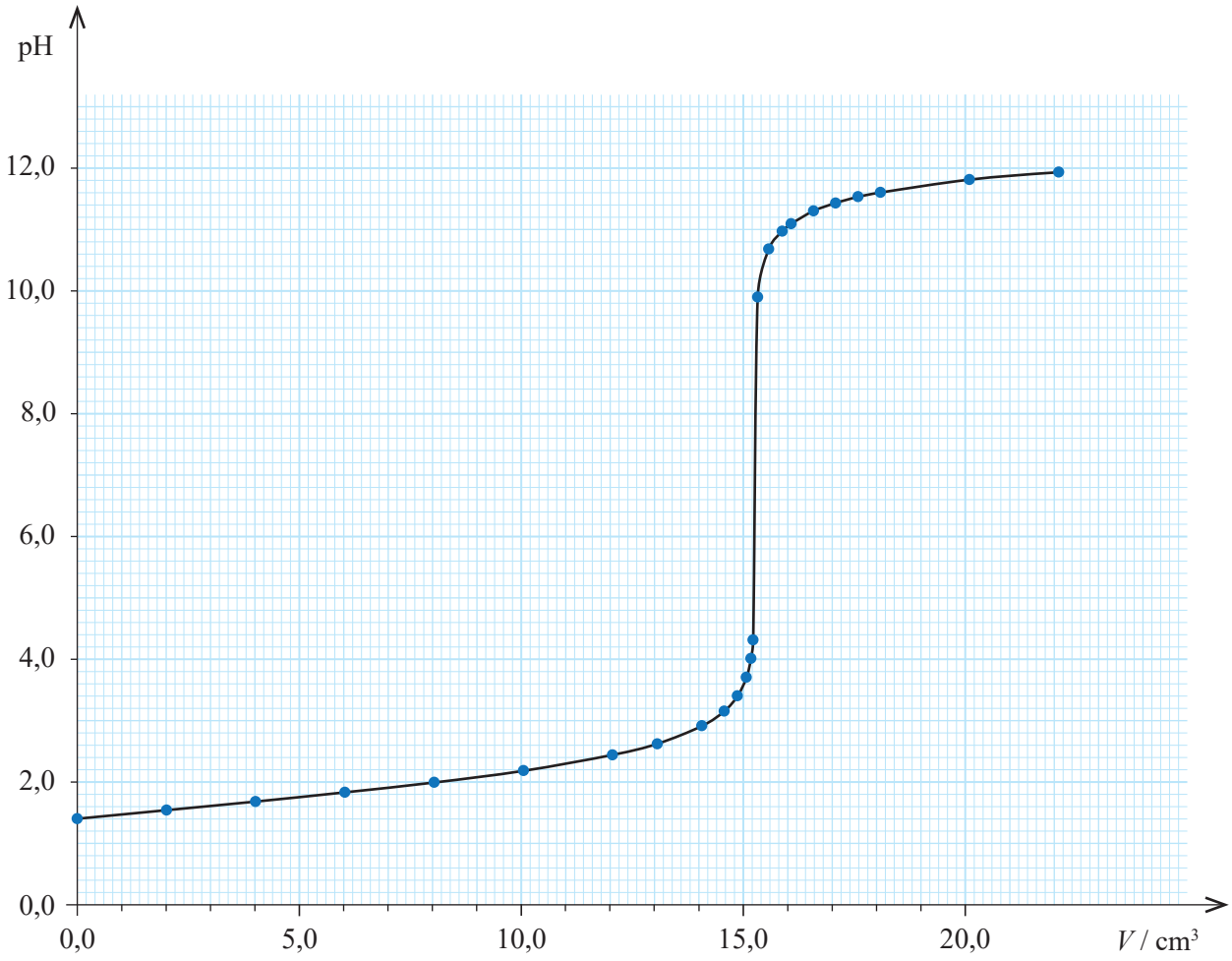



Figura 6

Determine a concentração da solução de ácido sulfúrico.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**FIM**

# GRUPO I

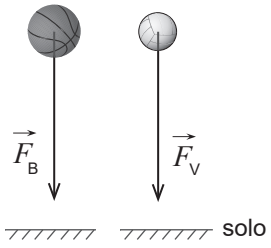
Lançaram-se verticalmente, de baixo para cima, uma bola de basquetebol, B, e uma bola de voleibol, V, sendo a massa da bola B superior à massa da bola V. Os lançamentos foram repetidos, alterando-se as condições iniciais.

Considere desprezável a resistência do ar e considere que as bolas podem ser representadas pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

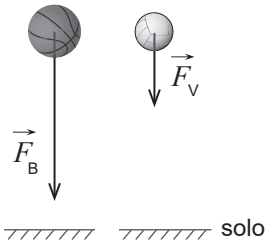
**1.** Considere o movimento de subida das bolas, após o lançamento.

Qual das opções pode representar, à mesma escala, a resultante das forças que atuam na bola de basquetebol, $\vec{F}_B$, e a resultante das forças que atuam na bola de voleibol, $\vec{F}_V$?

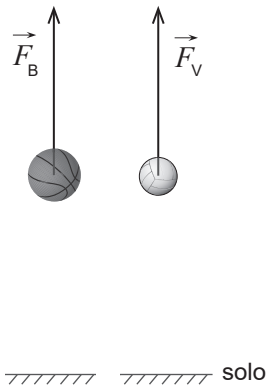
**(A)**



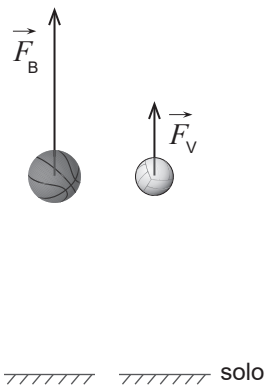

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**2.** O trabalho realizado pela força gravítica que atua em cada uma das bolas, desde a posição em que a bola é lançada até atingir o solo, depende

**(A)** da velocidade com que a bola é lançada.

**(B)** da altura máxima atingida pela bola.

**(C)** da distância percorrida pela bola até atingir o solo.

**(D)** da distância da bola ao solo na posição em que é lançada.

**3.** Num dos lançamentos efetuados, as duas bolas foram lançadas em simultâneo, tendo-se registado, em vídeo, o seu movimento. A análise desse vídeo permitiu determinar que, desde que as bolas foram lançadas até terem atingido o solo, as componentes escalares das suas posições, $y_B$ e $y_V$, em relação a um referencial vertical $Oy$, variaram com o tempo, $t$, de acordo com as equações

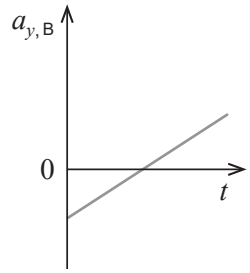
$$y_B = 0{,}57 + 5{,}44t - 4{,}88t^2 \quad \text{(SI)}$$

$$y_V = 1{,}93 + 3{,}61t - 4{,}89t^2 \quad \text{(SI)}$$

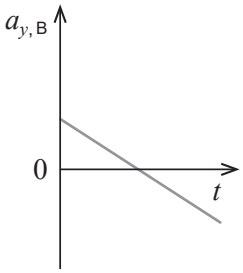
**3.1.** Considere a componente escalar da aceleração da bola de basquetebol, $a_{y,B}$, em relação ao referencial $Oy$.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da aceleração da bola de basquetebol, $a_{y,B}$, em função do tempo, $t$?

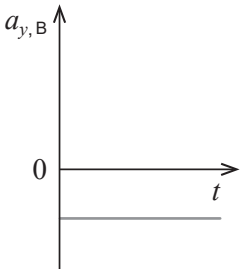
**(A)**



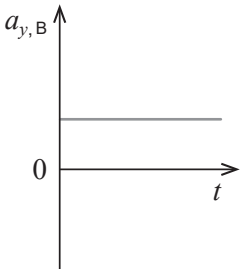

**(B)**




**(C)**




**(D)**



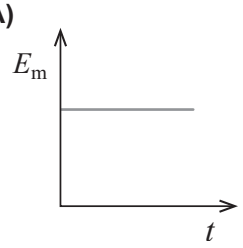

**3.2.** Determine, utilizando exclusivamente as potencialidades gráficas da calculadora, a componente escalar da velocidade da bola de voleibol, $v_{y,V}$, em relação ao referencial $Oy$, no instante em que as duas bolas têm a mesma componente escalar da posição, $y$.

Mostre como chegou ao valor solicitado.

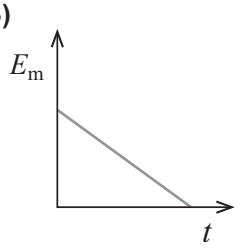
**4.** Considere o movimento da bola de basquetebol desde o instante imediatamente após a primeira colisão com o solo até ao instante imediatamente antes da segunda colisão com o solo.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a energia mecânica, $E_m$, do sistema *bola de basquetebol + Terra*, em função do tempo, $t$, no movimento considerado?

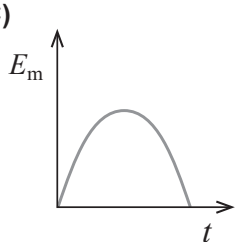
**(A)**



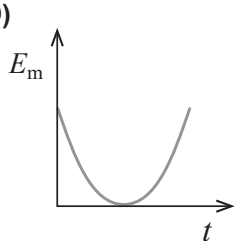

**(B)**




**(C)**




**(D)**



## GRUPO II

A Figura 1 representa um tubo cilíndrico de altura $1{,}10\ \text{m}$, fechado em ambas as extremidades. O tubo contém pequenas esferas metálicas.

Ao inverter-se rapidamente o tubo, as esferas caem, praticamente na vertical, colidindo com a base inferior do tubo. Repetindo diversas vezes este procedimento, verifica-se um aumento da temperatura das esferas.

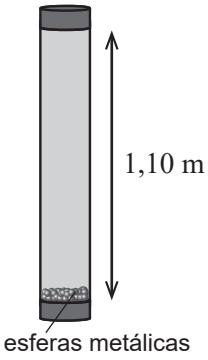



Figura 1

**1.** Identifique o principal processo de transferência de energia responsável pelo aumento da temperatura das esferas.

**2.** Considere o intervalo de tempo desde o instante em que as esferas iniciam a queda, após uma dada inversão, até ao instante imediatamente após a sua colisão com a base inferior do tubo, e considere que a transferência de energia das esferas para o tubo não é desprezável.

No intervalo de tempo considerado, _____ da energia mecânica do sistema *esferas* + *Terra* é _____ à variação da energia interna das esferas.

**(A)** o aumento ... superior

**(B)** o aumento ... inferior

**(C)** a diminuição ... superior

**(D)** a diminuição ... inferior

**3.** A experiência foi realizada com esferas de chumbo de massa total $m$, tendo sido repetida com esferas de ferro, com a mesma massa total. Em cada experiência, o tubo foi invertido $50$ vezes.

A capacidade térmica mássica do chumbo é $129\ \text{J kg}^{-1}\ ^{\text{o}}\text{C}^{-1}$, sendo a capacidade térmica mássica do ferro superior.

Considere que a transferência de energia entre as esferas e a sua vizinhança é desprezável.

**3.1.** Determine o aumento da temperatura das esferas de chumbo na experiência realizada.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**3.2.** Conclua se, nas experiências realizadas, o aumento da temperatura das esferas de ferro terá sido maior, igual ou menor do que o aumento da temperatura das esferas de chumbo.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

## GRUPO III

**1.** Algumas lanternas produzem luz quando são agitadas. Nessas lanternas, o movimento de vaivém de um íman através de uma bobina, inserida num circuito com díodos emissores de luz (LED), origina uma corrente elétrica.

Na Figura 2, encontram-se representados esquematicamente a bobina, o íman e um LED de uma dessas lanternas.

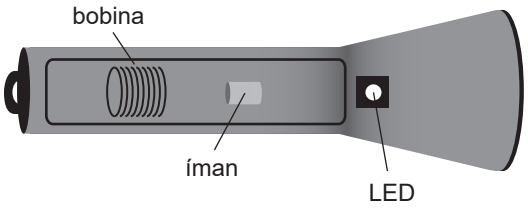



Figura 2

Explique o aparecimento de uma corrente elétrica no circuito.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

**2.** O esboço de gráfico da Figura 3 representa o módulo da força eletromotriz induzida, $|\varepsilon_i|$, numa espira metálica, em função do tempo, $t$.

Qual dos esboços de gráfico pode representar o fluxo magnético, $\Phi_m$, que atravessa uma superfície delimitada pela espira, em função do tempo, $t$ ?

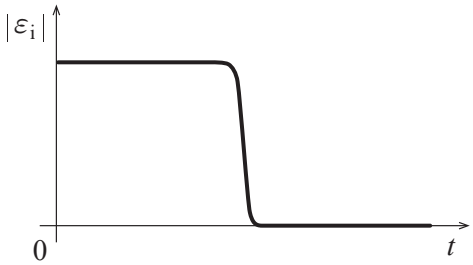
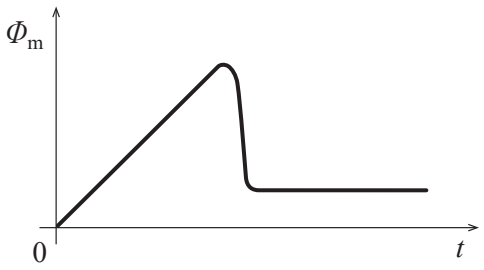
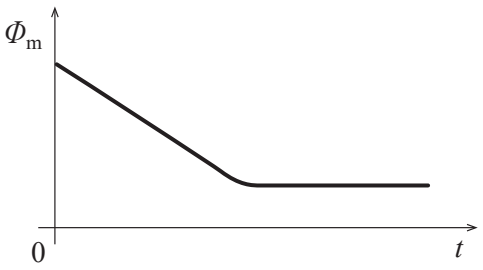



Figura 3

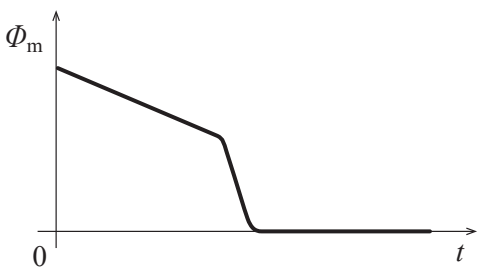
**(A)**



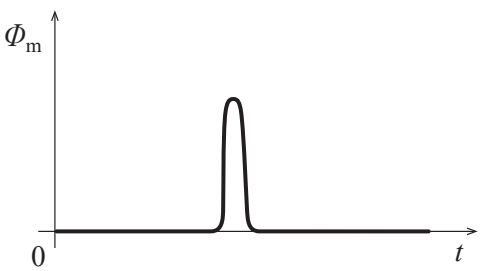

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**3.** O gráfico da Figura 4 representa um sinal elétrico, recebido num osciloscópio, em que a base de tempo foi regulada para $0{,}5\ \text{ms/div}$ e o amplificador vertical para $0{,}2\ \text{V/div}$.

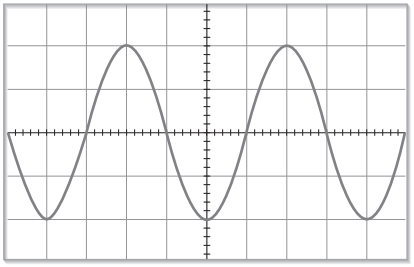


Figura 4

A frequência do sinal é _____ e a amplitude do sinal é _____ .

**(A)** $0{,}50\ \text{kHz}$ ... $0{,}40\ \text{V}$

**(B)** $0{,}50\ \text{kHz}$ ... $0{,}80\ \text{V}$

**(C)** $2{,}0\ \text{kHz}$ ... $0{,}40\ \text{V}$

**(D)** $2{,}0\ \text{kHz}$ ... $0{,}80\ \text{V}$

**4.** Considere o circuito esquematizado na Figura 5, em que $R_1$ e $R_2$ representam dois condutores óhmicos e G é um gerador que pode ser considerado ideal (um gerador cuja resistência interna pode ser considerada nula).

Quando o interruptor $k_2$ está aberto, é medida uma corrente elétrica $I$ no amperímetro (ideal).

Preveja se a corrente elétrica medida pelo amperímetro aumenta, diminui ou se mantém constante quando se fecha o interruptor $k_2$.

Mostre como chegou à previsão solicitada.

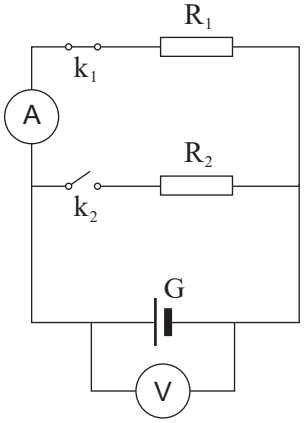



Figura 5

## GRUPO IV

Os álcoois, muitos dos quais existentes na natureza, constituem uma família importante de compostos orgânicos. Na Figura 6, estão representados modelos tridimensionais de dois álcoois, o etanol e o propan-2-ol.

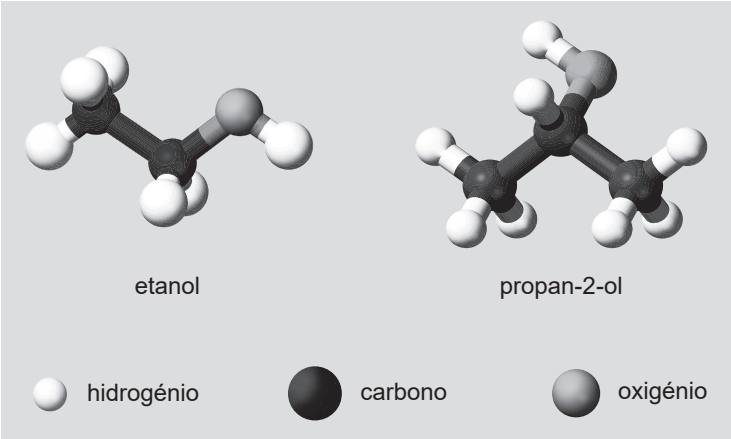



Figura 6

**1.** Qual é o grupo funcional característico dos álcoois?

**2.** A energia média da ligação $C - C$ é $347\ kJ\ mol^{-1}$.

No estabelecimento de uma ligação $C - C$ é, em média,

**(A)** libertada uma energia de $5{,}76 \times 10^{-19}\ J$.

**(B)** absorvida uma energia de $5{,}76 \times 10^{-19}\ J$.

**(C)** absorvida uma energia de $5{,}76 \times 10^{-22}\ J$.

**(D)** libertada uma energia de $5{,}76 \times 10^{-22}\ J$.

**3.** O etanol, $CH_3CH_2OH$ $(M = 46{,}08\ g\ mol^{-1})$, é um dos álcoois mais comuns, podendo ser usado, por exemplo, como biocombustível.

**3.1.** Na molécula de etanol existem, no total,

**(A)** dezasseis eletrões de valência.

**(B)** oito eletrões de valência ligantes.

**(C)** quatro eletrões de valência não ligantes.

**(D)** vinte eletrões.

**3.2.** Considere $14{,}0\ \text{cm}^3$ de uma mistura de etanol e água, que contém $8{,}51\ \text{g}$ de etanol. Essa mistura tem massa volúmica $0{,}868\ \text{g cm}^{-3}$, à temperatura a que se encontra.

Calcule a fração molar de etanol na mistura.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**3.3.** O etanol pode ser obtido a partir da sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$ $\left(M = 342{,}34\ \text{g mol}^{-1}\right)$, extraída da beterraba sacarina, num processo que pode ser, globalmente, traduzido por

$$C_{12}H_{22}O_{11}\,(\text{aq}) + H_2O\,(\text{l}) \longrightarrow 4\ CH_3CH_2OH\,(\text{aq}) + 4\ CO_2\,(\text{g})$$

Determine a massa de etanol que se poderá obter, no máximo, a partir de $3{,}0$ toneladas de beterraba sacarina, que têm, em média, um teor de sacarose de $20\%$ ($m/m$).

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**4.** O acetato de etilo, $CH_3COOCH_2CH_3\,(\text{aq})$, o ácido acético, $CH_3COOH\,(\text{aq})$, e o etanol, $CH_3CH_2OH\,(\text{aq})$, participam, em meio ácido, numa reação que pode ser traduzida por

$$CH_3COOCH_2CH_3\,(\text{aq}) + H_2O\,(\text{l}) \rightleftharpoons CH_3COOH\,(\text{aq}) + CH_3CH_2OH\,(\text{aq})$$

Quando um sistema químico no qual ocorre esta reação atinge um estado de equilíbrio, a concentração de etanol

**(A)** tem de ser igual à concentração de acetato de etilo.

**(B)** tem de ser igual à concentração de ácido acético.

**(C)** pode ser maior do que a concentração de ácido acético.

**(D)** é necessariamente maior do que a concentração de acetato de etilo.

**5.** O propan-2-ol, $(CH_3)_2CHOH$, pode ser convertido em propanona, $(CH_3)_2CO$, através de uma reação que pode ser traduzida por

$$(CH_3)_2CHOH\,(\text{g}) \longrightarrow (CH_3)_2CO\,(\text{g}) + H_2\,(\text{g})$$

A conversão de $1\ \text{mol}$ de propan-2-ol nos produtos da reação, de acordo com a equação química anterior, envolve a absorção de $56\ \text{kJ}$, em determinadas condições de pressão e de temperatura.

Considere que, nas mesmas condições de pressão e de temperatura, para uma variação de entalpia de reação de $33\ \text{kJ}$, se isolou $0{,}50\ \text{mol}$ de propanona.

Qual terá sido o rendimento da reação?

**(A)** $59\%$ **(B)** $85\%$ **(C)** $41\%$ **(D)** $29\%$

## GRUPO V

**1.** O cálcio, Ca, é o elemento metálico mais abundante no corpo humano, encontrando-se maioritariamente nos ossos.

**1.1.** No estado fundamental, os eletrões do átomo de cálcio apresentam _____ energias diferenciadas e distribuem-se por _____ orbitais.

**(A)** seis ... dez

**(B)** quatro ... dez

**(C)** seis ... seis

**(D)** quatro ... seis

**1.2.** Realizando um teste de chama com um sal de cálcio, observa-se que a chama adquire uma cor característica.

A cor observada deve-se à _____ de radiação associada a transições eletrónicas para níveis energéticos _____ .

**(A)** emissão ... superiores

**(B)** emissão ... inferiores

**(C)** absorção ... superiores

**(D)** absorção ... inferiores

**1.3.** O cálcio reage com a água de acordo com a reação traduzida por

$$Ca\,(s) + 2\,H_2O\,(l) \longrightarrow Ca\,(OH)_2\,(aq) + H_2\,(g)$$

Nesta reação, a variação do número de oxidação do hidrogénio é _____ , atuando _____ como redutor.

**(A)** $+1$ ... o cálcio

**(B)** $+1$ ... a água

**(C)** $-1$ ... o cálcio

**(D)** $-1$ ... a água

**2.** O hidróxido de cálcio, $Ca(OH)_2$, é utilizado no tratamento de águas e na indústria.

O equilíbrio de solubilidade do $Ca(OH)_2$ em água pode ser traduzido por

$$Ca(OH)_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq)$$

**2.1.** Considere águas de diferentes durezas, contendo concentrações apreciáveis de ião $Ca^{2+}(aq)$.

A solubilidade do $Ca(OH)_2$ é _____ numa água mais dura, _____ com a adição de um ácido forte.

**(A)** maior ... diminuindo

**(B)** maior ... aumentando

**(C)** menor ... diminuindo

**(D)** menor ... aumentando

**2.2.** A $25\ ^oC$, dissolveu-se $Ca(OH)_2$ em água até se obter uma solução saturada e mediu-se o $pH$ da solução, tendo-se obtido $12{,}4$.

Determine, a partir da medição efetuada, o produto de solubilidade do hidróxido de cálcio, a $25\ ^oC$.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

**2.3.** Qual das espécies químicas seguintes apresenta o mesmo número de eletrões que o ião $Ca^{2+}$?

**(A)** $K^+$

**(B)** $Mg^{2+}$

**(C)** $Sc^+$

**(D)** $Ti$

**FIM**

**1.** Em meados do século XIX, James Joule estabeleceu a equivalência entre trabalho e calor, comparando a energia transferida como trabalho, necessária para obter um determinado aumento de temperatura numa amostra de água, com a energia transferida como calor para obter o mesmo efeito.

Joule utilizou um dispositivo semelhante ao esquematizado na Figura 1, no qual dois discos de chumbo ($D_1$ e $D_2$) eram elevados a uma determinada altura. Quando os discos caíam, faziam rodar um sistema de pás mergulhado na água contida num recipiente. O movimento rotativo das pás provocava a agitação da água, o que conduzia a um aumento da sua temperatura.

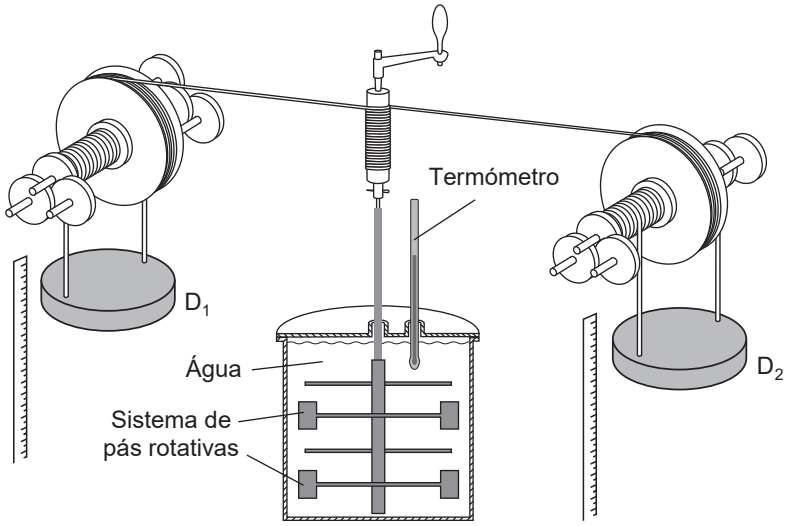



Figura 1

A massa total dos discos era $26{,}3\ \text{kg}$ e a massa da água contida no recipiente era $6{,}04\ \text{kg}$.

A partir dos resultados obtidos numa série de experiências, Joule verificou que, após 20 quedas sucessivas de uma mesma altura de $1{,}60\ \text{m}$, o aumento de temperatura da água era, em média, $0{,}313\ ^{\text{o}}\text{C}$.

✱ **1.1.** Admita que, naquela série de experiências, o aumento da energia interna da água foi, em média, $95{,}2\%$ da diminuição da energia potencial gravítica do sistema *discos* + *Terra* que resultou das 20 quedas sucessivas dos discos.

Considere que, no local onde foram realizadas as experiências, o módulo da aceleração gravítica era $9{,}81\ \text{m s}^{-2}$.

Determine, a partir dos resultados de Joule, a capacidade térmica mássica da água.

Apresente todos os cálculos efetuados.

✱ **1.2.** Considere que, durante uma parte do percurso, os discos caíram com velocidade constante.

Qual foi a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuaram nos discos, nessa parte do percurso?

**2.** Um LED (Light Emitting Diode) é um dispositivo que emite luz com elevada eficiência.

Na Figura 2, representa-se o gráfico da corrente elétrica, $I$, num LED, em função da diferença de potencial elétrico, $U$, nos seus terminais (curva característica do LED).

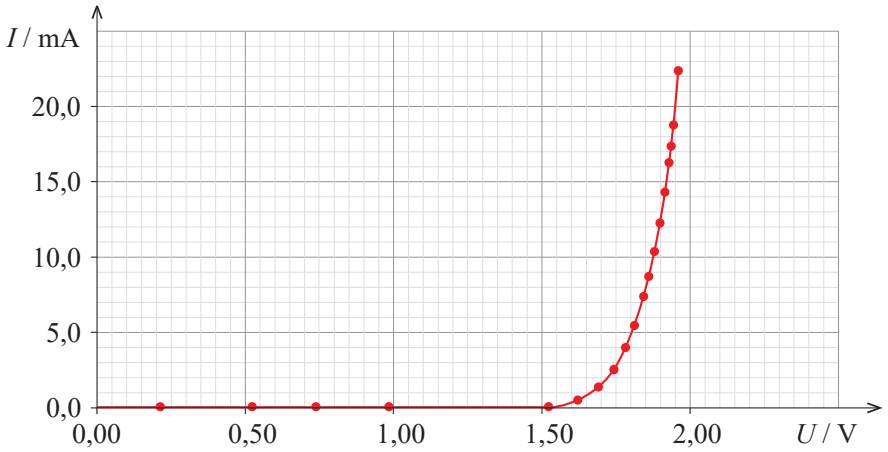
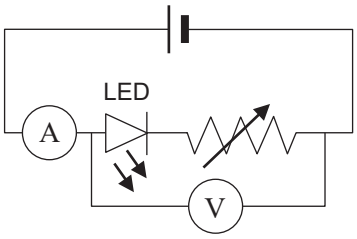



Figura 2

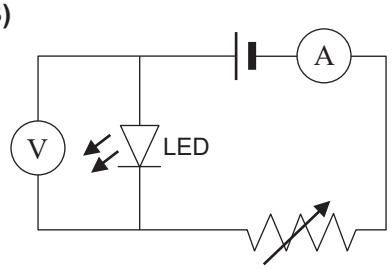
Para se obter a curva característica do LED, montou-se um circuito no qual o LED se encontrava ligado em série a um reóstato e a uma pilha ideal (pilha cuja resistência interna pode ser considerada nula) de força eletromotriz $4{,}50\ \text{V}$. Nesse circuito, introduziram-se ainda dois aparelhos de medida adequados.

*** 2.1.** Qual dos esquemas seguintes representa o circuito que permite obter a curva característica do LED?

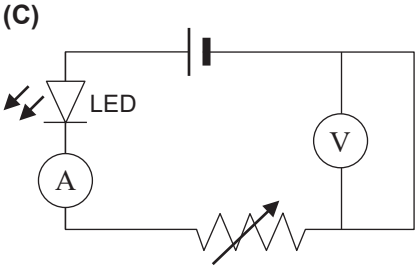
**(A)**



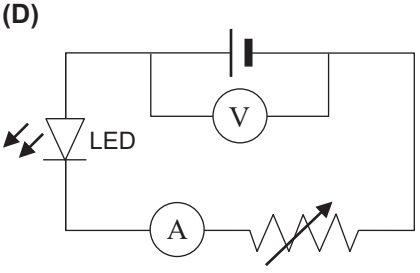

**(B)**




**(C)**




**(D)**




*** 2.2.** Caso os terminais do LED tivessem sido ligados diretamente à pilha, a corrente elétrica seria superior à que o LED suporta e este acabaria por se queimar. Ao introduzir-se o reóstato em série no circuito, a corrente elétrica no LED pode ser controlada.

Determine qual deverá ser o valor da resistência elétrica mínima introduzida pelo reóstato, para que a corrente elétrica no LED não exceda $20\ \text{mA}$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**3.** Em 1849, Hippolyte Fizeau mediu a velocidade da luz no ar com base na experiência esquematizada na Figura 3 (que não está à escala). Nessa experiência, um feixe de luz passava numa ranhura, na periferia de uma roda dentada, e era, a seguir, refletido num espelho colocado a uma distância de $8{,}63\ \text{km}$ da roda.

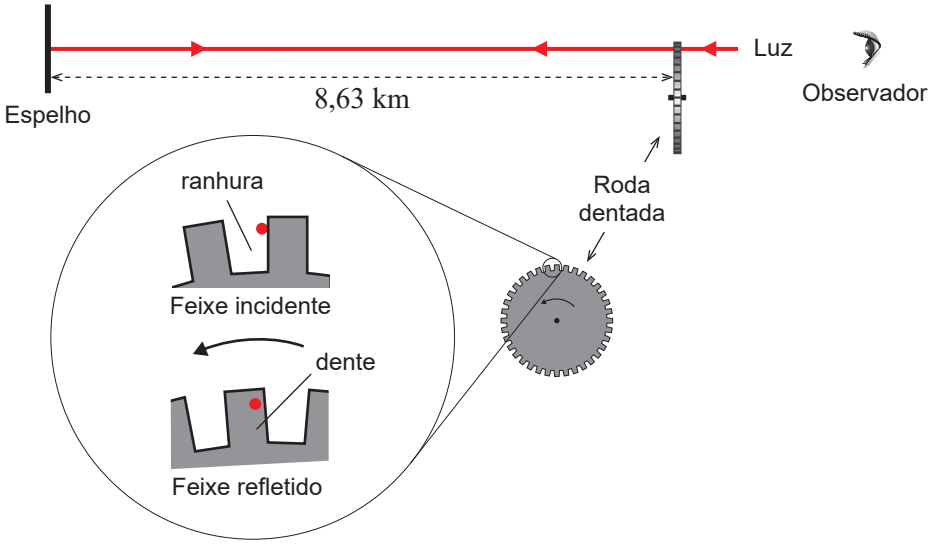



Figura 3

Com a roda parada, o feixe refletido no espelho voltava a passar na mesma ranhura.

Com a roda a girar com uma frequência de $12{,}6\ \text{Hz}$, o feixe refletido no espelho não voltava a passar pela ranhura, incidindo no dente imediatamente a seguir, deixando de ser detetado pelo observador. Nestas condições, a roda descrevia um ângulo de $0{,}250^{\text{o}}$ desde o instante em que o feixe incidente passava pela ranhura até ao instante em que o feixe refletido incidia no dente.

*** 3.1.** Determine a velocidade da luz no ar, tal como é obtida a partir da experiência descrita.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 3.2.** Considere a roda dentada a girar e dois pontos da roda a diferentes distâncias do centro.

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

**(A)** iguais ... iguais

**(B)** iguais ... diferentes

**(C)** diferentes ... iguais

**(D)** diferentes ... diferentes

*** 4.** Fez-se incidir um feixe de luz laser, que se propagava no ar, numa lâmina de um vidro, segundo cinco ângulos de incidência, $\alpha_{inc}$. Para cada ângulo de incidência, mediu-se o correspondente ângulo de refração, $\alpha_{ref}$. As amplitudes dos ângulos $\alpha_{inc}$ e $\alpha_{ref}$ estão registadas na tabela.

| $\alpha_{inc}$ | $\alpha_{ref}$ |
|---|---|
| 30,0º | 17,5º |
| 40,0º | 23,0º |
| 50,0º | 27,5º |
| 60,0º | 30,5º |
| 70,0º | 34,5º |

Determine o índice de refração daquele vidro.

Na resposta, apresente:

– uma tabela com os valores a utilizar na construção do gráfico, identificando as variáveis consideradas;

– a equação da reta de ajuste a um gráfico adequado;

– o cálculo do valor solicitado, a partir da equação da reta de ajuste.

Apresente todos os cálculos efetuados e o resultado com três algarismos significativos.

**5.** O pentacloreto de fósforo, $PCl_5$, pode decompor-se, em fase gasosa, originando tricloreto de fósforo, $PCl_3$, e cloro, $Cl_2$. Esta reação pode ser traduzida por

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$$

*** 5.1.** Considere que a variação de entalpia associada à decomposição de $1\ mol$ de $PCl_5(g)$ é $88\ kJ$. A energia média da ligação $P-Cl$ na molécula $PCl_5$ é $257\ kJ\ mol^{-1}$, e a energia média da ligação $Cl-Cl$ na molécula $Cl_2$ é $243\ kJ\ mol^{-1}$.

Conclua, a partir das energias fornecidas, se a ligação $P-Cl$ é, em média, mais forte na molécula $PCl_5$ ou na molécula $PCl_3$.

Mostre como chegou à conclusão solicitada, apresentando todos os cálculos.

**5.2.** Um reator de volume variável contém, inicialmente, apenas $3{,}00\ mol$ de $PCl_5(g)$ e $0{,}80\ mol$ de $PCl_3(g)$.

O sistema atinge o equilíbrio à temperatura $T$. Considere que o volume do reator é $2{,}5\ dm^3$ e que não reagiu $90\%$ da quantidade inicial de $PCl_5(g)$.

*** 5.2.1.** Determine a constante de equilíbrio, $K_c$, da reação de decomposição considerada, à temperatura $T$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 5.2.2.** Considere que, estando o sistema em equilíbrio, se provoca uma diminuição do volume do reator, à temperatura $T$.

Preveja, fundamentando, como variará a quantidade de $PCl_5$.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

*** 5.3.** Represente a molécula de cloro na notação de Lewis.

*** 5.4.** Considere átomos de fósforo e de cloro no estado fundamental.

Prevê-se que, no átomo de fósforo, os eletrões de valência sejam, em média, _____ atraídos pelo respetivo núcleo e que o raio atómico do cloro seja _____ .

**(A)** mais ... menor

**(B)** mais ... maior

**(C)** menos ... maior

**(D)** menos ... menor

**6.** Dissolveu-se amoníaco, $NH_3(g)$, em água, tendo-se obtido uma solução de concentração $2{,}27\ \text{mol dm}^{-3}$ e de densidade $0{,}98\ \text{g cm}^{-3}$, a $25\ ^{\text{o}}\text{C}$.

*** 6.1.** Determine o número de moléculas de água que existem em $250\ \text{cm}^3$ de solução.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 6.2.** O amoníaco, $NH_3(aq)$, é uma base fraca, cuja ionização em água pode ser traduzida por

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

Adicionando algumas gotas de um ácido forte concentrado a um dado volume da solução de amoníaco, a concentração de $OH^-(aq)$

**(A)** diminui e a concentração de $NH_4^+(aq)$ aumenta.

**(B)** aumenta e a concentração de $NH_4^+(aq)$ diminui.

**(C)** aumenta e a concentração de $NH_4^+(aq)$ aumenta.

**(D)** diminui e a concentração de $NH_4^+(aq)$ diminui.

**7.** O ácido sulfúrico, $H_2SO_4\,(aq)$, ioniza-se de acordo com as reações traduzidas por

**(1)** $H_2SO_4\,(aq) + H_2O\,(l) \longrightarrow HSO_4^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$ $K_{a1}$ elevado

**(2)** $HSO_4^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons SO_4^{2-}\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$ $K_{a2} = 1{,}0 \times 10^{-2}$ , a $25\,^oC$

✱ **7.1.** Numa solução de $H_2SO_4\,(aq)$ $1{,}00 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$, a $25\,^oC$, a concentração de $H_3O^+\,(aq)$ é

**(A)** superior à concentração de $SO_4^{2-}\,(aq)$, sendo o pH da solução $2{,}0$.

**(B)** superior à concentração de $SO_4^{2-}\,(aq)$, sendo o pH da solução inferior a $2{,}0$.

**(C)** igual à concentração de $SO_4^{2-}\,(aq)$, sendo o pH da solução $2{,}0$.

**(D)** igual à concentração de $SO_4^{2-}\,(aq)$, sendo o pH da solução inferior a $2{,}0$.

**7.2.** O ácido conjugado da espécie $SO_4^{2-}\,(aq)$ é a espécie

**(A)** $HSO_4^-\,(aq)$, comportando-se a água como base apenas na reação **(1).**

**(B)** $HSO_4^-\,(aq)$, comportando-se a água como base nas reações **(1)** e **(2).**

**(C)** $H_2SO_4\,(aq)$, comportando-se a água como base nas reações **(1)** e **(2).**

**(D)** $H_2SO_4\,(aq)$, comportando-se a água como base apenas na reação **(1).**

**7.3.** A reação do ácido sulfúrico com o magnésio pode ser traduzida por

$$H_2SO_4\,(aq) + Mg\,(s) \longrightarrow H_2\,(g) + MgSO_4\,(aq)$$

Nesta reação, o ião $H^+$

**(A)** oxida-se, sendo o magnésio a espécie redutora.

**(B)** reduz-se, sendo o magnésio a espécie oxidante.

**(C)** oxida-se, sendo o magnésio a espécie oxidante.

**(D)** reduz-se, sendo o magnésio a espécie redutora.

**8.** Os componentes maioritários do ar são o nitrogénio, $N_2(g)$, e o oxigénio, $O_2(g)$.

**8.1.** Considere uma amostra de $N_2(g)$ e uma amostra de $O_2(g)$, com massas iguais.

Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, pode concluir-se que os volumes das amostras são _____ e que o número de moléculas de cada uma das amostras é _____ .

**(A)** iguais ... igual

**(B)** iguais ... diferente

**(C)** diferentes ... igual

**(D)** diferentes ... diferente

**8.2.** Os eletrões do átomo de nitrogénio no estado fundamental distribuem-se por

**(A)** três orbitais, sendo os eletrões da orbital $1s$ os de menor energia.

**(B)** cinco orbitais, sendo os eletrões da orbital $1s$ os de menor energia.

**(C)** três orbitais, sendo os eletrões das orbitais $2p$ os de menor energia.

**(D)** cinco orbitais, sendo os eletrões das orbitais $2p$ os de menor energia.

**9.** Na Figura 4 (que não está à escala), representa-se parte do percurso de um corpo que foi lançado da posição A, no instante $t = 0{,}0$ s, passando pela posição B, ao fim de $1{,}0$ s, e atingindo a posição C, no instante $t = 1{,}5$ s.

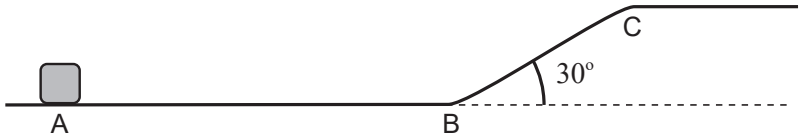



Figura 4

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

Na Figura 5, apresenta-se o gráfico do módulo da velocidade, $v$, do corpo em função do tempo, $t$.

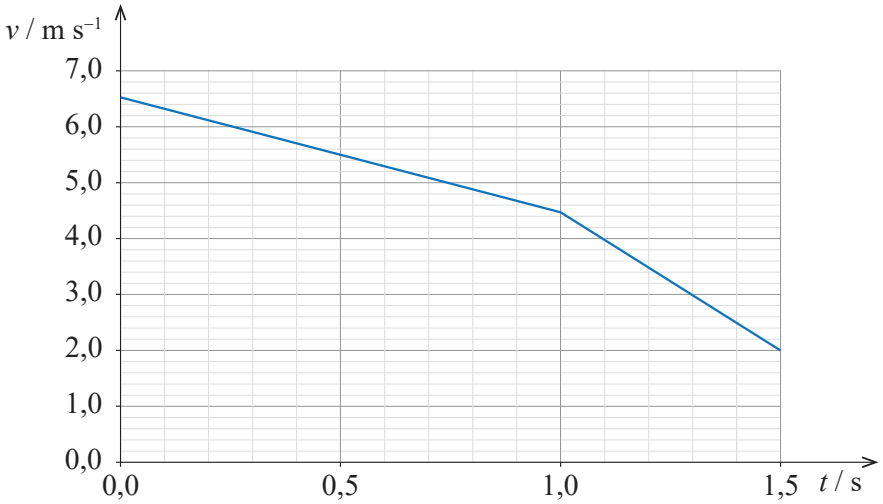


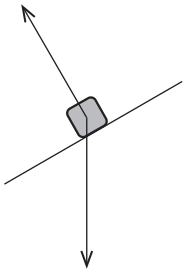

Figura 5

**9.1.** Qual é a distância entre as posições A e B?

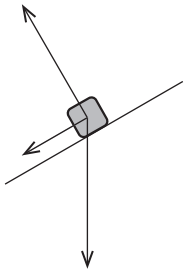
**(A)** 5,5 m **(B)** 4,5 m **(C)** 6,5 m **(D)** 7,5 m

*** 9.2.** Qual dos diagramas pode representar, numa mesma escala, as forças que atuam no corpo, na subida da rampa, entre as posições B e C?

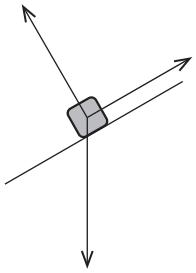
**(A)**



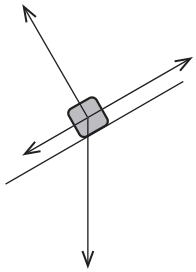
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**9.3.** Considere:

– $\Delta E_c$ a variação de energia cinética do corpo;

– $\Delta E_{pg}$ a variação de energia potencial gravítica do sistema *corpo* + *Terra*;

– $\sum_i W_i$ a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no corpo;

– $W_{\vec{F}_g}$ o trabalho realizado pela força gravítica que atua no corpo.

Pode afirmar-se que no percurso do corpo entre as posições A e C

**(A)** $|\Delta E_c| < |\Delta E_{pg}|$ e $\left|\sum_i W_i\right| < |W_{\vec{F}_g}|$

**(B)** $|\Delta E_c| < |\Delta E_{pg}|$ e $\left|\sum_i W_i\right| > |W_{\vec{F}_g}|$

**(C)** $|\Delta E_c| > |\Delta E_{pg}|$ e $\left|\sum_i W_i\right| < |W_{\vec{F}_g}|$

**(D)** $|\Delta E_c| > |\Delta E_{pg}|$ e $\left|\sum_i W_i\right| > |W_{\vec{F}_g}|$

**10.** Dois microfones idênticos, ligados a um osciloscópio, foram colocados à mesma distância de um altifalante.

A Figura 6 apresenta os sinais I e II, visualizados no ecrã do osciloscópio, quando a base de tempo foi regulada para $0{,}5\ \text{ms}$ por divisão e o amplificador vertical foi regulado para $0{,}5\ \text{V}$ por divisão (para os dois sinais).

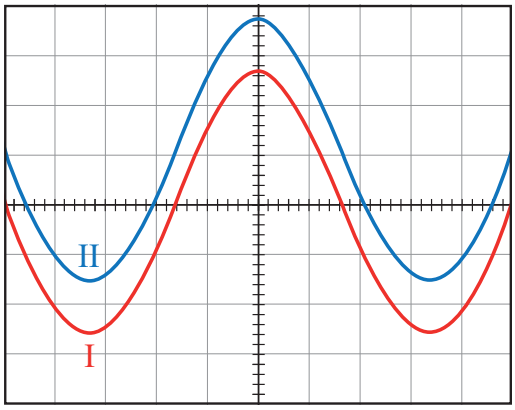



Figura 6

**10.1.** A frequência do sinal I é _____ e a amplitude desse sinal é _____ à amplitude do sinal II.

**(A)** $3{,}0 \times 10^2\ \text{Hz}$ ... igual

**(B)** $3{,}3 \times 10^3\ \text{Hz}$ ... igual

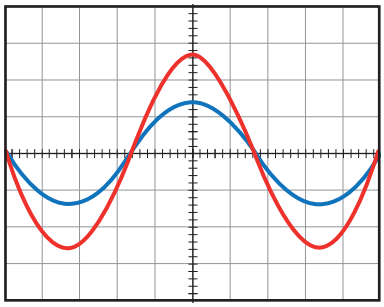
**(C)** $3{,}0 \times 10^2\ \text{Hz}$ ... inferior

**(D)** $3{,}3 \times 10^3\ \text{Hz}$ ... inferior

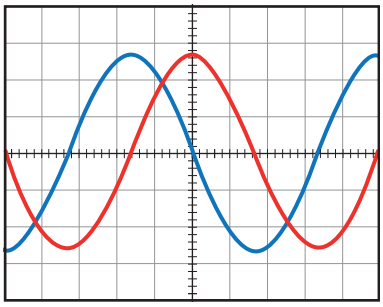
**10.2.** O microfone que originava o sinal II foi afastado do altifalante de uma distância igual a um quarto do comprimento de onda da onda sonora produzida pelo altifalante.

Qual das opções seguintes apresenta os sinais que seriam observados no ecrã do osciloscópio, após o ajuste do sinal II ao ecrã do osciloscópio?

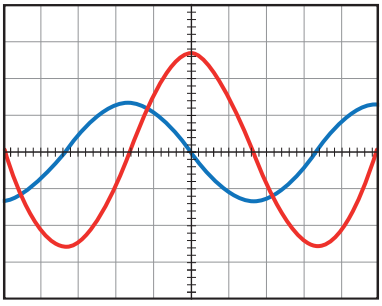
**(A)**



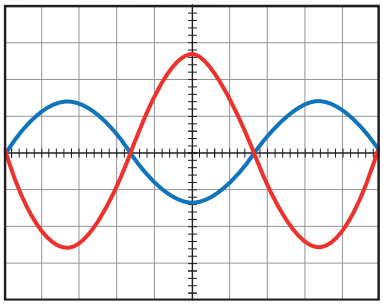
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**FIM**

**1.** Considere os elementos químicos cloro e bromo, que pertencem ao mesmo grupo da tabela periódica.

*** 1.1.** Explique por que razão a energia de ionização dos átomos destes elementos tem tendência a diminuir ao longo do grupo.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

*** 1.2.** Duas das riscas do espectro de emissão atómico do cloro são originadas por fotões de energias $14{,}7 \times 10^{-19}$ J e $2{,}4 \times 10^{-19}$ J.

Desta afirmação pode concluir-se que, no átomo de cloro,

**(A)** existe um nível cuja energia é $-12{,}3 \times 10^{-19}$ J.

**(B)** existe um nível cuja energia é $-14{,}7 \times 10^{-19}$ J.

**(C)** existem níveis cuja diferença de energia é $12{,}3 \times 10^{-19}$ J.

**(D)** existem níveis cuja diferença de energia é $14{,}7 \times 10^{-19}$ J.

**1.3.** Num reator com a capacidade de $1{,}0$ L, contendo uma mistura gasosa de bromo, $Br_2(g)$, cloro, $Cl_2(g)$, e cloreto de bromo, $BrCl(g)$, à temperatura $T$, ocorre a reação exotérmica traduzida por

$$Br_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2\ BrCl(g)$$

A constante de equilíbrio, $K_c$, da reação é $7{,}7$, à temperatura $T$.

*** 1.3.1.** Admita que a quantidade inicial de $BrCl(g)$, na mistura gasosa existente no reator, é $1{,}11$ mol.

Quando o sistema atinge um estado de equilíbrio, à temperatura $T$, as quantidades de $Cl_2(g)$ e de $BrCl(g)$ na mistura gasosa são, respetivamente, $0{,}25$ mol e $0{,}80$ mol.

Determine a quantidade inicial de $Br_2(g)$ na mistura gasosa.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 1.3.2.** Admita que, uma vez atingido o estado de equilíbrio, à temperatura $T$, ocorre um aumento de temperatura.

Até ser atingido um novo estado de equilíbrio, prevê-se que a concentração de $Br_2(g)$ _____ e que a variação das concentrações de $Br_2(g)$ e de $Cl_2(g)$ seja _____ .

**(A)** diminua ... diferente

**(B)** aumente ... diferente

**(C)** diminua ... igual

**(D)** aumente ... igual

**2.** A Estação Espacial Internacional (EEI; em inglês, International Space Station – ISS) move-se em torno da Terra, numa órbita aproximadamente circular.

Admita que a região em que a EEI se move pode ser considerada como vácuo.

*** 2.1.** A EEI orbita a uma altitude cerca de $15$ vezes inferior ao raio da Terra.

Qual das expressões seguintes traduz corretamente a relação entre o módulo da aceleração da EEI, $a_{\text{EEI}}$, e o módulo da aceleração gravítica à superfície da Terra, $g$?

**(A)** $a_{\text{EEI}} = 0{,}94\ g$

**(B)** $a_{\text{EEI}} = 0{,}88\ g$

**(C)** $a_{\text{EEI}} = 6{,}7 \times 10^{-2}\ g$

**(D)** $a_{\text{EEI}} = 4{,}4 \times 10^{-3}\ g$

**2.2.** As paredes da EEI são revestidas por uma superfície refletora e são constituídas por materiais de baixa condutividade térmica.

A estação dispõe ainda de um sistema de controlo de temperatura que permite regular a transferência de energia para o espaço.

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

**(A)** minimizar ... radiação

**(B)** maximizar ... radiação

**(C)** minimizar ... condução

**(D)** maximizar ... condução

*** 2.2.2.** O período orbital da EEI é $1{,}5$ horas.

Admita que, numa dada zona da EEI:

– para manter a temperatura do ar, é necessário que a potência transferida para o espaço seja, em média, $30\ \text{kW}$ por cada órbita;

– a massa de ar nessa zona é $1{,}1 \times 10^{3}\ \text{kg}$, e a capacidade térmica mássica do ar é $7{,}2 \times 10^{2}\ \text{J kg}^{-1}\ ^{\text{o}}\text{C}^{-1}$.

Devido a uma avaria, verificou-se que a temperatura do ar naquela zona aumentou $17\ ^{\text{o}}\text{C}$, no intervalo de tempo que a EEI leva a descrever uma órbita.

Calcule a percentagem da energia absorvida pelo ar existente naquela zona da EEI, em relação à energia que deveria ter sido transferida para o espaço.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**2.3.** Na EEI é possível, a partir do dióxido de carbono, $CO_2(g)$, expirado, obter oxigénio, $O_2(g)$, que é utilizado na zona habitável da estação.

A formação de $O_2(g)$ pode ser traduzida por

$$CO_2(g) + 4\,H_2(g) \longrightarrow CH_4(g) + 2\,H_2O(g) \quad \textbf{(1)}$$
$$2\,H_2O(l) \longrightarrow 2\,H_2(g) + O_2(g) \quad \textbf{(2)}$$

✱ **2.3.1.** O hidrogénio, $H_2(g)$, produzido na reação **(2)** é reutilizado na reação **(1)**.

Que quantidade de $H_2$ pode ser reutilizada, no máximo, por cada mole de $H_2$ consumida?

✱ **2.3.2.** Considere que, na zona habitável da EEI, existem $4{,}1 \times 10^{-2}\ mol$ de moléculas por cada $dm^3$ de ar, sendo $7{,}0 \times 10^{-3}$ a fração molar de $CO_2$.

Admita que se consegue recuperar uma quantidade de $O_2$ igual a $\frac{2}{5}$ da quantidade de $CO_2$.

Determine o volume de ar necessário para se conseguir recuperar $1{,}0\ g$ de $O_2$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**3.** O ácido hipobromoso, $HBrO(aq)$, usado como antimicrobiano, é um ácido cuja ionização em água se pode traduzir por

$$HBrO(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons BrO^-(aq) + H_3O^+(aq) \qquad K_a = 2{,}8 \times 10^{-9}, \text{ a } 25\ ^oC$$

✱ **3.1.** A espécie $HBrO(aq)$ tem uma ação antimicrobiana mais eficaz do que a espécie $BrO^-(aq)$.

Um aumento de $pH$ favorece a reação

**(A)** direta, aumentando a eficácia antimicrobiana do ácido hipobromoso.

**(B)** inversa, aumentando a eficácia antimicrobiana do ácido hipobromoso.

**(C)** direta, diminuindo a eficácia antimicrobiana do ácido hipobromoso.

**(D)** inversa, diminuindo a eficácia antimicrobiana do ácido hipobromoso.

✱ **3.2.** Adicionando algumas gotas de uma solução concentrada de uma base forte a uma solução aquosa de $HBrO$, obteve-se uma solução cujo $pH$, a $25\ ^oC$, é $8{,}25$.

Verifique que, na solução resultante, $\frac{1}{3}$ do ácido hipobromoso está ionizado.

Explicite o seu raciocínio.

**4.** Um corpo sobre um plano inclinado, abandonado de uma altura $h$, acaba por parar após percorrer uma distância $d$ num plano horizontal.

Na Figura 1 (que não está à escala), está esquematizado o percurso do corpo entre a posição inicial (posição A) e a posição final (posição C).

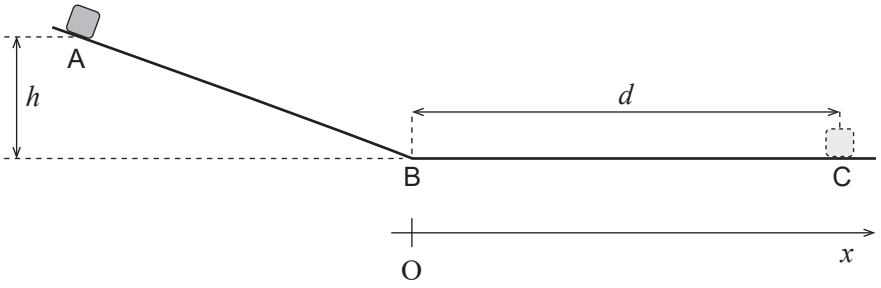



Figura 1

Considere o referencial $Ox$, representado na figura, e admita que:

– o corpo pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material);

– no plano inclinado, as forças de atrito que atuam no corpo são desprezáveis;

– no plano horizontal, a resultante das forças que atuam no corpo é constante.

*** 4.1.** Entre as posições A e C, o módulo do trabalho realizado pela força gravítica que atua no corpo, $\left|W_{\vec{F}_g}\right|$, é igual ao módulo do trabalho realizado pela resultante das forças de atrito que atuam no corpo, $\left|W_{\vec{F}_a}\right|$.

Comprove esta afirmação, explicitando o seu raciocínio.

*** 4.2.** Numa experiência, o corpo foi abandonado de cinco alturas diferentes, sobre o plano inclinado, tendo percorrido, para cada uma das alturas, uma determinada distância no plano horizontal.

A tabela apresenta, para cada uma das alturas, $h$, das quais o corpo foi abandonado, a distância, $d$, que o corpo percorreu no plano horizontal até parar.

| $h$ / m | $d$ / m |
|---|---|
| 0,060 | 0,231 |
| 0,100 | 0,377 |
| 0,140 | 0,559 |
| 0,180 | 0,712 |
| 0,220 | 0,887 |

Determine a componente escalar da aceleração, $a_x$, do corpo, em relação ao referencial $Ox$ considerado, no seu movimento no plano horizontal.

Na resposta:

– deduza uma expressão que mostre que $d$ varia linearmente com $h$;

– apresente a equação da reta de ajuste a um gráfico adequado;

– calcule o valor solicitado com dois algarismos significativos, a partir da equação da reta de ajuste.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**5.** Na Figura 2, está esquematizado um feixe fino, $L_1$, de luz laser, que incide na superfície curva de uma placa semicilíndrica de um vidro, originando um feixe fino, $L_2$. Este, ao passar do vidro para o ar, origina o feixe fino $L_3$.

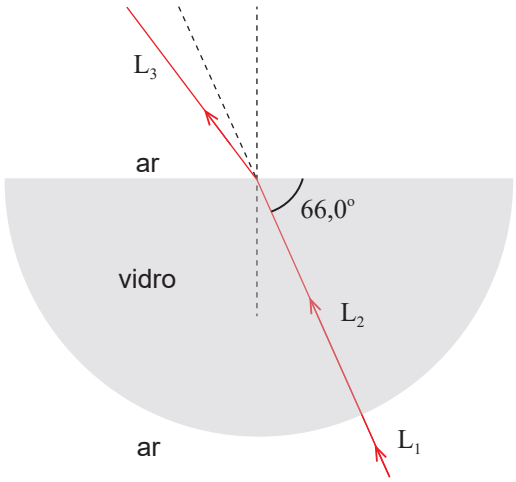



Figura 2

*** 5.1.** Considere a mudança de meio de propagação da luz, na qual o feixe $L_1$ origina o feixe $L_2$.

Qual é a amplitude do ângulo de refração?

*** 5.2.** O feixe $L_3$ está desviado $13{,}2^{\circ}$ relativamente à direção do feixe incidente.

Determine o módulo da velocidade de propagação da luz no vidro.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**6.** Considere um corpo que desce ao longo de um plano inclinado, em condições tais que as forças dissipativas são desprezáveis.

*** 6.1.** O aumento da energia cinética do corpo é diretamente proporcional à _____ corpo, sendo _____ diminuição da energia potencial gravítica do sistema *corpo* + *Terra*.

**(A)** distância percorrida pelo ... igual à

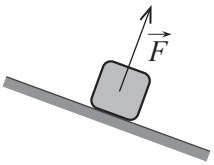
**(B)** distância percorrida pelo ... diferente da

**(C)** velocidade do ... diferente da

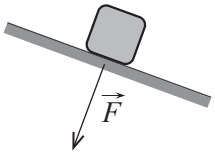
**(D)** velocidade do ... igual à

**6.2.** Em qual dos esquemas seguintes está representada a força, $\vec{F}$, que o corpo exerce no plano inclinado?

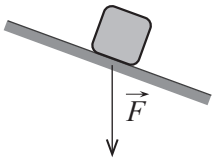
**(A)**



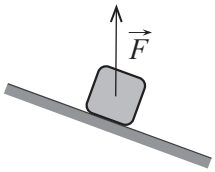

**(B)**




**(C)**



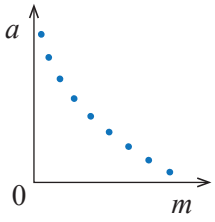

**(D)**



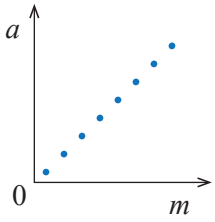

**6.3.** Considere que o corpo desce várias vezes o plano inclinado, com sobrecargas de massas sucessivamente maiores.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode traduzir o módulo da aceleração, $a$, do conjunto *corpo* + *sobrecarga* em função da respetiva massa, $m$ ?

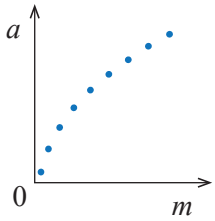
**(A)**



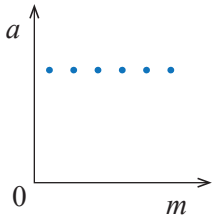

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**7.** As baterias e as pilhas são geradores de tensão contínua.

**7.1.** Considere duas baterias ideais (baterias cujas resistências internas podem ser consideradas nulas) idênticas e dois componentes puramente resistivos, P e Q, de resistências 8 kΩ e 24 kΩ, respetivamente. Uma das baterias é ligada a P e a outra é ligada a Q.

A energia fornecida a P, relativamente à energia fornecida a Q, num mesmo intervalo de tempo, é

**(A)** 9 vezes menor.

**(B)** 3 vezes menor.

**(C)** 3 vezes maior.

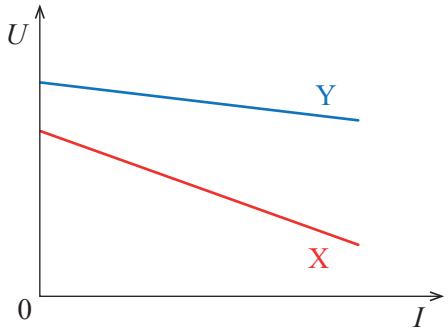
**(D)** 9 vezes maior.

**7.2.** Considere duas pilhas novas, X e Y, com as mesmas características.

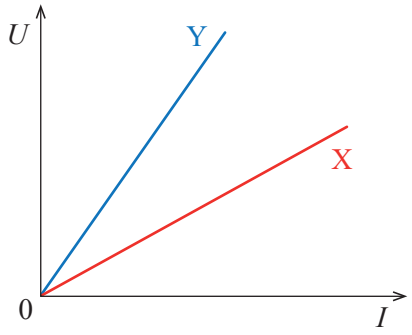
A pilha X foi utilizada para alimentar um circuito elétrico durante um intervalo de tempo significativo. A pilha Y não foi utilizada.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode traduzir as diferenças de potencial elétrico, $U$, nos terminais das pilhas X e Y, em função da corrente elétrica, $I$, fornecida?

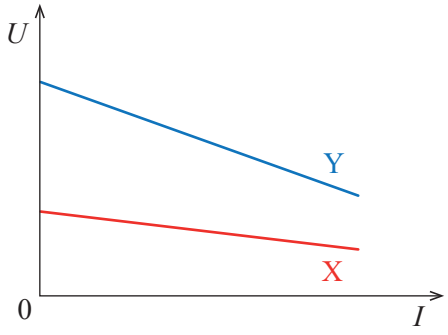
**(A)**



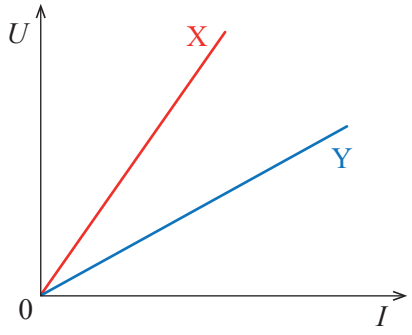

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**8.** Dois átomos de nitrogénio ligam-se entre si por uma ligação covalente tripla, formando uma molécula de $N_2$.

**8.1.** Os eletrões de valência do átomo de nitrogénio, no estado fundamental, apresentam _____ energias diferenciadas, _____ todos os eletrões emparelhados.

**(A)** duas ... estando

**(B)** duas ... não estando

**(C)** três ... estando

**(D)** três ... não estando

**8.2.** Qual é, em média, a massa de uma molécula de $N_2$?

**(A)** $4{,}65 \times 10^{-23}\ g$

**(B)** $28{,}0\ g$

**(C)** $14{,}0\ g$

**(D)** $2{,}33 \times 10^{-23}\ g$

**9.** A Figura 3 representa a molécula de tricloreto de fósforo, $PCl_3$, utilizando a notação de Lewis.

Prevê-se que esta molécula apresente geometria

**(A)** triangular plana e que seja apolar.

**(B)** triangular plana e que seja polar.

**(C)** piramidal trigonal e que seja apolar.

**(D)** piramidal trigonal e que seja polar.

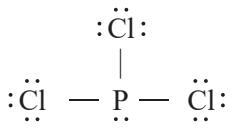


Figura 3

**10.** O ião $ClO_3^-$ pode transformar-se na espécie $ClO_2$ em reações que envolvem transferência de eletrões.

Numa reação em que o ião $ClO_3^-$ origina a espécie $ClO_2$, a variação do número de oxidação do $Cl$ é

**(A)** $+1$, prevendo-se que o ião $ClO_3^-$ atue como oxidante.

**(B)** $-1$, prevendo-se que o ião $ClO_3^-$ atue como oxidante.

**(C)** $+1$, prevendo-se que o ião $ClO_3^-$ atue como redutor.

**(D)** $-1$, prevendo-se que o ião $ClO_3^-$ atue como redutor.

**FIM**

**1.** Os ácidos orgânicos apresentam um grupo funcional característico.

O ácido cítrico, $C_6H_8O_7$ ($M = 192{,}14\ g\ mol^{-1}$), cuja fórmula de estrutura da molécula se representa na Figura 1, é uma substância presente nos citrinos.

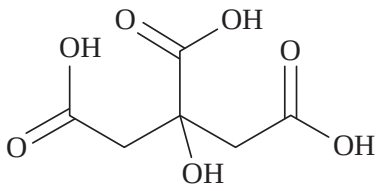



Figura 1

✱ **1.1.** A molécula de ácido tartárico, $C_4H_6O_6$, presente no vinho, tem a fórmula de estrutura representada na Figura 2.

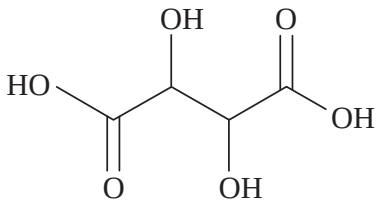



Figura 2

Nas moléculas de ácido cítrico e de ácido tartárico existem, respetivamente,

**(A)** dois e três grupos funcionais carboxilo.

**(B)** quatro e dois grupos funcionais hidroxilo.

**(C)** um e quatro grupos funcionais hidroxilo.

**(D)** três e dois grupos funcionais carboxilo.

✱ **1.2.** Um sumo de limão, de massa volúmica $1{,}03\ g\ cm^{-3}$, contém $4{,}71\%$, em massa, de ácido cítrico.

Determine a quantidade de ácido cítrico que existe em $75{,}0\ cm^3$ desse sumo.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 1.3.** A reação entre o ácido cítrico e o hidrogenocarbonato de sódio, $NaHCO_3(aq)$, pode ser traduzida por

$$C_6H_8O_7(aq) + 3\ NaHCO_3(aq) \longrightarrow 3\ H_2O(l) + 3\ CO_2(g) + Na_3C_6H_5O_7(aq)$$

Considere que se adicionam $80\ mL$ de $NaHCO_3(aq)$, de concentração $0{,}50\ mol\ dm^{-3}$, a $30\ mL$ de $C_6H_8O_7(aq)$, com a mesma concentração, e se recolhem $3{,}6 \times 10^{-2}\ mol$ de $CO_2(g)$.

O rendimento da reação é

**(A)** 65%

**(B)** 90%

**(C)** 80%

**(D)** 30%

**1.4.** O ácido fosfórico, $H_3PO_4(aq)$, é um ácido que, tal como o ácido cítrico, sofre em água ionizações sucessivas.

*** 1.4.1.** Considere uma solução aquosa de ácido fosfórico e uma solução aquosa de ácido cítrico com a mesma concentração, a uma dada temperatura, $T$.

A constante de acidez definida para a primeira ionização de $H_3PO_4(aq)$ é cerca de dez vezes maior do que a constante de acidez definida para a primeira ionização de $C_6H_8O_7(aq)$, à temperatura $T$.

Conclua, fundamentando, em qual das soluções será maior a concentração de $OH^-(aq)$, considerando apenas a contribuição da primeira ionização daqueles ácidos em água.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

*** 1.4.2.** A primeira ionização do ácido fosfórico em água pode ser traduzida por

$$H_3PO_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2PO_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

Escreva as fórmulas químicas das duas espécies que resultam da segunda ionização do ácido fosfórico em água.

**2.** Na Figura 3, apresenta-se o gráfico da componente escalar da velocidade, $v$, de um paraquedista (sistema *paraquedista* + *paraquedas*), em função do tempo, $t$, nos primeiros $60$ s do seu movimento de descida, na vertical.

Considere um referencial $Oy$ vertical e admita que o paraquedista pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

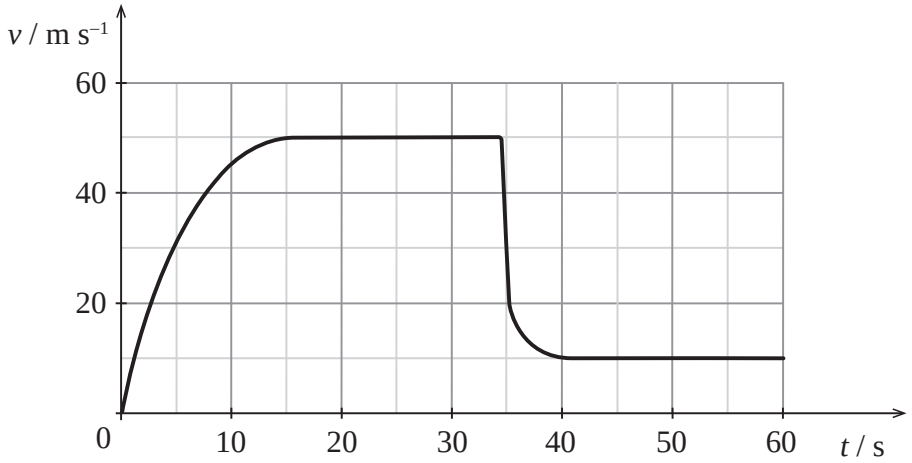
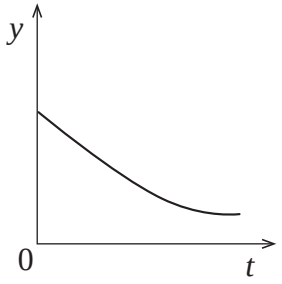


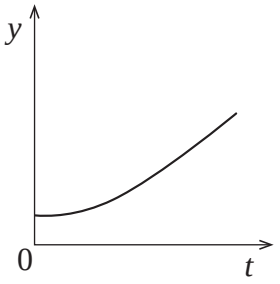

Figura 3

**2.1.** Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da posição, $y$, do paraquedista, em relação ao referencial $Oy$, em função do tempo, $t$, no intervalo de tempo $[0; 30]$ s?

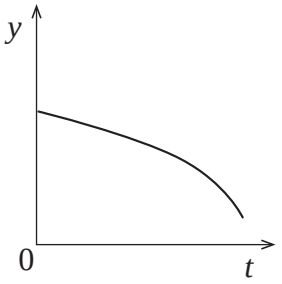
**(A)**



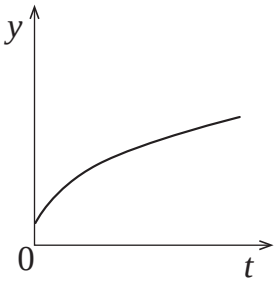

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**✱ 2.2.** Qual das opções pode representar a velocidade, $\vec{v}$, do paraquedista e a resultante das forças, $\vec{F}_R$, que nele atuam no instante $t = 35$ s ?

**(A)**



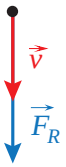

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**✱ 2.3.** O módulo do trabalho, $|W_{\vec{R}ar,1}|$, realizado pela resistência do ar no intervalo de tempo $[20; 30]$ s, é cinco vezes superior ao módulo do trabalho, $|W_{\vec{R}ar,2}|$, realizado pela resistência do ar no intervalo de tempo $[50; 60]$ s.

Comprove a veracidade desta afirmação.

Explicite o seu raciocínio.

**3.** Um corpo foi abandonado sobre um plano com uma dada inclinação, $\alpha$, de acordo com a Figura 4 (que não está à escala).

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

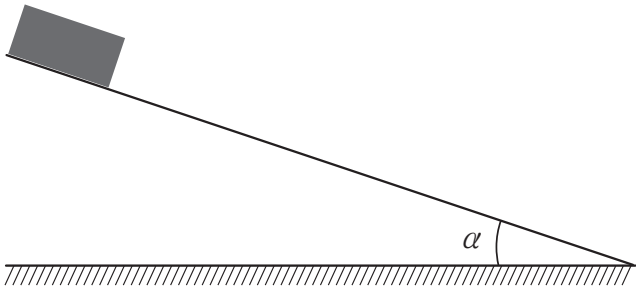



Figura 4

✱ **3.1.** Numa série de ensaios, o corpo, de massa $189{,}2\ \text{g}$, foi abandonado de cinco posições diferentes. Admita que a resultante das forças que nele atuam é constante.

Na tabela, estão registadas as distâncias, $d$, percorridas pelo corpo sobre o plano inclinado e as energias cinéticas, $E_c$, do corpo, ao percorrer aquelas distâncias.

| $d$ / mm | $E_c$ / mJ |
|---|---|
| 200 | 33,0 |
| 300 | 51,3 |
| 400 | 67,7 |
| 500 | 84,0 |
| 600 | 102 |

Determine o módulo da aceleração do corpo.

Na resposta:

– deduza uma expressão que mostre uma relação linear de $E_c$ em função de $d$;

– apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de $E_c$ em função de $d$;

– calcule o valor solicitado com três algarismos significativos, a partir da equação da reta de ajuste.

Apresente todos os cálculos efetuados.

✱ **3.2.** Na ausência de forças dissipativas, a expressão que permite calcular a inclinação do plano é

**(A)** $\sin\alpha = \frac{g}{a}$

**(B)** $\cos\alpha = \frac{a}{g}$

**(C)** $\sin\alpha = \frac{a}{g}$

**(D)** $\cos\alpha = \frac{g}{a}$

**4.** Considere uma onda transversal e sinusoidal que se propaga num lago onde se encontra uma boia de sinalização, B.

Na Figura 5 (que não está à escala), representa-se uma porção da superfície da água do lago, num dado instante, $t_i$, e um referencial $xOy$. Admita que a onda se propaga no sentido positivo do eixo $Ox$ com velocidade constante.

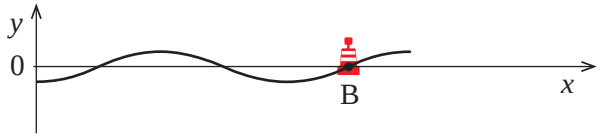



Figura 5

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da posição da boia de sinalização, $y_B$, segundo o eixo $Oy$, em função do tempo, $t$, considerando $t_i$ o instante inicial?

**(A)**




**(B)**




**(C)**




**(D)**




**5.** Muitos satélites movimentam-se em órbitas aproximadamente circulares e estão equipados com painéis fotovoltaicos que produzem a energia necessária ao seu funcionamento.

**5.1.** Um satélite geoestacionário possui painéis fotovoltaicos cuja área total é $6{,}0\ \text{m}^2$.

Considere que a irradiância solar média é $1{,}25\ \text{kW m}^{-2}$ e que, ao fim de uma órbita, a energia elétrica produzida pelos painéis é $22\ \text{kW h}$.

O rendimento médio dos painéis fotovoltaicos será

**(A)** 49% **(B)** 34% **(C)** 24% **(D)** 12%

*** 5.2.** Considere dois satélites, A e B, que se movem em torno da Terra.

Se o raio da órbita de A for quatro vezes maior do que o raio da órbita de B, a velocidade de A será

**(A)** quatro vezes maior do que a velocidade de B.

**(B)** quatro vezes menor do que a velocidade de B.

**(C)** duas vezes menor do que a velocidade de B.

**(D)** duas vezes maior do que a velocidade de B.

**6.** Na Figura 6 (que não está à escala), representa-se a secção transversal de um prisma de vidro e parte do trajeto de um feixe fino de luz laser, de frequência $4{,}74 \times 10^{14}\ \text{Hz}$, que, ao propagar-se no ar, incide numa das faces desse prisma.

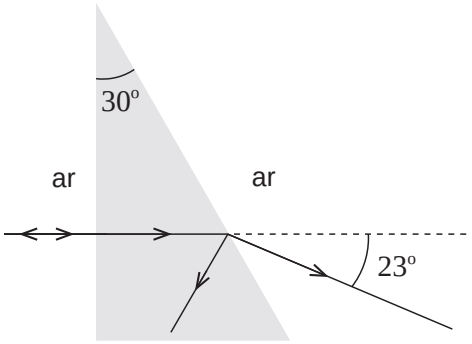



Figura 6

**6.1.** A potência do feixe de luz incidente na superfície de separação ar-vidro é _____ à potência do feixe de luz refletida nessa superfície, e as velocidades desses feixes de luz são _____ .

**(A)** superior ... iguais **(B)** igual ... diferentes

**(C)** superior ... diferentes **(D)** igual ... iguais

*** 6.2.** Determine o comprimento de onda da luz laser no vidro.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**7.** Na Figura 7, está esquematizado um circuito elétrico com os seguintes componentes:

- uma pilha, de força eletromotriz $9{,}0\ \text{V}$ e resistência interna $1{,}5\ \Omega$;
- três componentes puramente resistivos ($\text{R}_1$, $\text{R}_2$ e $\text{R}_3$), com a mesma resistência elétrica;
- um amperímetro ideal;
- um interruptor.

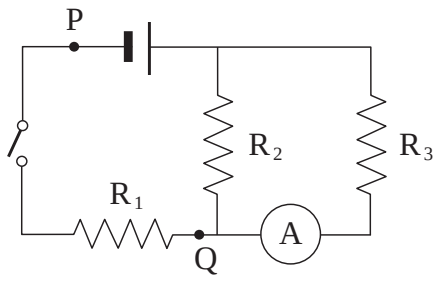



Figura 7

*** 7.1.** Qual a diferença de potencial elétrico entre os pontos P e Q quando o interruptor está aberto?

*** 7.2.** Com o interruptor fechado, o amperímetro regista $0{,}25\ \text{A}$.

Determine a potência total dissipada nos três componentes puramente resistivos.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**✱ 8.** Considere o átomo de carbono e o átomo de oxigénio no estado fundamental.

Compare a energia dos eletrões de valência mais energéticos do átomo de carbono com a energia dos eletrões de valência mais energéticos do átomo de oxigénio.

Explicite o seu raciocínio.

**9.** O metano é um composto constituído por átomos de hidrogénio e de carbono.

**9.1.** No espectro de emissão do átomo de hidrogénio, as energias dos fotões correspondentes às transições de menor energia para os níveis $n = 2$ e $n = 3$ são $3{,}0 \times 10^{-19}$ J e $1{,}1 \times 10^{-19}$ J, respetivamente.

Assim, pode concluir-se que a diferença de energia entre os níveis

**(A)** $n = 3$ e $n = 2$ é $1{,}9 \times 10^{-19}$ J

**(B)** $n = 4$ e $n = 3$ é $1{,}9 \times 10^{-19}$ J

**(C)** $n = 4$ e $n = 2$ é $4{,}1 \times 10^{-19}$ J

**(D)** $n = 3$ e $n = 1$ é $4{,}1 \times 10^{-19}$ J

**✱ 9.2.** A combustão do metano pode ser traduzida por

$$CH_4(g) + 2\,O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O(g)$$

A energia libertada na combustão de $50{,}0$ g de $CH_4$ é $2500$ kJ.

Considere as energias de ligação médias apresentadas na tabela.

| Ligação | $E$ / kJ mol$^{-1}$ |
|---|---|
| $E$ (C — H) | 414 |
| $E$ (C ═ O) | 799 |
| $E$ (O — H) | 460 |

Determine, em kJ mol$^{-1}$, a energia média de dissociação da molécula de $O_2$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**10.** Em 1811, Amedeo Avogadro publicou um artigo em que admitia que volumes iguais de gases diferentes, nas mesmas condições de pressão e de temperatura, continham o mesmo número de moléculas.

Na Figura 8, representam-se quatro recipientes iguais (com o mesmo volume e a mesma massa). Posteriormente, encheram-se estes recipientes com gases, identificados pelas respetivas fórmulas químicas, nas mesmas condições de pressão e de temperatura.

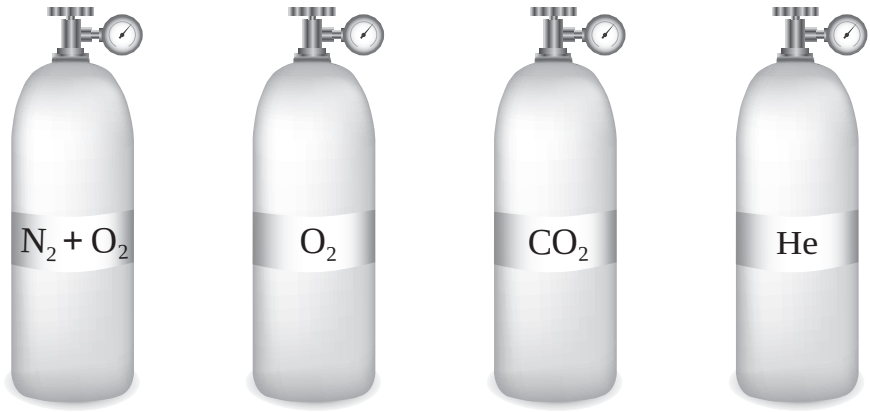



Figura 8

**10.1.** O número total de átomos contidos nos recipientes é igual em

**(A)** **1** e **2**.

**(B)** **2** e **4**.

**(C)** **2** e **3**.

**(D)** **3** e **4**.

**10.2.** Selecione a opção que ordena os recipientes **1**, **2** e **3**, tendo em conta os respetivos gases, por ordem crescente das suas massas.

**(A)** **2** < **3** < **1**

**(B)** **1** < **2** < **3**

**(C)** **1** < **3** < **2**

**(D)** **2** < **1** < **3**

**11.** Os metais podem sofrer corrosão.

*** 11.1.** Em canalizações que contenham chumbo pode, a partir de $PbCl_2$, formar-se um óxido de chumbo de fórmula química $PbO_2$.

Nesta transformação, a variação do número de oxidação do chumbo é

**(A)** $-2$

**(B)** $-1$

**(C)** $+1$

**(D)** $+2$

**11.2.** Uma placa de cobre, $Cu(s)$, e uma placa de zinco, $Zn(s)$, foram mergulhadas numa solução contendo iões $Pb^{2+}(aq)$, tendo-se verificado que, passado algum tempo, apenas a placa de zinco tinha sofrido corrosão.

Pode concluir-se que

**(A)** o poder redutor do $Pb(s)$ é inferior ao do $Cu(s)$.

**(B)** o poder redutor do $Zn(s)$ é inferior ao do $Pb(s)$.

**(C)** o poder oxidante do $Zn^{2+}(aq)$ é inferior ao do $Cu^{2+}(aq)$.

**(D)** o poder oxidante do $Pb^{2+}(aq)$ é inferior ao do $Zn^{2+}(aq)$.

## FIM

**1.** Em 2020, foi enviada mais uma sonda espacial ao planeta Marte, integrada na missão *Mars 2020*. Essa sonda transportou, pela primeira vez na história da exploração espacial, um pequeno helicóptero.

Fazer voar um helicóptero em Marte foi um desafio. Os engenheiros sabiam que a aceleração gravítica de Marte, aproximadamente $\frac{1}{3}$ da terrestre, ajudaria na descolagem, mas a sua atmosfera rarefeita iria tornar mais difícil a sustentação. Assim, o pequeno helicóptero, de 1,8 kg de massa, foi construído com duas hélices de 1,2 m de diâmetro, que rodam, em direções opostas, a 2400 rotações por minuto.

https://mars.nasa.gov (consultado em 18/10/2021). (Texto adaptado)

**1.1.** Com os dados do altímetro, os engenheiros confirmaram o sucesso do primeiro voo de teste, em que o helicóptero apenas efetuou uma trajetória vertical.

Na Figura 1, encontra-se representado o gráfico da altitude do helicóptero, $y$, em função do tempo, $t$.

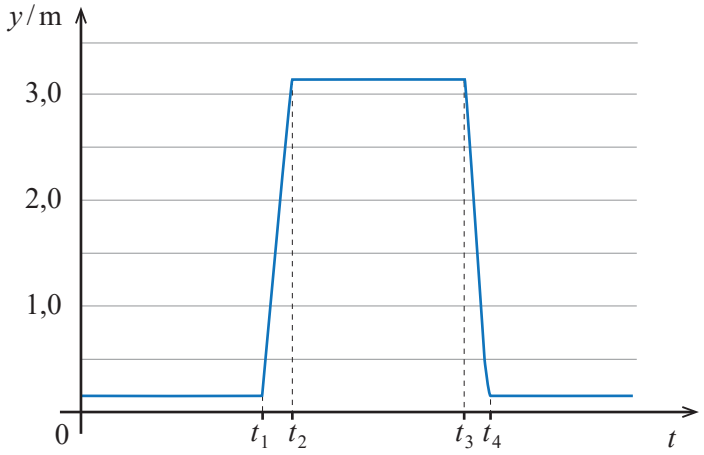



Figura 1

https://mars.nasa.gov/resources/25820/altimeter-chart-for-ingenuitys-first-flight (consultado em 01/05/2021). (Adaptado)

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

✱ **1.1.1.** O gráfico da Figura 1 permite concluir que,

**(A)** entre $0$ e $t_1$, o helicóptero se afastou do ponto de partida.

**(B)** entre $t_1$ e $t_2$, o movimento do helicóptero foi uniformemente acelerado.

**(C)** entre $t_2$ e $t_3$, o helicóptero descreveu uma trajetória retilínea.

**(D)** entre $0$ e $t_4$, ocorreu uma inversão no sentido do movimento do helicóptero.

**1.1.2.** Em Marte, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no helicóptero, no deslocamento entre a posição inicial e a altitude máxima, é

**(A)** 54 J.

**(B)** 18 J.

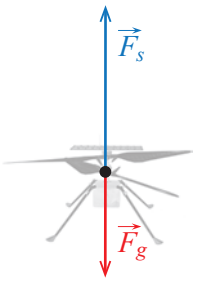
**(C)** −18 J.

**(D)** −54 J.

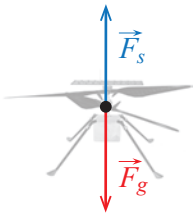
✱ **1.1.3.** Considere uma parte do percurso em que o helicóptero se move com velocidade constante.

Qual das opções pode representar, na mesma escala, as forças que atuam no helicóptero: a força de sustentação gerada pela rotação das hélices, $\vec{F}_s$, e a força gravítica, $\vec{F}_g$ ?

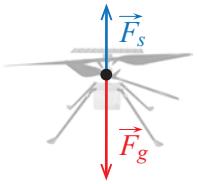
**(A)**



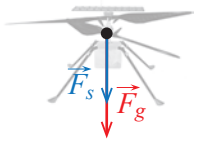

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**1.2.** Qual das expressões seguintes permite calcular, em $\mathrm{m\ s^{-1}}$, o módulo da velocidade de um ponto na extremidade de uma hélice do helicóptero?

**(A)** $\dfrac{2\pi \times 0{,}6 \times 60}{2400}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

**(B)** $\dfrac{2\pi \times 1{,}2 \times 60}{2400}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

**(C)** $\dfrac{2\pi \times 0{,}6 \times 2400}{60}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

**(D)** $\dfrac{2\pi \times 1{,}2 \times 2400}{60}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

**✱ 1.3.** A entrada da sonda na atmosfera de Marte foi uma das fases críticas da missão. A interação da sonda com a atmosfera provocou um aumento significativo da temperatura do seu revestimento.

Numa aproximação à situação real, esquematiza-se na Figura 2, que não está à escala, uma parte de um percurso retilíneo da sonda ao entrar na atmosfera marciana, entre a posição A e a posição B.

Admita que, sobre a sonda, atuam três forças constantes: a força gravítica, $\vec{F}_g$, uma força perpendicular à trajetória, $\vec{F}$, e a força de arrasto (força de atrito aerodinâmico), $\vec{F}_a$.

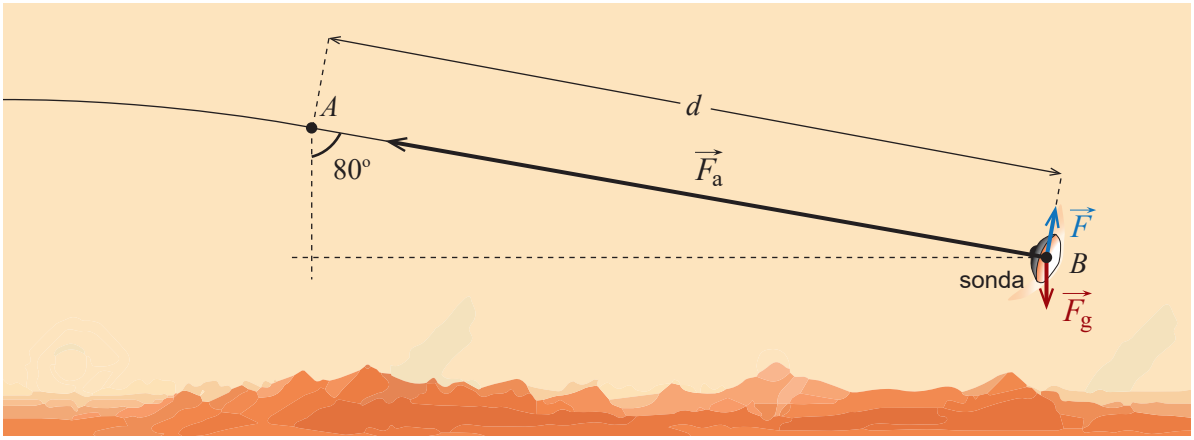



Figura 2

Admita que a sonda, de massa $1050\ \text{kg}$, passa pela posição A com uma velocidade de $16\ 500\ \text{km h}^{-1}$ e descreve uma trajetória que faz um ângulo de $80^\text{o}$ com a vertical.

Considere que, no percurso entre A e B:

– a sonda perde 55% da sua energia cinética inicial;

– a intensidade da força de arrasto é, em média, 30 vezes superior à da força gravítica.

Determine a distância percorrida, $d$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**2.** Para preparar uma futura expedição a Marte, na missão *Mars 2020* seguiu o módulo MOXIE. Este dispositivo foi concebido para testar, pela primeira vez, a produção local de dioxigénio, $O_2$, a partir do dióxido de carbono, $CO_2$, existente na atmosfera marciana, de acordo com as semirreações traduzidas por

**(1)** $CO_2 + 2\ e^- \longrightarrow CO + O^{2-}$

**(2)** $2\ O^{2-} \longrightarrow 4\ e^- + O_2$

*** 2.1.** Na semirreação representada em **(1)**, a variação do número de oxidação do carbono é

**(A)** $+2$, sendo o $CO_2$ a espécie oxidante.

**(B)** $-2$, sendo o $CO_2$ a espécie oxidante.

**(C)** $+2$, sendo o $CO_2$ a espécie redutora.

**(D)** $-2$, sendo o $CO_2$ a espécie redutora.

*** 2.2.** Calcule o número de módulos MOXIE necessários para produzir $1000\ kg$ de $O_2$ em 365 dias.

Considere que o módulo MOXIE consegue retirar, por hora, $16{,}70\ g$ de $CO_2$ da atmosfera marciana e que a transformação de $CO_2$ em $O_2$ tem um rendimento de $50\%$.

Admita que a duração de um dia em Marte é aproximadamente igual à de um dia terrestre.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**3.** A procura de vida extraterrestre envolve a deteção de substâncias cuja existência pode ser indicadora da presença de vida.

*** 3.1.** O metano, $CH_4$, é uma dessas substâncias e já foi detetado em Marte.

A molécula de $CH_4$ apresenta geometria

**(A)** piramidal trigonal e é polar.

**(B)** tetraédrica e é polar.

**(C)** piramidal trigonal e é apolar.

**(D)** tetraédrica e é apolar.

*** 3.2.** A descoberta da origem do metano, $CH_4$ $(M = 16{,}05\ \text{g mol}^{-1})$, em Marte irá, provavelmente, requerer medições isotópicas.

No planeta Terra, o carbono apresenta dois isótopos estáveis, o carbono-12 $(^{12}C)$ e o carbono-13 $(^{13}C)$. A fração molar do isótopo $^{13}C$ no carbono é $0{,}0108$.

Calcule o número de átomos do isótopo carbono-13 presentes numa amostra de $1000\ \text{g}$ de $CH_4$ terrestre.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**3.3.** Num átomo de carbono, no estado fundamental, existem

**(A)** quatro eletrões de valência distribuídos por duas orbitais.

**(B)** quatro eletrões de valência distribuídos por três orbitais.

**(C)** dois eletrões de valência distribuídos por duas orbitais.

**(D)** dois eletrões de valência distribuídos por uma orbital.

*** 3.4.** Na Figura 3, está representada a fórmula de estrutura da molécula de uma substância presente no solo marciano.

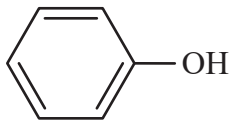



Figura 3

Esta substância pertence à família

**(A)** dos aldeídos.

**(B)** das aminas.

**(C)** das cetonas.

**(D)** dos álcoois.

**4.** Um navio transporta metano, $CH_4$ $(M = 16{,}05\ \text{g mol}^{-1})$, acondicionado em tanques. Um tanque na sua capacidade máxima contém $1{,}17 \times 10^5\ \text{kg}$ de $CH_4$ liquefeito. O $CH_4$ liquefeito tem massa volúmica de $0{,}4241\ \text{g cm}^{-3}$.

*** 4.1.** Calcule a massa máxima de $CH_4$ que seria possível transportar num tanque, caso esta substância se encontrasse no estado gasoso, em condições PTN.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**4.2.** A reação do $CH_4$ com o dioxigénio, $O_2$, em fase gasosa, é traduzida por

$$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(g) \qquad \Delta H = -890\ \text{kJ}$$

**4.2.1.** Na reação completa do $CH_4$ proveniente do tanque do navio de transporte, são

**(A)** libertados $6{,}49 \times 10^{12}\ \text{J}$ de energia.

**(B)** libertados $8{,}90 \times 10^5\ \text{J}$ de energia.

**(C)** consumidos $8{,}90 \times 10^5\ \text{J}$ de energia.

**(D)** consumidos $6{,}49 \times 10^{12}\ \text{J}$ de energia.

**4.2.2.** O dióxido de carbono, $CO_2$, ao reagir com a água da chuva, origina um ácido fraco, o ácido carbónico, $H_2CO_3$.

A primeira ionização do ácido carbónico em água pode ser traduzida por

$$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

Quais são as duas espécies que resultam da segunda ionização do ácido carbónico em água?

**(A)** $CO_2$ e $OH^-$

**(B)** $H_3O^+$ e $CO_2$

**(C)** $CO_3^{2-}$ e $OH^-$

**(D)** $H_3O^+$ e $CO_3^{2-}$

**5.** Nas imediações de um lago, um vulcão entra em erupção, com libertação de grandes quantidades de dióxido de enxofre, $SO_2$. Este gás reage com o dioxigénio atmosférico, $O_2$, transformando-se em trióxido de enxofre, $SO_3$.

Em sistema fechado, esta reação pode ser traduzida por

$$2\ SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ SO_3(g)$$

**5.1.** O gráfico da Figura 4 representa o rendimento da reação de formação do $SO_3$, a diferentes temperaturas, $\theta$, em equilíbrio, à pressão de $1$ atmosfera, em sistema fechado.

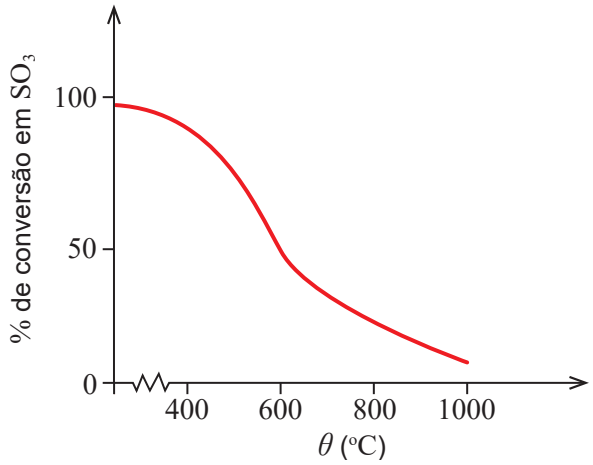



Figura 4

✱ **5.1.1.** A reação considerada, no sentido direto, é _____ , e a constante de equilíbrio à temperatura de $800\ ^oC$ é _____ à constante de equilíbrio à temperatura de $400\ ^oC$.

**(A)** exotérmica ... inferior

**(B)** endotérmica ... inferior

**(C)** exotérmica ... superior

**(D)** endotérmica ... superior

✱ **5.1.2.** Preveja, de acordo com o princípio de Le Châtelier, o que aconteceria ao rendimento de formação de $SO_3$ se, a uma temperatura constante, a pressão aumentasse.

✱ **5.2.** A erupção de um vulcão pode libertar energia suficiente para vaporizar a água de um lago.

Calcule a energia, em unidades SI, necessária para vaporizar $59\ 400\ m^3$ de água no estado líquido, à pressão atmosférica normal.

Admita que, nas condições indicadas:

– a massa volúmica da água é $1{,}00\ g\ cm^{-3}$;

– a temperatura inicial da água é $18{,}0\ ^oC$;

– a entalpia de vaporização da água é $2{,}26 \times 10^3\ kJ\ kg^{-1}$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**5.3.** A cinza vulcânica é responsável pela adição de iões metálicos à água, em lagos e cursos de água.

O hidróxido de ferro(II) é um sal pouco solúvel em água. O seu equilíbrio de solubilidade é expresso por

$$Fe(OH)_2\,(s) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

O produto de solubilidade, $K_s$, é $4{,}10 \times 10^{-15}$, à temperatura $T$.

A solubilidade do hidróxido de ferro(II), em água, à temperatura considerada, é

**(A)** $1{,}27 \times 10^{-5}\ \text{mol dm}^{-3}$.

**(B)** $6{,}40 \times 10^{-8}\ \text{mol dm}^{-3}$.

**(C)** $1{,}01 \times 10^{-5}\ \text{mol dm}^{-3}$.

**(D)** $3{,}20 \times 10^{-8}\ \text{mol dm}^{-3}$.

**5.4.** Para prever erupções vulcânicas, os cientistas monitorizam a atividade sísmica com sismógrafos. Os sismos geram, entre outros tipos de ondas, ondas transversais, S, e ondas longitudinais, P.

O epicentro de um sismo ocorre a $3220\ \text{km}$ de uma estação sismográfica, sendo as ondas S detetadas $4{,}8$ minutos depois das ondas P.

Admita uma propagação em linha reta e considere que as velocidades das ondas P e S se mantêm constantes durante o percurso.

A velocidade de propagação das ondas P é $8{,}0\ \text{km s}^{-1}$. Qual é a velocidade de propagação das ondas S?

**(A)** $7{,}9\ \text{km s}^{-1}$

**(B)** $3{,}2\ \text{km s}^{-1}$

**(C)** $4{,}7\ \text{km s}^{-1}$

**(D)** $11{,}2\ \text{km s}^{-1}$

**6.** Num percurso pedestre no litoral algarvio, um rapaz encontra aos seus pés uma abertura na rocha. Ao olhar para o seu interior, observa que se trata de uma cavidade de desenvolvimento vertical, de profundidade elevada, sobre a água. Este tipo de cavidades designa-se algar.

Pela abertura do algar, o rapaz deixa cair verticalmente uma pedra, como se representa na Figura 5.

*** 6.1.** O som da pedra a bater na água é ouvido $3{,}0\ \text{s}$ depois de a pedra ser largada.

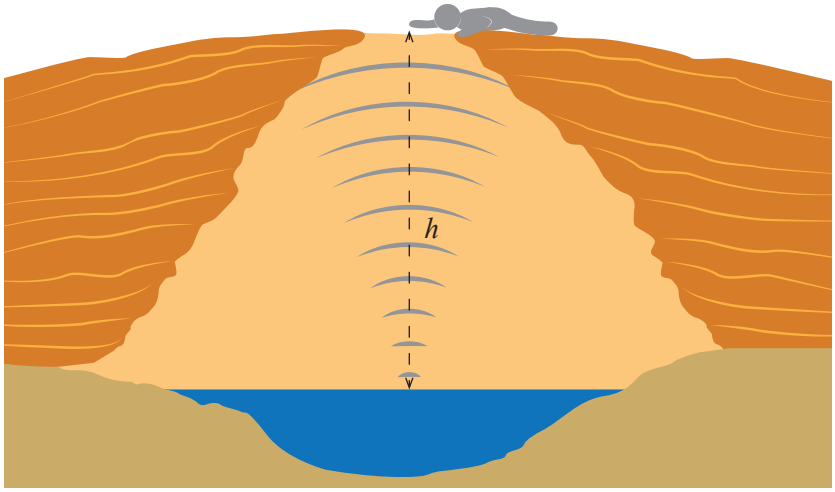



Figura 5

Admita que a velocidade do som no ar é $340\ \text{m s}^{-1}$ e que a resistência do ar é desprezável.

Mostre que, para a distância percorrida, $h$, a razão entre o tempo de queda, $t_q$, da pedra e o tempo de propagação do som, $t_s$, é $24 \left( \frac{t_q}{t_s} = 24 \right)$.

**6.2.** A queda vertical da pedra na superfície da água origina uma onda circular, tal como se representa na Figura 6. Na imagem, as zonas mais claras correspondem a cristas, e as zonas mais escuras correspondem a vales.

Admita um diâmetro, $D$, de $3{,}0\ \text{m}$.

Entre o instante em que a pedra atinge a água e o instante em que a frente de onda atinge a margem, o intervalo de tempo decorrido é $3{,}0\ \text{s}$.

A onda que se propaga na água tem

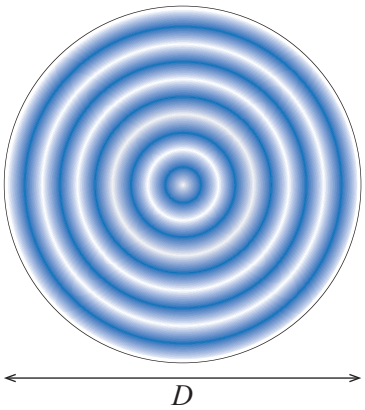



Figura 6

**(A)** uma frequência de $3{,}3\ \text{Hz}$.

**(B)** um comprimento de onda de $0{,}6\ \text{m}$.

**(C)** uma frequência de $1{,}7\ \text{Hz}$.

**(D)** um comprimento de onda de $1{,}0\ \text{m}$.

**7.** Com o objetivo de determinar as características de uma pilha, um grupo de alunos montou um circuito elétrico, constituído por uma pilha, uma resistência variável e um interruptor. Foram também instalados dois aparelhos de medida (um voltímetro e um amperímetro), tal como se esquematiza na Figura 7.

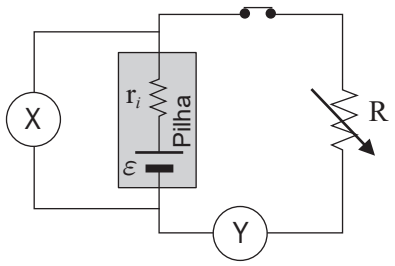



Figura 7

*** 7.1.** O voltímetro é o aparelho de medida representado por

**(A)** X e está instalado em paralelo com a pilha.

**(B)** X e está instalado em série com a pilha.

**(C)** Y e está instalado em paralelo com a pilha.

**(D)** Y e está instalado em série com a pilha.

*** 7.2.** A força eletromotriz da pilha pode ser determinada antes da montagem do circuito, através de uma única medição direta.

Descreva esse procedimento e explique o seu fundamento.

*** 7.3.** Na tabela seguinte, estão registados os valores da diferença de potencial, $U$, e da corrente elétrica, $I$, medidos para cada valor de resistência elétrica introduzida no circuito.

| **Ensaios** | **1.º** | **2.º** | **3.º** | **4.º** | **5.º** | **6.º** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $U$ / V | 8,41 | 8,05 | 7,58 | 6,01 | 6,31 | 5,70 |
| $I$ / A | 0,10 | 0,21 | 0,32 | 0,38 | 0,61 | 0,74 |

Ao traçar o gráfico de $U$, em função de $I$, os alunos perceberam que um dos pares de valores experimentais não acompanhava a tendência linear dos restantes. Na determinação das características da pilha, decidiram eliminar esse par de valores.

Apresente as características da pilha, com dois algarismos significativos.

Na resposta:

– identifique o par de valores experimentais que os alunos eliminaram;

– apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de $U$, em função de $I$ (para os cinco ensaios considerados).

**FIM**

**1.** O Sol emite luz, mas também fluxos de partículas que constituem o vento solar.

Estas partículas carregadas eletricamente, como protões, eletrões e iões de hélio, interagem com o campo magnético terrestre, deformando-o.

*** 1.1.** A Figura 1 ilustra a deformação do campo magnético terrestre por interação com o vento solar.

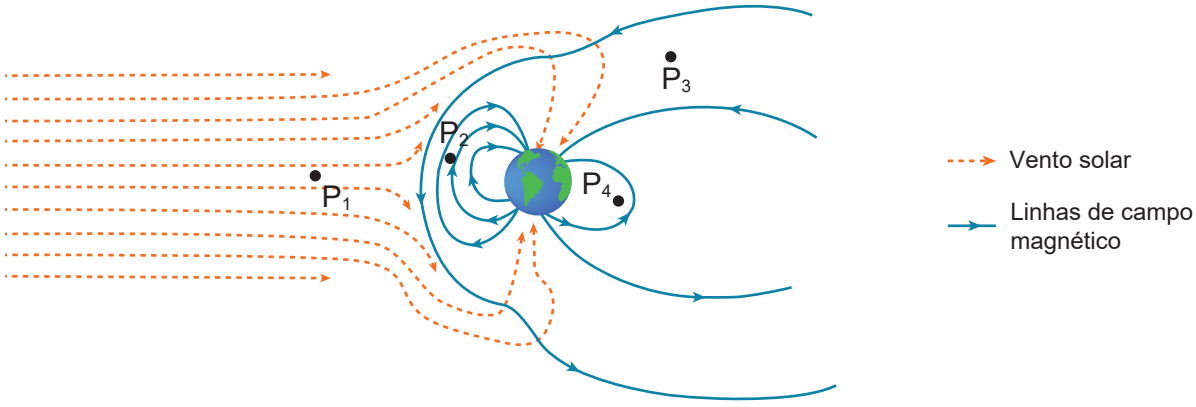



Figura 1

O módulo do campo magnético é maior

**(A)** em $P_1$ do que em $P_4$.

**(B)** em $P_3$ do que em $P_2$.

**(C)** em $P_2$ do que em $P_4$.

**(D)** em $P_1$ do que em $P_2$.

**1.2.** As partículas energéticas constituintes do vento solar, ao entrarem na alta atmosfera terrestre, provocam manifestações de luz conhecidas por auroras. As auroras mais comuns apresentam cor verde, o que se deve, essencialmente, à presença de oxigénio atómico.

**1.2.1.** Na alta atmosfera terrestre, encontra-se oxigénio atómico, mas raramente se encontra nitrogénio atómico, porque a ligação covalente _____ na molécula de dinitrogénio tem _____ energia de ligação do que a ligação covalente na molécula de dioxigénio.

**(A)** dupla ... menor

**(B)** dupla ... maior

**(C)** tripla ... menor

**(D)** tripla ... maior

*** 1.2.2.** A cor observada nas auroras mais comuns deve-se à _____ de radiação, associada a transições eletrónicas para níveis de energia _____ do átomo de oxigénio.

**(A)** emissão ... inferiores

**(B)** emissão ... superiores

**(C)** absorção ... inferiores

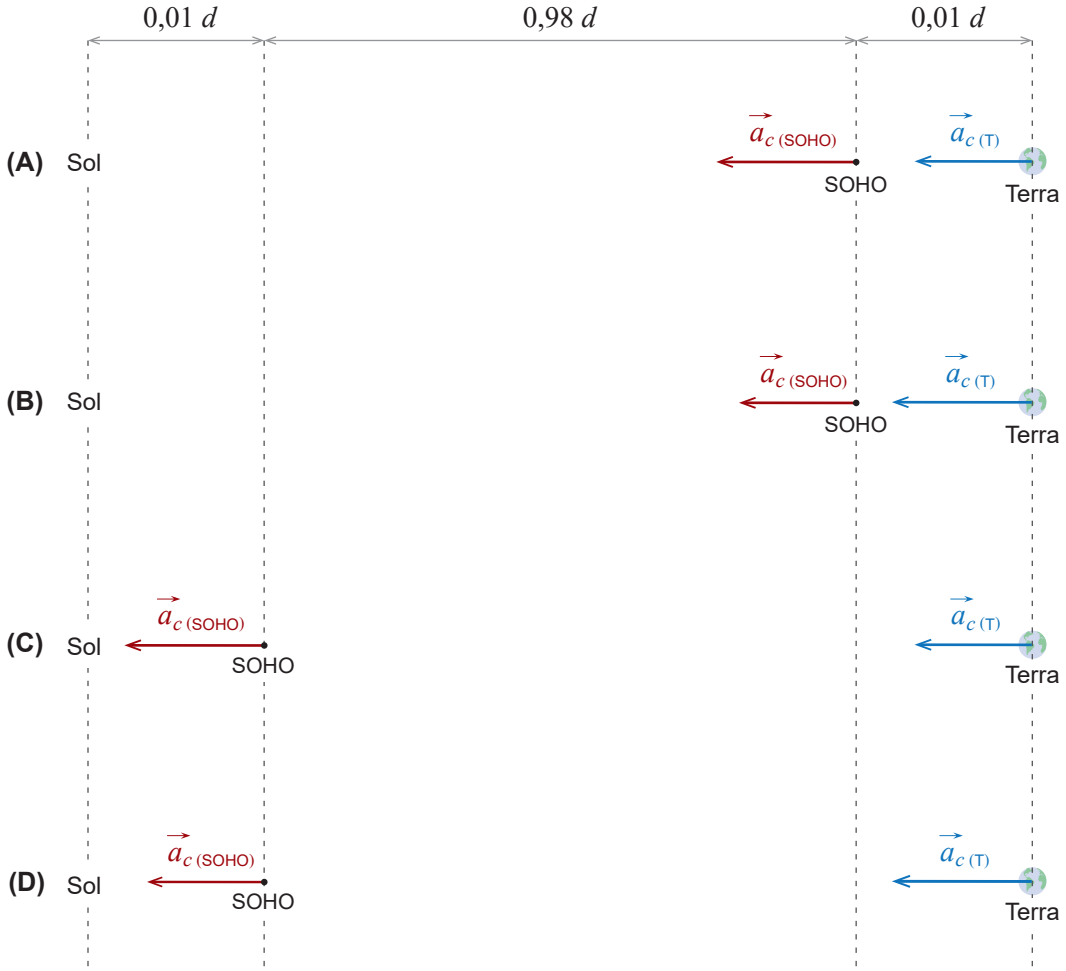
**(D)** absorção ... superiores

**1.3.** O satélite de observação solar SOHO contém instrumentos que permitem estudar distúrbios do vento solar.

**1.3.1.** O SOHO orbita o Sol com movimento circular uniforme e com o mesmo período orbital da Terra. Nos diagramas que se seguem, considere $d$ a distância média da Terra ao Sol.

Admita que a distância do SOHO ao Sol é 99 vezes superior à distância do SOHO à Terra.

Qual dos diagramas (**A**, **B**, **C** ou **D**) pode representar as acelerações centrípetas, na mesma escala, no SOHO, $\vec{a}_{c\,(\text{SOHO})}$, e na Terra, $\vec{a}_{c\,(\text{T})}$?




**1.3.2.** O satélite SOHO está equipado com painéis fotovoltaicos.

Considere que a potência média da radiação solar por unidade de área, na órbita do satélite, é $1370\ \text{W m}^{-2}$ e que o conjunto de painéis fotovoltaicos instalados no satélite tem um rendimento médio de $20\%$. Admita que a potência útil dos painéis é $1500\ \text{W}$.

Qual das expressões seguintes permite calcular a área total de painéis fotovoltaicos no SOHO?

**(A)** $\frac{1500 \times 0{,}20}{1370}\ m^2$

**(B)** $\frac{1500}{1370 \times 0{,}20}\ m^2$

**(C)** $\frac{1370 \times 0{,}20}{1500}\ m^2$

**(D)** $\frac{1370}{1500 \times 0{,}20}\ m^2$

**2.** Uma rapariga deixa-se baloiçar presa numa corda inextensível, que está atada a um coqueiro, como se representa na Figura 2 (que não está à escala).

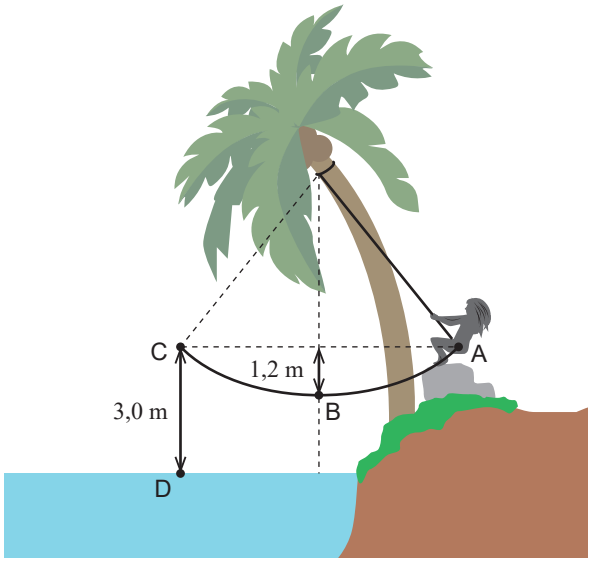



Figura 2

A rapariga parte do repouso em A e oscila presa à corda até C, passando pelo ponto intermédio, B. Em A e em C, a rapariga encontra-se à mesma altura, considerando-se como nível de referência a superfície da água.

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

Considere a superfície da água como o nível de referência da energia potencial gravítica.

**2.1.** No movimento da rapariga entre os pontos A e B,

**(A)** a variação da energia cinética da rapariga é nula.

**(B)** apenas atuam, no CM da rapariga, forças conservativas.

**(C)** apenas atuam, no CM da rapariga, forças não conservativas.

**(D)** a variação da energia mecânica do sistema *rapariga + Terra* é nula.

**✱ 2.2.** Ao atingir o ponto C, a rapariga larga a corda e cai verticalmente, atingindo a superfície da água no ponto D.

Mostre que a razão entre o módulo da velocidade da rapariga no ponto D, $v_D$, e o módulo da velocidade da rapariga no ponto B, $v_B$, ou seja, $\frac{v_D}{v_B}$, é $1{,}6$.

**3.** No laboratório da escola, um grupo de alunos realizou uma atividade experimental que consistia na medição de volumes de água e das massas respetivas. Os alunos usaram uma bureta graduada, um gobelé e uma balança digital.

Considere a temperatura constante ao longo de toda a atividade e que a massa do gobelé, vazio e seco, é $68{,}82\ \text{g}$.

**3.1.** Os alunos mediram o volume de água escoada para um gobelé.

A Figura 3 ilustra parte da bureta, graduada em $\text{cm}^3$, estando representado o nível de água observado no início $(\text{I})$ e no final $(\text{II})$ de um dos ensaios.

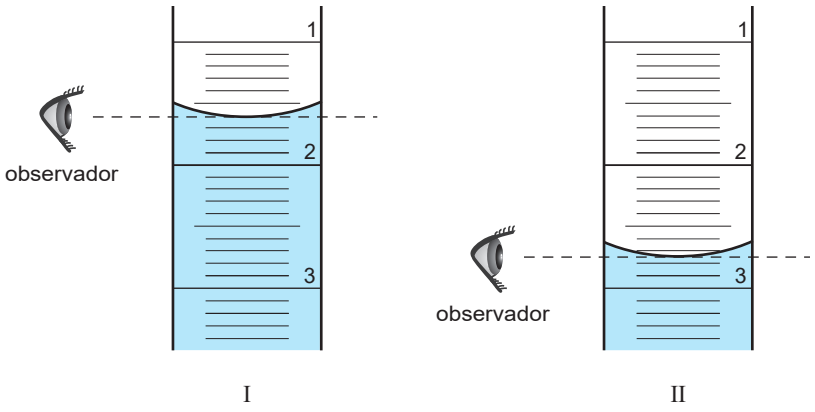



Figura 3

A incerteza da leitura é _____ , e o volume de água escoada no ensaio é _____ .

**(A)** $0{,}05\ \text{cm}^3 \ldots 1{,}15\ \text{cm}^3$

**(B)** $0{,}05\ \text{cm}^3 \ldots 0{,}85\ \text{cm}^3$

**(C)** $0{,}10\ \text{cm}^3 \ldots 1{,}15\ \text{cm}^3$

**(D)** $0{,}10\ \text{cm}^3 \ldots 0{,}85\ \text{cm}^3$

*** 3.2.** Na tabela estão registados os valores do volume, $V$, de água escoada para o gobelé e da massa, $m$, de água correspondente.

Calcule a massa de água correspondente ao volume de $61{,}0\ \text{cm}^3$.

Na resposta:

– apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de $m$ em função de $V$;

– apresente o valor solicitado com três algarismos significativos.

Apresente todos os cálculos efetuados.

| $V$ / cm$^3$ | $m$ / g |
|---|---|
| 17,30 | 15,69 |
| 32,83 | 33,54 |
| 50,25 | 49,85 |
| 69,71 | 67,13 |
| 84,04 | 82,24 |

✱ **3.3.** Um outro grupo de alunos efetuou a mesma atividade experimental, utilizando o mesmo material, tendo cometido um erro que foi detetado aquando do traçado do gráfico da Figura 4.

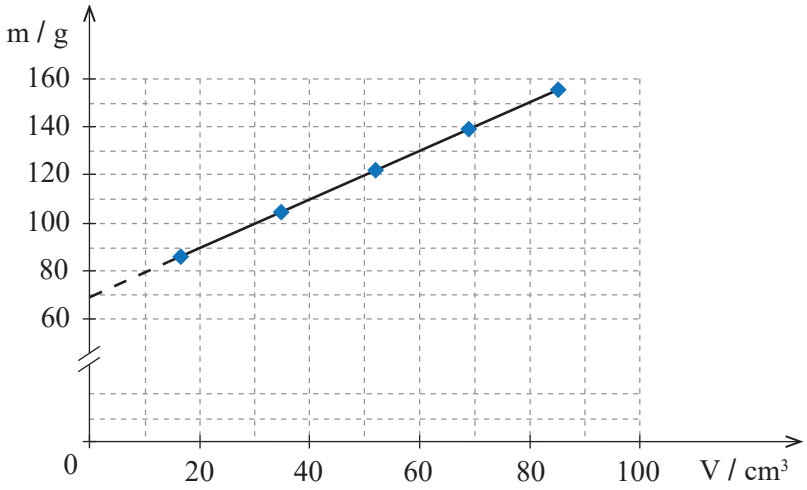



Figura 4

Identifique o erro sistemático cometido pelos alunos e justifique a sua resposta com base na análise do gráfico.

**4.** Na Figura 5, está esquematizado um processo laboratorial destinado a estudar o aquecimento de uma amostra de água. Montou-se um circuito elétrico com uma pilha, um interruptor e uma resistência de imersão, R. Neste circuito, foram instalados dois aparelhos de medida, um voltímetro e um amperímetro.

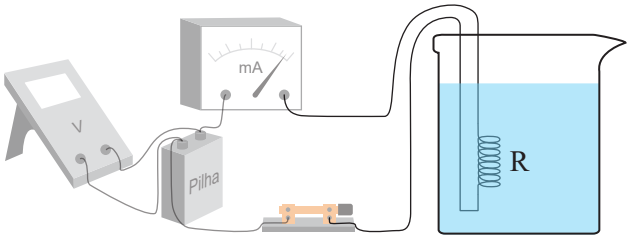
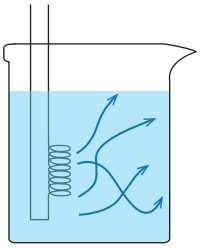


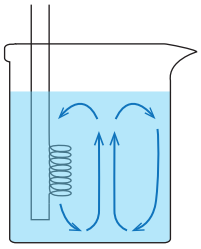

Figura 5

✱ **4.1.** Qual das opções seguintes pode representar o processo responsável pelo aquecimento da água nesta experiência?

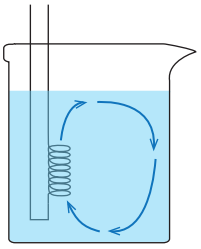
**(A)**



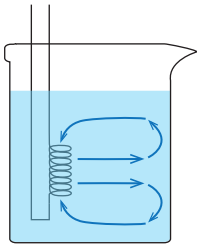
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**✱ 4.2.** Num ensaio, foi aquecida uma amostra de água durante 10 minutos, usando-se uma resistência elétrica de imersão. Mediu-se a diferença de potencial, $U$, de $8{,}17\ \text{V}$ nos terminais da resistência e a corrente elétrica, $I$, de $700\ \text{mA}$ no circuito. Admita que estes valores se mantiveram constantes ao longo do ensaio.

Qual a energia dissipada pela resistência, por efeito Joule, durante este ensaio?

**(A)** $4{,}9\ \text{kJ}$

**(B)** $3{,}4\ \text{kJ}$

**(C)** $1{,}7\ \text{kJ}$

**(D)** $5{,}7\ \text{kJ}$

**5.** Considere o equilíbrio químico entre o tetróxido de dinitrogénio, $N_2O_4$, e o dióxido de nitrogénio, $NO_2$.

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\ NO_2(g) \qquad \Delta H = 58{,}5\ \text{kJ}$$

À temperatura de $25\ ^{\circ}\text{C}$, a constante de equilíbrio, $K_c$, é $4{,}63 \times 10^{-3}$.

**✱ 5.1.** Num reator de $7{,}50\ \text{dm}^3$, introduziram-se $3{,}0\ \text{mol}$ de $N_2O_4(g)$, à temperatura de $25\ ^{\circ}\text{C}$. Calcule a fração molar do $NO_2(g)$ quando o sistema atingiu o equilíbrio, àquela temperatura.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**✱ 5.2.** Noutro reator, foi introduzido $NO_2$. A Figura 6 mostra as variações das concentrações, em $\text{mol dm}^{-3}$, de $NO_2(g)$ e de $N_2O_4(g)$ até o equilíbrio ser atingido, à temperatura T.

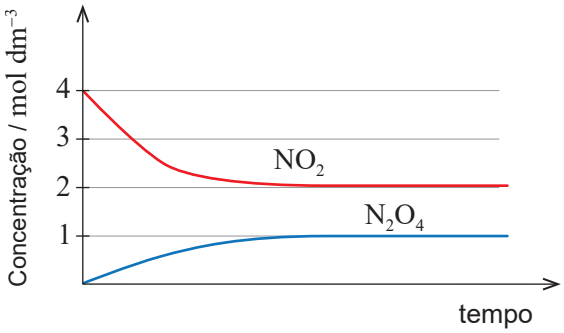



Figura 6

Conclua, justificando, se a temperatura T é maior, menor ou igual a $25\ ^{\circ}\text{C}$.

**5.3.** Para produzir o $NO_2(g)$, recorreu-se a uma reação de oxidação-redução entre o ácido nítrico, $HNO_3$, e o cobre, traduzida por

$$Cu(s) + 4\ HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2\ NO_2(g) + 2\ H_2O(l)$$

O número de oxidação do nitrogénio na molécula de $HNO_3$ é

**(A)** $+5$, e esta é a espécie oxidante.

**(B)** $+6$, e esta é a espécie oxidante.

**(C)** $+5$, e esta é a espécie redutora.

**(D)** $+6$, e esta é a espécie redutora.

**5.4.** No laboratório, existe uma solução concentrada de $HNO_3$ $(M = 63{,}02\ g\ mol^{-1}$; $K_a$ muito elevado$)$, com $68\%$ (em massa) de $HNO_3$ e massa volúmica $1{,}41\ g\ cm^{-3}$.

*** 5.4.1.** Calcule o volume de solução concentrada que é necessário para preparar $250\ cm^3$ de uma solução diluída de $HNO_3$ com pH de $0{,}30$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 5.4.2.** Qual é o par ácido-base conjugado resultante da ionização do ácido nítrico em água?

**(A)** $HNO_3$ / $H_2O$

**(B)** $HNO_3$ / $NO_3^-$

**(C)** $H_2O$ / $NO_3^-$

**(D)** $H_3O^+$ / $NO_3^-$

**6.** Um avião a jato, de massa $m$ (em kg), aterra com pouco combustível na pista retilínea de um porta-aviões, de acordo com a Figura 7, que não está à escala.

No momento em que atinge a pista, o módulo da velocidade do avião é $65\ m\ s^{-1}$. Durante a aterragem, um cabo de retenção, CR, provoca uma desaceleração progressiva do avião, na secção horizontal da pista.

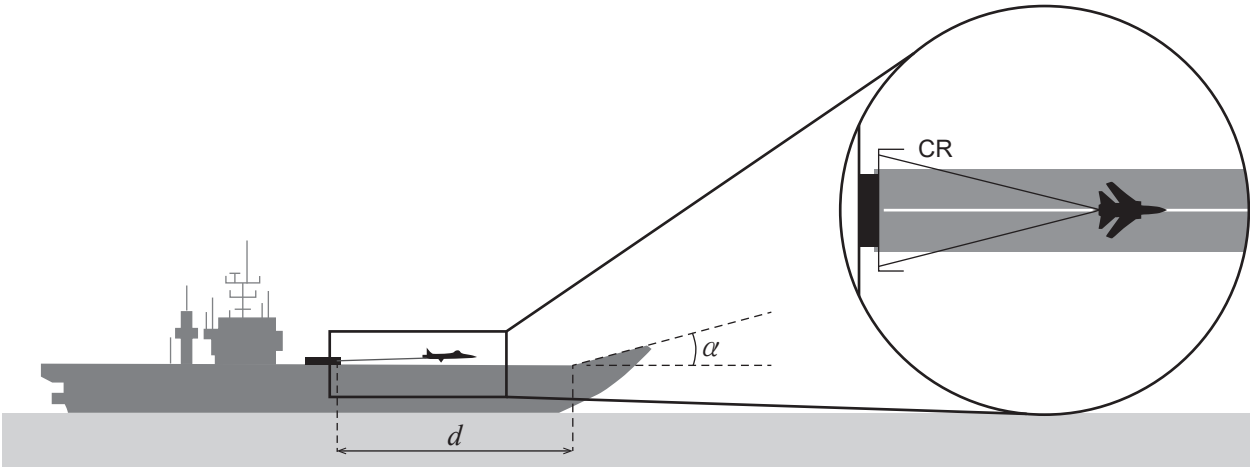



Figura 7

Admita que o cabo de retenção é responsável por uma diminuição de $91{,}5\%$ da velocidade inicial do avião, mas sofre rotura ao fim de $3{,}5$ s.

Aos $7{,}8$ s, o avião acaba por se imobilizar na secção inclinada da pista.

Na Figura 8, apresenta-se o gráfico do módulo da resultante das forças que atuam no avião durante a aterragem, em função do tempo.

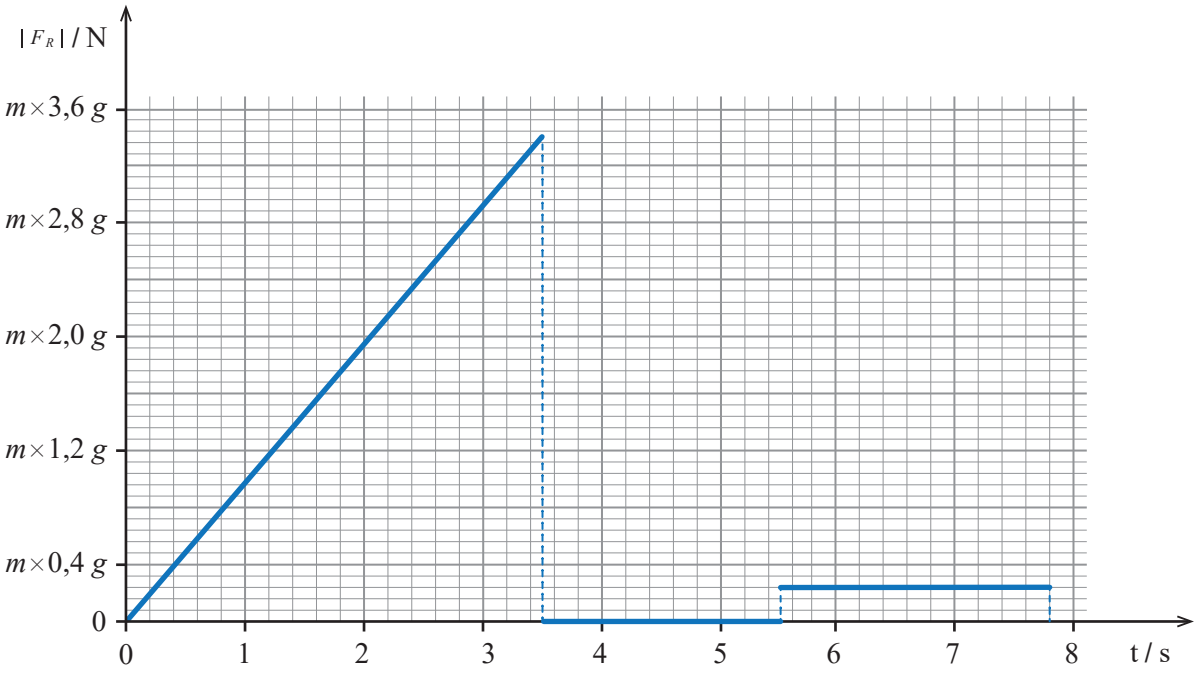



Figura 8

Considere que o avião pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que as forças de atrito e de resistência do ar são desprezáveis.

**6.1.** O gráfico da Figura 8 permite concluir que o avião apresenta, entre

**(A)** 0 s e 3,5 s, movimento uniformemente retardado e, entre 3,5 s e 5,5 s, movimento uniforme.

**(B)** 0 s e 3,5 s, movimento uniformemente retardado e, entre 5,5 s e 7,8 s, movimento uniforme.

**(C)** 3,5 s e 5,5 s, velocidade constante e, entre 5,5 s e 7,8 s, aceleração de módulo constante.

**(D)** 3,5 s e 5,5 s, aceleração de módulo constante e, entre 5,5 s e 7,8 s, velocidade constante.

✱ **6.2.** Na aterragem, o avião percorre, na secção horizontal da pista retilínea, uma distância, $d$, de $169$ m.

No intervalo de tempo $]0{,}0;\ 3{,}5[$ s, o avião percorre _____ do percurso horizontal retilíneo.

**(A)** 73% **(B)** 82% **(C)** 89% **(D)** 93%

✱ **6.3.** Entre $5{,}5$ s e $7{,}8$ s, o avião, sujeito a uma força resultante não nula, percorre uma trajetória retilínea com uma inclinação $\alpha$ em relação à direção horizontal da pista, tal como se representa na Figura 7.

Calcule, a partir da leitura dos valores do gráfico, a amplitude do ângulo $\alpha$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**7.** Na construção de aviões a jato, é utilizado titânio, $Ti(s)$, que pode ser obtido pela reação entre o composto $TiX_4$ (em que $X$ representa genericamente um elemento não metálico) e o magnésio fundido, $Mg(l)$. A reação é expressa por

$$TiX_4(g) + 2\,Mg(l) \longrightarrow Ti(s) + 2\,MgX_2(l)$$

*** 7.1.** Para obtenção de titânio, fez-se reagir $1{,}85 \times 10^5$ mol de $TiX_4$ com $1{,}72 \times 10^3$ kg de $Mg$.

Determine o rendimento da reação ao obter-se $1{,}21 \times 10^3$ kg de $Ti(s)$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**7.2.** O composto $TiX_4$ é um composto molecular de geometria tetraédrica.

A Figura 9 apresenta o espectro do átomo do elemento representado pela letra $X$, obtido por espectroscopia fotoeletrónica (PES), contendo informação de todos os eletrões do átomo deste elemento.

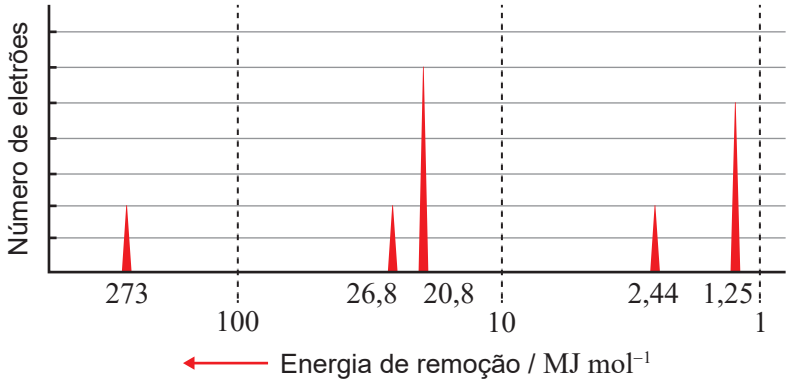



Figura 9

De acordo com o espectro apresentado, pode concluir-se que a primeira energia de ionização deste elemento é

**(A)** $273$ MJ mol$^{-1}$ e o elemento é o flúor.

**(B)** $1{,}25$ MJ mol$^{-1}$ e o elemento é o flúor.

**(C)** $273$ MJ mol$^{-1}$ e o elemento é o cloro.

**(D)** $1{,}25$ MJ mol$^{-1}$ e o elemento é o cloro.

**8.** A Figura 10, que não está à escala, representa uma montagem laboratorial que inclui um espelho e um pentaprisma de vidro transparente.

Um feixe de luz laser, propagando-se inicialmente no ar, é refletido no espelho, entrando no pentaprisma perpendicularmente a uma das suas faces.

Na figura, representa-se ainda parte dos trajetos dos feixes resultantes das sucessivas reflexões e refrações nas faces do prisma.

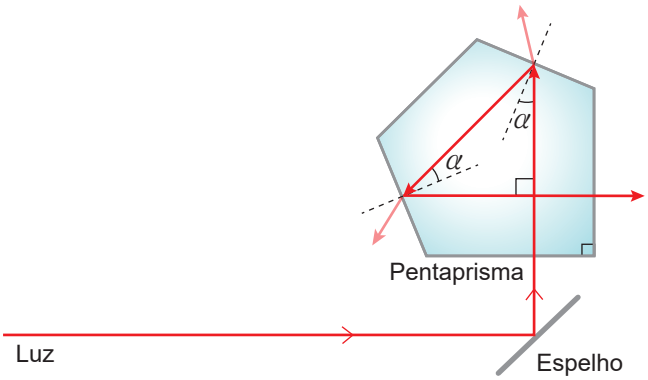



Figura 10

*** 8.1.** Quando o feixe de luz passa do ar para o pentaprisma,

**(A)** mantém-se a frequência, mas o módulo da velocidade de propagação diminui.

**(B)** diminui a frequência, mas o módulo da velocidade de propagação mantém-se.

**(C)** diminui a frequência e diminui o módulo da velocidade de propagação.

**(D)** mantém-se a frequência e mantém-se o módulo da velocidade de propagação.

*** 8.2.** A luz no interior do pentaprisma incide com um mesmo ângulo $\alpha$ em duas faces, refletindo-se tal como se representa na Figura 10.

Considere que o índice de refração do vidro que constitui o pentaprisma é $1{,}52$.

Demonstre que, nestas condições, não ocorre reflexão total da luz no pentaprisma, apresentando todos os cálculos efetuados.

**FIM**

**1.** A água, $H_2O$, é uma substância que apresenta propriedades físicas e químicas particulares.

*** 1.1.** A molécula de água apresenta, no total,

**(A)** oito eletrões, dos quais dois são não ligantes.

**(B)** oito eletrões, dos quais quatro são não ligantes.

**(C)** dez eletrões, dos quais dois são não ligantes.

**(D)** dez eletrões, dos quais quatro são não ligantes.

**1.2.** A água pode ser obtida a partir da reação entre o dioxigénio, $O_2$, e o di-hidrogénio, $H_2$. Tal reação é traduzida por

$$O_2(g) + 2\,H_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(g)$$

Num recipiente fechado, introduziram-se $6\ mol$ de $O_2$ e $10\ mol$ de $H_2$.

Após reação completa,

**(A)** foram obtidas $16\ mol$ de $H_2O(g)$.

**(B)** ficou por reagir $1\ mol$ de $O_2(g)$.

**(C)** foram consumidas $6\ mol$ de $H_2(g)$.

**(D)** ficaram por reagir $2\ mol$ de $H_2(g)$.

*** 1.3.** A água é uma substância que reage com ela própria, ainda que em pequena extensão. A reação de autoionização da água é traduzida por

$$2\,H_2O(l) \rightleftharpoons OH^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

Na tabela seguinte, estão representados os valores do produto iónico da água, $K_w$, a diferentes temperaturas, $\theta$, expressas em $^oC$.

| $\theta$ / $^oC$ | $K_w$ |
|---|---|
| 0 | $0{,}11\times10^{-14}$ |
| 20 | $0{,}68\times10^{-14}$ |
| 40 | $2{,}92\times10^{-14}$ |
| 60 | $9{,}55\times10^{-14}$ |

Explique, com base na análise da tabela, como varia o $pOH$ da água pura em função do aumento da temperatura.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

*** 1.4.** Quando se coloca uma determinada massa de água líquida num congelador, observa-se um aumento do volume da água durante a sua solidificação. Comparativamente à água líquida, o gelo apresenta

**(A)** maior massa volúmica e ligações de hidrogénio mais intensas.

**(B)** maior massa volúmica e ligações de hidrogénio menos intensas.

**(C)** menor massa volúmica e ligações de hidrogénio mais intensas.

**(D)** menor massa volúmica e ligações de hidrogénio menos intensas.

**2.** Num certo local, foi construído um sistema de aquecimento de água de baixo custo, que funciona como a seguir se descreve.

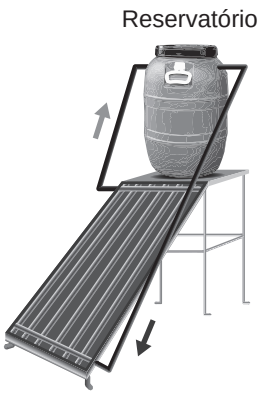
O sistema é constituído por um coletor solar e por um reservatório, encontrando-se este numa posição mais elevada em relação àquele.

A água, que circula no coletor solar dentro de tubos, é aquecida pelo Sol e sobe, por convecção, ao reservatório. A água mais fria do reservatório desce para o coletor. A repetição cíclica deste processo possibilita o aquecimento da água do reservatório.

**2.1.** Nos esquemas seguintes, as setas indicam o sentido da circulação da água.

Qual dos esquemas apresenta a forma mais eficiente de ligar o coletor solar ao reservatório, para aquecer a água do reservatório?

**(A)**




**(B)**




**(C)**




**(D)**




*** 2.2.** O coletor solar foi construído com uma área de $2{,}5\ \text{m}^2$, e o sistema *coletor solar + reservatório* foi cheio com $100\ \text{L}$ de água. Após $7{,}0\ \text{h}$ de exposição solar, a temperatura da água subiu de $23\ ^\circ\text{C}$ para $41\ ^\circ\text{C}$.

Admita que a irradiância solar média, no nível em que o coletor se encontra, é $600\ \text{W m}^{-2}$ e que $\rho_{\text{água}} = 1{,}00\ \text{kg dm}^{-3}$.

Considere desprezável o aquecimento do reservatório por exposição solar direta e a reflexão no coletor solar.

Calcule a energia dissipada neste processo de aquecimento.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**3.** Com vista a uma gestão energética económica e ambientalmente mais sustentável, a administração de uma rede de metropolitano adotou o procedimento seguinte no percurso entre cada duas estações:

– no primeiro quarto do tempo total do percurso, o comboio move-se com aceleração constante;

– de seguida, durante metade do tempo total, mantém uma velocidade constante;

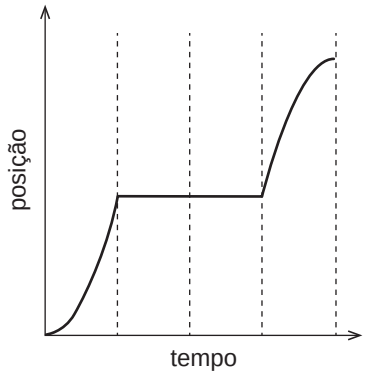
– no último quarto do tempo total, reduz a sua velocidade uniformemente, até parar.

Considere uma trajetória retilínea e horizontal entre duas estações.

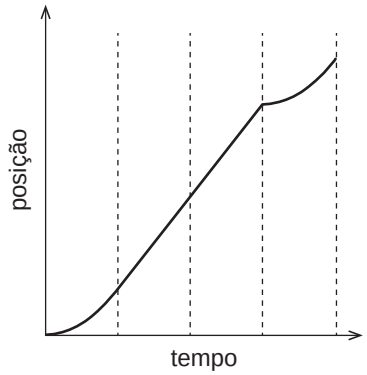
**3.1.** Qual é o esboço do gráfico da posição em função do tempo que melhor corresponde ao movimento desse comboio entre duas estações?

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

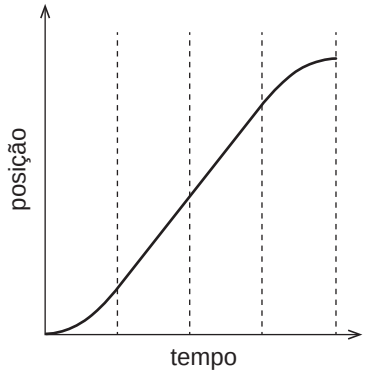
**(A)**



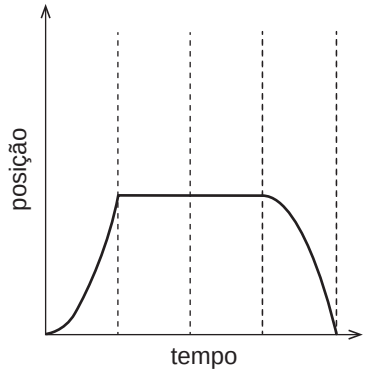

**(B)**




**(C)**




**(D)**



*** 3.2.** Enquanto trabalha no interior de um túnel, um funcionário avista um comboio parado na estação, a $150\ \text{m}$ de distância. Por motivos de segurança, o funcionário imobiliza-se junto à parede do túnel, à espera que o comboio passe.

A Figura 1 representa o movimento do comboio desde que parte da estação até que inicia a sua passagem pelo funcionário com uma velocidade de $10\ \text{m s}^{-1}$.

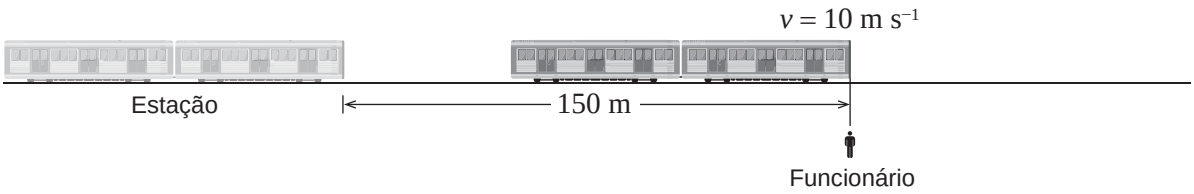



Figura 1

A Figura 2 representa o instante em que a última carruagem passa, na totalidade, pelo funcionário.

Considere que o comboio tem $80\ \text{m}$ de comprimento e que se movimenta com aceleração constante.




Figura 2

Calcule o intervalo de tempo, $\Delta t$ , desde a partida do comboio da estação até que a última carruagem passa pelo funcionário, como se representa na Figura 2.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**4.** Uma das opções de mobilidade sustentável nas cidades passa pelo uso da bicicleta como meio de transporte.

Na Figura 3, que não está à escala, está representada uma ciclista que se desloca numa trajetória retilínea, numa ciclovia. A ciclovia tem um troço horizontal, entre A e B, e um troço de inclinação constante, entre B e C.

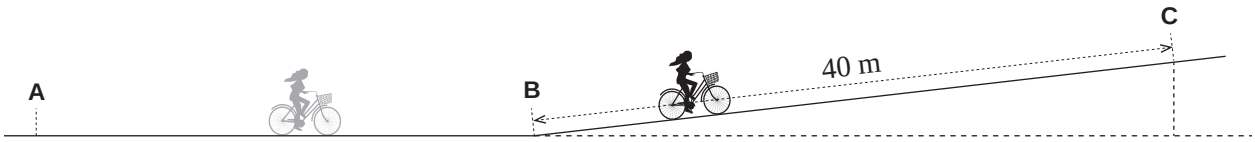



Figura 3

O conjunto, de massa *m*, constituído pela ciclista e pela sua bicicleta não motorizada pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

*** 4.1.** Considere a roda traseira da bicicleta como um sistema fechado.

No troço de A a B, a roda cedeu ao exterior $12\ \text{J}$, como calor, tendo sido realizado sobre ela um trabalho de $22\ \text{J}$.

Qual foi a variação da energia interna da roda?

**(A)** $+34\ \text{J}$

**(B)** $+10\ \text{J}$

**(C)** $-10\ \text{J}$

**(D)** $-34\ \text{J}$

**4.2.** No planeamento das ciclovias, recomenda-se que sejam evitadas rampas com uma inclinação longitudinal superior a $5\%$. Admita que uma inclinação de $5\%$ significa que, por cada $100\ \text{m}$ de pista inclinada percorrida, há um desnível de $5\ \text{m}$ na vertical.

Com o objetivo de determinar a inclinação aproximada do troço entre B e C da ciclovia, foi realizada a seguinte experiência:

– quando a ciclista passou na posição B, observou que o velocímetro da bicicleta marcava $30\ \text{km h}^{-1}$;

– quando iniciou a subida, na posição B, deixou de pedalar, percorrendo $40\ \text{m}$ até parar na posição C.

Admita que, no trajeto de B a C, foi dissipada $30\%$ da energia mecânica do conjunto *ciclista* + *bicicleta* e que as forças dissipativas se mantiveram constantes ao longo de todo o percurso.

Considere o troço horizontal da ciclovia como nível de referência da energia potencial gravítica.

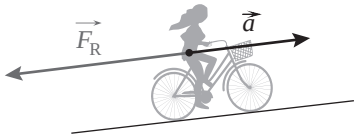
*** 4.2.1.** Verifique se a inclinação da ciclovia cumpre a recomendação indicada.

Mostre como chegou à verificação solicitada, apresentando todos os cálculos efetuados.

**4.2.2.** Nos esquemas seguintes, está representado o conjunto *ciclista* + *bicicleta* durante a realização da experiência, numa posição entre B e C.

Em qual dos esquemas se encontram representados, embora não à escala, o vetor resultante das forças que atuam no conjunto, $\vec{F}_R$, e o vetor aceleração, $\vec{a}$, durante a subida?

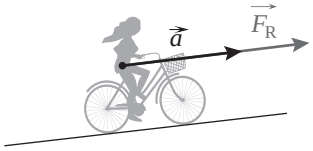
**(A)**



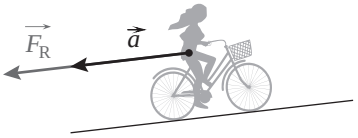

**(B)**




**(C)**

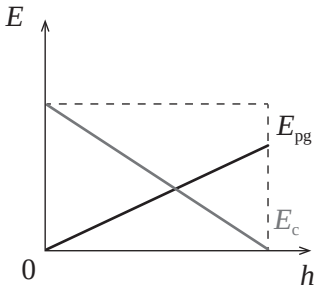



**(D)**

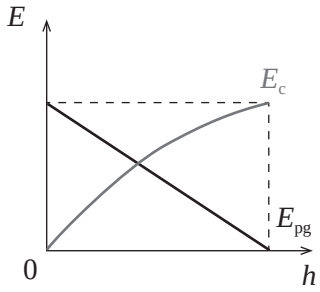



**4.2.3.** Qual das opções seguintes pode representar os esboços dos gráficos da energia cinética, $E_c$, e da energia potencial gravítica, $E_{pg}$, do conjunto *ciclista* + *bicicleta* + *Terra*, em função da altura, *h*, correspondentes ao trajeto de B a C?

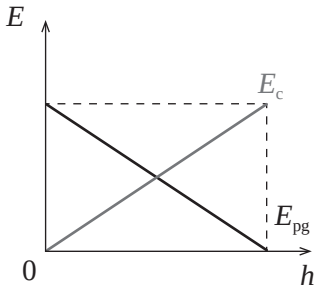
**(A)**



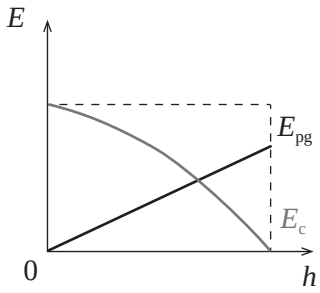

**(B)**




**(C)**




**(D)**



*** 4.2.4.** A indução eletromagnética, que permite a produção de corrente elétrica em muitos dispositivos, foi descoberta por Michael Faraday.

Algumas bicicletas dispõem de faróis cujas lâmpadas estão ligadas a um dínamo, que pode ser semelhante ao representado na Figura 4.

Quando a roda da bicicleta está em movimento, o eixo do dínamo gira, provocando a rotação do íman, e a lâmpada acende-se. Quando a roda está parada, a lâmpada não se acende.

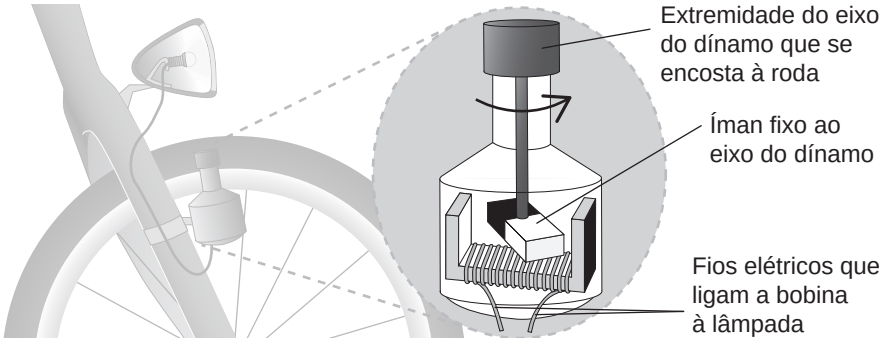



Figura 4

Fonte: www.lowgif.com (consultado em janeiro de 2022). (Figura adaptada)

Explique, com base na lei de Faraday, a diminuição da corrente elétrica induzida no circuito (constituído por dínamo e lâmpada) à medida que a ciclista sobe a rampa, entre B e C, sem pedalar.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

*** 4.3.** As bicicletas têm uma corrente que liga uma roda dentada dianteira, D, movimentada pelos pedais, a uma roda dentada traseira, T, fixa à roda traseira, tal como se representa na Figura 5.

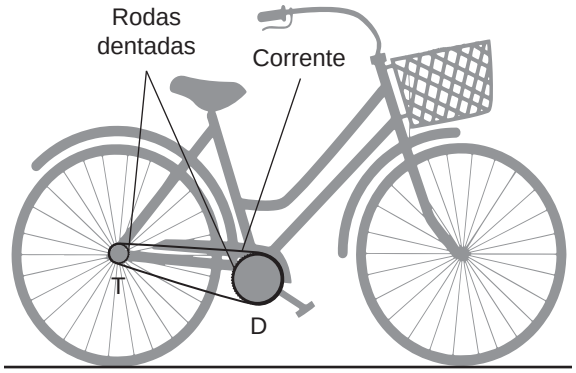



Figura 5

Considere uma rotação completa da roda dentada dianteira, D, em $1\ \text{s}$.

Mostre que, quanto maior for a razão dos raios das duas rodas dentadas, $\frac{r_D}{r_T}$, maior será a frequência de rotação da roda dentada traseira, T.

Comece por relacionar as velocidades lineares das rodas dentadas D e T.

**5.** No âmbito da agricultura inteligente (ou *smart farming*), aposta-se na hidroponia, uma técnica de cultivo de espécies vegetais que não necessita de solo e em que se usam ferramentas tecnológicas.

Esta forma de cultivo mais sustentável pode ser implantada em meio urbano, permite economizar água e reforça a segurança alimentar.

**5.1.** No processo de fotossíntese, as plantas não necessitam de absorver radiação em todo o espectro da luz visível. A *clorofila a*, nos cloroplastos das plantas, absorve fundamentalmente radiação com comprimentos de onda de $430\ \text{nm}$ e de $660\ \text{nm}$.

Em hidroponia, utilizam-se circuitos com associações de vários LED, que emitem, cada um deles, radiação com um dos comprimentos de onda referidos anteriormente.

Na Figura 6, representam-se curvas características de dois tipos de LED, X e Y, que poderão ser utilizados em iluminação em estações hidropónicas.

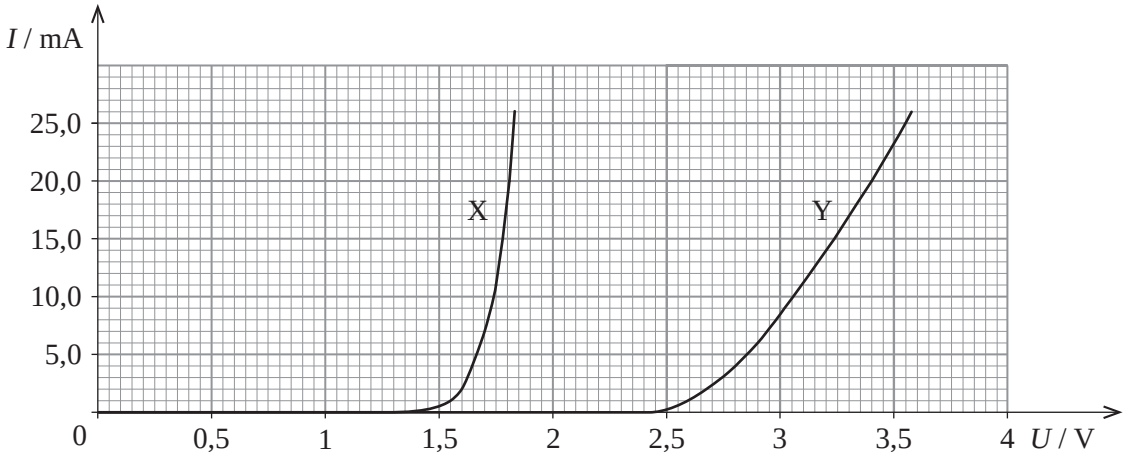



Figura 6

*** 5.1.1.** Para testar a adequação de dois LED, 1 e 2, montou-se um circuito elétrico no qual estes foram associados em paralelo com uma pilha ideal (de resistência interna nula) de força eletromotriz $9{,}0\ \text{V}$.

O circuito elétrico inclui ainda um aparelho de medida (amperímetro) e duas resistências elétricas, R e outra, de $360\ \Omega$, de acordo com a Figura 7.

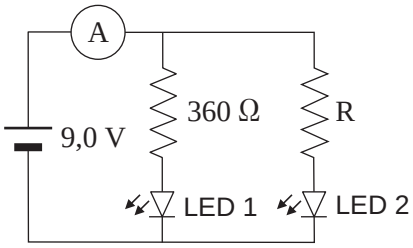



Figura 7

Para preservar a longevidade e o bom funcionamento dos LED, a corrente elétrica que atravessa cada LED não pode exceder $20\ \text{mA}$.

Dada esta condição, para uma corrente elétrica de $40\ \text{mA}$, lida no amperímetro, o valor de R é

**(A)** $280\ \Omega$, e o LED 2 corresponde ao LED Y da Figura 6.

**(B)** $225\ \Omega$, e o LED 2 corresponde ao LED Y da Figura 6.

**(C)** $280\ \Omega$, e o LED 2 corresponde ao LED X da Figura 6.

**(D)** $225\ \Omega$, e o LED 2 corresponde ao LED X da Figura 6.

*** 5.1.2.** Para determinar o comprimento de onda da componente espectral de maior intensidade da radiação emitida por um LED, realizou-se uma atividade experimental de difração.

A montagem experimental está esquematizada na Figura 8.

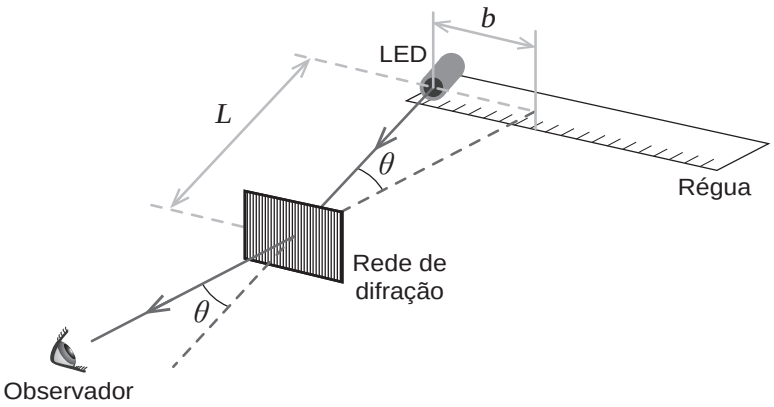



Figura 8

Com uma rede de difração de $1000$ linhas por $\text{mm}$, situada a uma dada distância, $L$, do LED ligado, observa-se um espectro, estando a cor da componente espectral de maior intensidade a uma dada distância, $b$, do LED.

O comprimento de onda, $\lambda$, da componente espectral de maior intensidade pode ser obtido a partir da expressão

$$d \, sen \, \theta = n \, \lambda$$

em que:

– $n$ corresponde à ordem do máximo (o primeiro máximo visível tem $n = 1$);

– $d$ representa a distância entre o centro de duas linhas consecutivas na rede de difração;

– $\theta$ representa o ângulo entre a direção perpendicular à rede de difração e a direção entre o observador e o primeiro máximo da componente espectral.

Num dos ensaios realizados, mediu-se uma distância $L$ de $150 \text{ mm}$ e obteve-se uma distância $b$ de $72 \text{ mm}$.

Calcule o comprimento de onda da componente espectral de maior intensidade do LED.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 5.2.** Nesta técnica, utilizam-se estações hidropónicas constituídas por várias unidades.

Uma determinada unidade hidropónica beneficia de um enriquecimento do ar em dióxido de carbono, $CO_2$, para valores de $800 \text{ ppm}$ (em volume). A percentagem de referência de $CO_2$ no ar é $0{,}038\%$ (em volume).

Admita que o volume de ar da unidade hidropónica é $3{,}0 \text{ dm}^3$ e que, nas condições de pressão e temperatura desta unidade, o volume molar é $24{,}0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

Calcule o aumento da quantidade de $CO_2$, na unidade hidropónica, caso se proceda ao referido enriquecimento do ar em $CO_2$, nas condições de pressão e temperatura indicadas.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**5.3.** Durante o período de crescimento das espécies vegetais utiliza-se o ião potássio em soluções aquosas.

Para preparar uma solução aquosa de sulfato de potássio, $K_2SO_4\,(aq)$, diluída, adicionaram-se iguais volumes de água dura, com uma concentração de $Ca^{2+}$ de $0{,}010\ mol\ dm^{-3}$, e de uma solução de $K_2SO_4\,(aq)$ previamente preparada. Após a mistura, a concentração de $SO_4^{2-}\,(aq)$ na solução diluída é $9{,}00 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$.

Admita que, à temperatura a que se realizou a diluição, o produto de solubilidade, $K_s$, do sulfato de cálcio, $CaSO_4$, é $7{,}10 \times 10^{-5}$ e que são desprezáveis as contribuições dos iões $K^+$ e $SO_4^{2-}$ provenientes da água dura.

Na solução diluída, a concentração do ião potássio, $K^+$, é

**(A)** $1{,}80 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$, e há formação de precipitado, $CaSO_4\,(s)$.

**(B)** $1{,}80 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$, e não há formação de precipitado, $CaSO_4\,(s)$.

**(C)** $9{,}00 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$, e há formação de precipitado, $CaSO_4\,(s)$.

**(D)** $9{,}00 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$, e não há formação de precipitado, $CaSO_4\,(s)$.

**6.** Considere um sistema gasoso fechado em que as espécies A, B e C são intervenientes numa reação química e $x$, $y$ e $z$ correspondem aos seus coeficientes estequiométricos. Esta reação pode ser traduzida por

$$z\,\mathrm{C(g)} \rightleftharpoons x\,\mathrm{A(g)} + y\,\mathrm{B(g)}$$

**6.1.** A Figura 9 apresenta o gráfico que traduz a evolução, ao longo do tempo, da quantidade de cada uma das espécies, A, B e C, até ser atingido o estado de equilíbrio, à temperatura $T$.

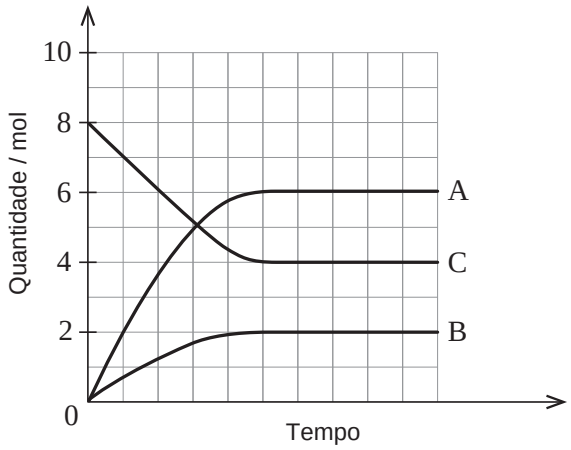



Figura 9

De acordo com a Figura 9, os coeficientes estequiométricos $x$, $y$ e $z$ são, respetivamente,

**(A)** 2, 3 e 1.

**(B)** 2, 1 e 3.

**(C)** 3, 2 e 1.

**(D)** 3, 1 e 2.

*** 6.2.** Para estudar o efeito da utilização de um catalisador na reação, introduziu-se a mesma quantidade da espécie C em dois reatores iguais, nas mesmas condições de pressão e temperatura. A um dos reatores, adicionou-se ainda o catalisador.

Considere que a temperatura, $T$, se manteve constante nos dois reatores.

No reator ao qual se adicionou o catalisador, aumentou

**(A)** a extensão da reação.

**(B)** a constante de equilíbrio, $K_c$, à temperatura $T$.

**(C)** a velocidade da reação.

**(D)** a percentagem de A e B na mistura reacional de equilíbrio.

**7.** Num laboratório, um grupo de alunos pretende titular, com rigor, uma solução aquosa de hidróxido de sódio, $NaOH\,(aq)$, utilizando uma solução-padrão de ácido clorídrico, $HCl\,(aq)$, de concentração $0{,}280\ mol\ dm^{-3}$. A reação que ocorre pode ser traduzida por

$$HCl\,(aq) + NaOH\,(aq) \longrightarrow NaCl\,(aq) + H_2O\,(l)$$

*** 7.1.** Uma solução aquosa de $80{,}0\ ml$ de $NaOH$ ($M = 40{,}00\ g\ mol^{-1}$) foi preparada a partir de uma amostra impura do reagente sólido, da qual se gastou $1{,}20\ g$. Retiraram-se $20{,}0\ ml$ dessa solução e titulou-se esta quantidade de solução com a solução-padrão de $HCl$, tendo-se obtido a curva de titulação representada na Figura 10.

Admita que as impurezas são inertes.

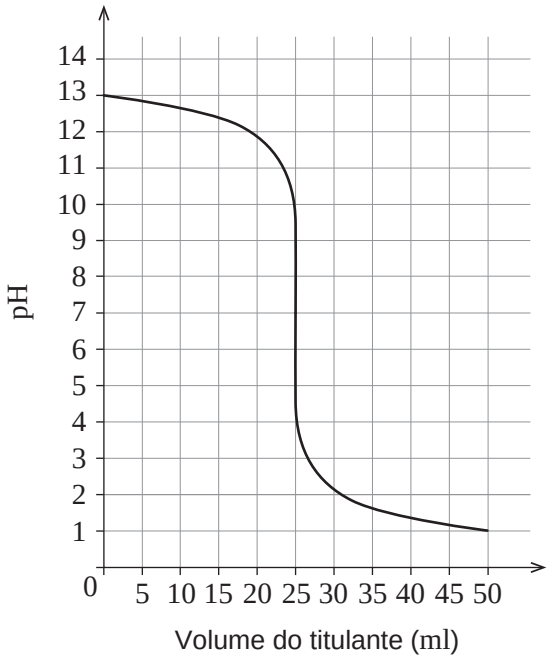



Figura 10

Calcule a massa de impurezas na amostra inicial de $NaOH$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 7.2.** O sal cloreto de sódio é constituído pelos iões sódio, $Na^+$, e cloreto, $Cl^-$.

Os iões $Na^+$ e $Cl^-$, no estado fundamental,

**(A)** apresentam, ambos, sete eletrões de valência.

**(B)** têm configurações eletrónicas iguais.

**(C)** apresentam, ambos, cinco orbitais ocupadas.

**(D)** têm igual número de orbitais de valência.

**7.3.** O sódio e o cloro situam-se no mesmo período da tabela periódica.

* **7.3.1.** No estado fundamental, o átomo de sódio tem _____ raio atómico e _____ energia de ionização do que o átomo de cloro.

**(A)** maior ... maior

**(B)** menor ... maior

**(C)** menor ... menor

**(D)** maior ... menor

**7.3.2.** O elemento cloro apresenta dois isótopos estáveis, o cloro-35 ($^{35}Cl$) e o cloro-37 ($^{37}Cl$), de massas isotópicas relativas 34,97 e 36,97, respetivamente.

O isótopo cloro-35 é

**(A)** mais abundante e tem menos dois neutrões do que o cloro-37.

**(B)** mais abundante e tem menos dois protões do que o cloro-37.

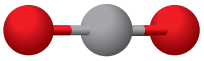
**(C)** menos abundante e tem menos dois neutrões do que o cloro-37.

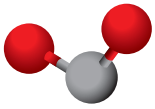
**(D)** menos abundante e tem menos dois protões do que o cloro-37.

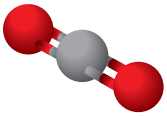
## FIM

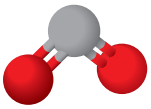
**1.** O relatório *Nature's Solutions to Climate Change*, do Fundo Monetário Internacional, publicado em 2019, refere que uma baleia vale por milhares de árvores, no que diz respeito à captura de dióxido de carbono, $CO_2(g)$. As baleias alimentam-se de fitoplâncton, que é composto por seres microscópicos fotossintéticos que capturam o $CO_2$ da atmosfera; ao fazê-lo, as baleias incorporam muito carbono no seu organismo. Quando morrem, afundam-se no oceano, depositando, em média, o equivalente a $33$ toneladas de $CO_2$.

*** 1.1.** Em qual das opções seguintes está representado um modelo tridimensional da molécula de $CO_2$?

**(A)** 

**(B)** 

**(C)** 

**(D)** 

**1.2.** Qual das expressões seguintes permite calcular o volume ocupado por $33$ toneladas de $CO_2$ $\left(M = 44{,}01\ \text{g mol}^{-1}\right)$, em condições PTN?

**(A)** $\dfrac{44{,}01 \times 22{,}4}{33 \times 10^6}\ \text{dm}^3$

**(B)** $\dfrac{33 \times 10^6 \times 22{,}4}{44{,}01}\ \text{dm}^3$

**(C)** $\dfrac{44{,}01 \times 33 \times 10^6}{22{,}4}\ \text{dm}^3$

**(D)** $\dfrac{22{,}4}{44{,}01 \times 33 \times 10^6}\ \text{dm}^3$

**2.** As baleias produzem sons de frequências muito variadas.

*** 2.1.** O documentário *Descoberta 52: a busca da baleia mais solitária do mundo*, lançado em 2021, conta a procura de uma invulgar baleia que vocalizava a $52$ Hz, frequência essa maior do que a das restantes baleias. Talvez por esse motivo não fosse «ouvida» pelas outras baleias, mesmo que se movimentassem nas mesmas águas e à mesma profundidade.

Pode concluir-se que, nessas condições, comparativamente ao som emitido pelas outras baleias, o som de $52$ Hz

**(A)** é mais grave.

**(B)** se propaga com maior velocidade.

**(C)** apresenta igual período.

**(D)** tem menor comprimento de onda.

**✱ 2.2.** Os cientistas conseguem estimar o comprimento dos cachalotes através da análise dos ultrassons que estes emitem e do cálculo do comprimento do saco de espermacete, $d$.

A Figura 1 é uma representação de um cachalote, na qual se evidenciam o saco de espermacete, que contém gordura, e os sacos distal e frontal, que contêm ar.

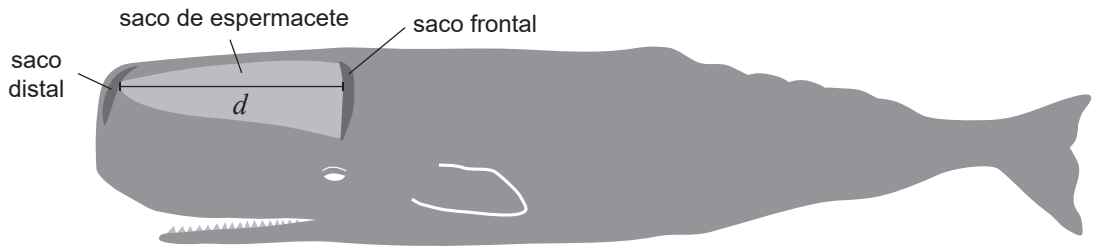



Figura 1

O som é produzido na parte da frente da cabeça, junto ao saco distal, e percorre a distância $d$. Ao chegar ao saco frontal, o som é refletido, percorrendo novamente a distância $d$. Quando chega ao saco distal, parte do som transmite-se para a água, formando o pulso $p_1$, enquanto o restante é novamente refletido para o saco de espermacete, repetindo-se o processo, que acaba por formar outros pulsos ($p_2$, $p_3$, ...).

A Figura 2 mostra o registo de uma série de pulsos de um cachalote, detetados por um hidrofone, e a respetiva escala temporal.

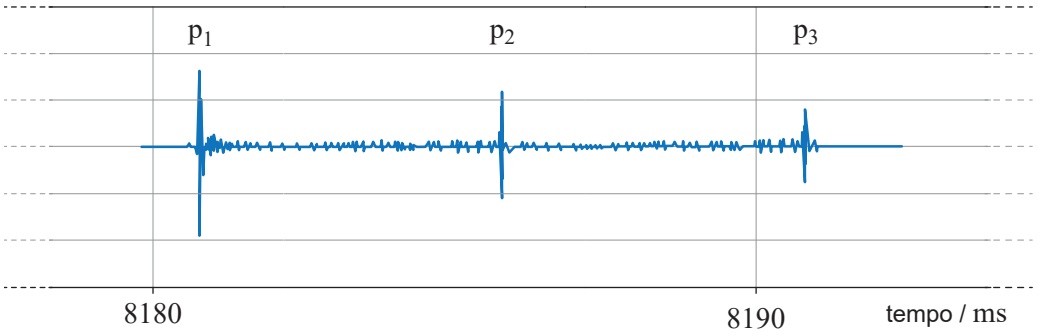



Figura 2

Considere que o módulo da velocidade de propagação do som no saco de espermacete é $1400\ \text{m s}^{-1}$.

Determine o comprimento do saco de espermacete, $d$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**3.** O aço é formado, essencialmente, por ferro, $Fe$, e carbono, $C$. Para melhorar algumas das propriedades do aço, como a resistência à corrosão ou ao calor, podem adicionar-se outros elementos.

Adicionando-se cromo, $Cr$, obtém-se uma liga bastante resistente à corrosão atmosférica. Este aço, em contacto com o dioxigénio, $O_2$ , presente no ar, forma uma película sólida protetora, não porosa e impermeável, maioritariamente de trióxido de dicromo, $Cr_2O_3$ .

*** 3.1.** Considere uma liga constituída por ferro, carbono e cromo. Destes elementos, são metais

**(A)** $Fe$ e $C$, que pertencem a diferentes períodos da tabela periódica.

**(B)** $Fe$ e $C$, que pertencem a diferentes grupos da tabela periódica.

**(C)** $Fe$ e $Cr$, que pertencem ao mesmo período da tabela periódica.

**(D)** $Fe$ e $Cr$, que pertencem ao mesmo grupo da tabela periódica.

*** 3.2.** Mesmo perante um dano na superfície do aço, a película de $Cr_2O_3$ autorrepara-se. Este comportamento dinâmico de autorreparação está esquematizado na Figura 3.

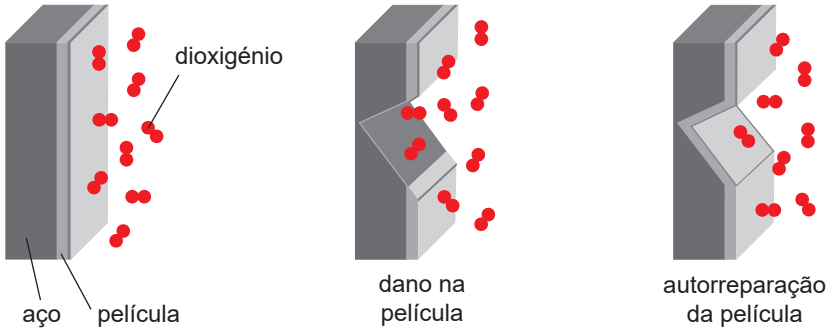



Figura 3

Explique a resistência à corrosão atmosférica deste aço.

Na sua resposta:

– apresente a razão pela qual a película torna o aço resistente à corrosão;

– fundamente o processo de autorreparação da película, comparando o poder redutor do $Fe$ com o do $Cr$.

Apresente um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

**3.3.** No estado fundamental, o átomo de oxigénio, comparativamente ao átomo de carbono, apresenta um número de energias de remoção eletrónica

**(A)** igual e um maior número de orbitais de valência totalmente preenchidas.

**(B)** igual e um menor número de orbitais de valência totalmente preenchidas.

**(C)** diferente e um maior número de orbitais de valência totalmente preenchidas.

**(D)** diferente e um menor número de orbitais de valência totalmente preenchidas.

**✱ 4.** Um objeto sólido, a uma dada temperatura, é introduzido num recipiente isolado termicamente, completamente cheio de água líquida a uma temperatura inferior à do objeto. Após um determinado intervalo de tempo, a água e o sólido atingem o equilíbrio térmico.

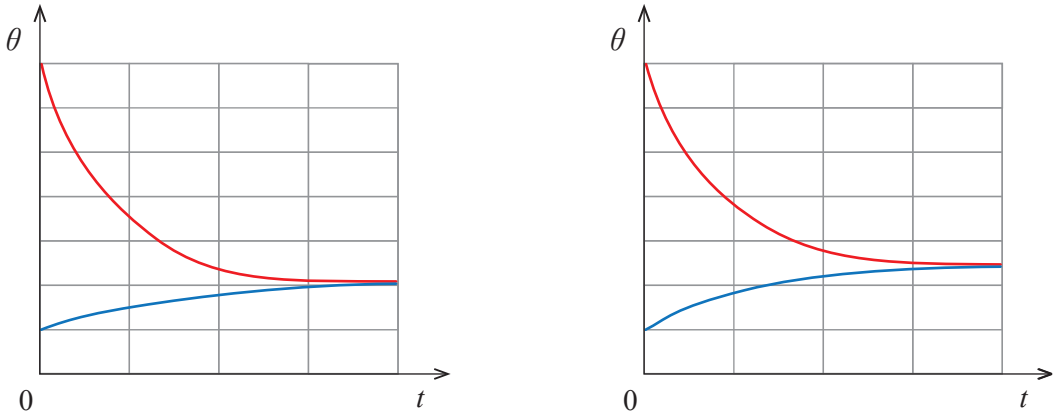
Esta experiência é repetida com um segundo objeto sólido, que apresenta a mesma massa.

Admita, para as duas experiências, que:

– não ocorrem mudanças de estado físico;

– as massas da água são iguais.

A Figura 4 representa os gráficos da temperatura, $\theta$, dos objetos e da água, em função do tempo, $t$, para cada uma das experiências, numa mesma escala.




**Experiência com o objeto 1** **Experiência com o objeto 2**

Figura 4

Conclua, justificando, qual dos dois objetos (1 ou 2) apresenta maior capacidade térmica mássica.

Apresente um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

**5.** A Figura 5 ilustra um prédio que tem três lanços de escadas, cada um com $2{,}80\ \text{m}$ de altura, e um elevador cuja cabina tem $300\ \text{kg}$ de massa. Para se deslocar do rés do chão (r/c) até ao 3.º andar, uma pessoa de massa $75\ \text{kg}$ pode utilizar o elevador ou as escadas.

Admita que:

– a pessoa e o conjunto *pessoa* + *cabina* são sistemas redutíveis ao seu centro de massa (modelo da partícula material);

– o solo é o nível de referência da energia potencial gravítica.

Considere o referencial $Oy$ representado na figura.

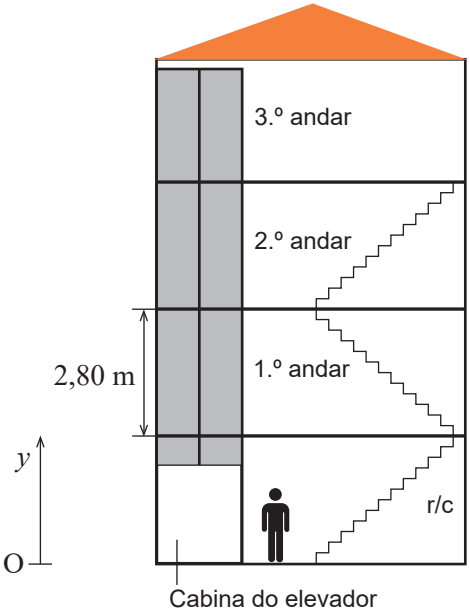



Figura 5

✱ **5.1.** Qual é a razão entre as variações das energias potenciais gravíticas do conjunto *pessoa* + *cabina* + *Terra*, no trajeto pelo elevador, e do conjunto *pessoa* + *Terra*, no trajeto pelas escadas, do rés do chão até ao 3.º andar?

**(A)** 1 **(B)** 0,2 **(C)** 4 **(D)** 5

**5.2.** De elevador, o percurso do rés do chão até ao 3.º andar demora $10{,}0\ \text{s}$.

Admita que o elevador se desloca, durante o primeiro segundo de movimento, com uma aceleração cuja componente escalar é positiva. No instante $1{,}0\ \text{s}$, atinge a velocidade máxima, que mantém durante $8{,}0\ \text{s}$. Dos $9{,}0\ \text{s}$ até aos $10{,}0\ \text{s}$, o elevador desloca-se com uma aceleração cuja componente escalar é negativa, até parar.

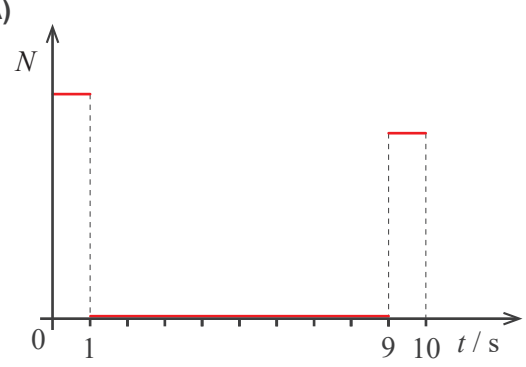
Considere que o módulo da aceleração é constante durante o primeiro e o último segundos de movimento.

✱ **5.2.1.** Determine o módulo da velocidade máxima que o elevador atinge.

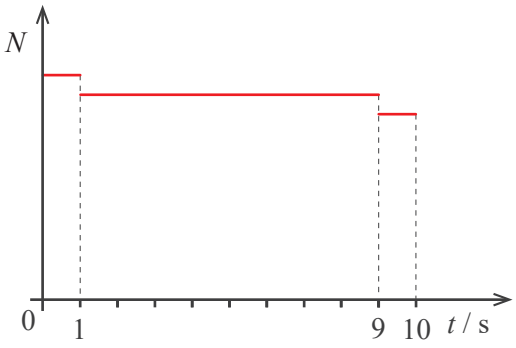
Apresente todos os cálculos efetuados.

**5.2.2.** Qual das opções seguintes corresponde ao esboço do gráfico da intensidade da força, $N$, que o elevador exerce sobre a pessoa, em função do tempo, $t$ ?

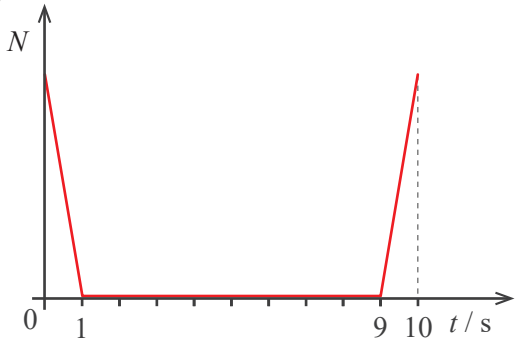
**(A)**



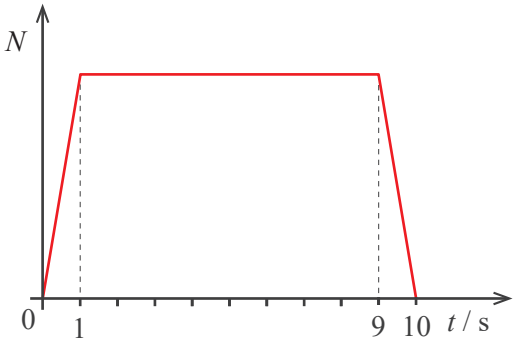

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**5.3.** No interior do elevador, uma pessoa observa-se ao espelho. Este encontra-se disposto numa posição inclinada, fazendo um ângulo de $80^{o}$ com a base do elevador, como se representa na Figura 6. Dois raios luminosos são refletidos no espelho e atingem os olhos da pessoa.

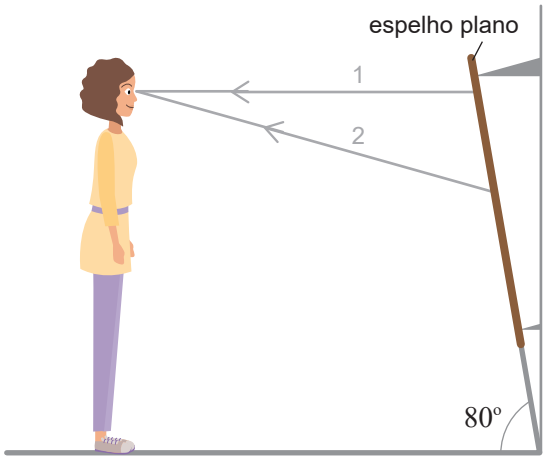



Figura 6

O ângulo de incidência do raio que dá origem ao raio refletido (1), paralelo ao solo, é de

**(A)** $40^{o}$ e é maior do que o ângulo de incidência do raio (2).

**(B)** $10^{o}$ e é maior do que o ângulo de incidência do raio (2).

**(C)** $10^{o}$ e é menor do que o ângulo de incidência do raio (2).

**(D)** $40^{o}$ e é menor do que o ângulo de incidência do raio (2).

**5.4.** Durante uma falha de eletricidade no prédio, uma pessoa desce as escadas com uma lanterna a pilhas ligada.

* **5.4.1.** No circuito elétrico da lanterna, o sentido real da corrente elétrica é do polo

**(A)** positivo para o polo negativo da pilha, e a corrente é alternada.

**(B)** positivo para o polo negativo da pilha, e a corrente é contínua.

**(C)** negativo para o polo positivo da pilha, e a corrente é alternada.

**(D)** negativo para o polo positivo da pilha, e a corrente é contínua.

**5.4.2.** O gráfico da Figura 7 traduz a curva característica da pilha usada na lanterna.

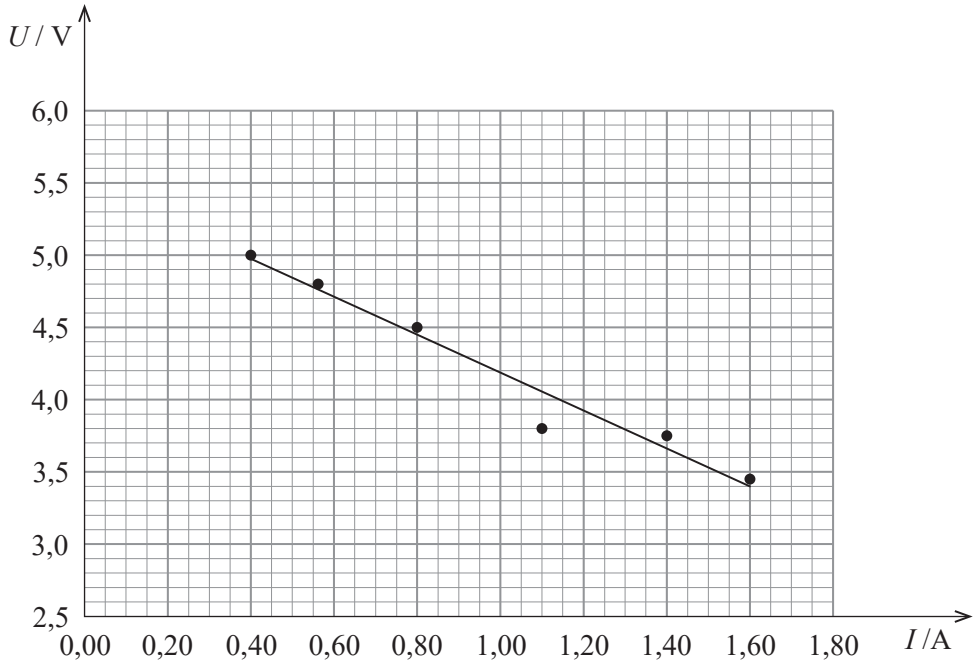



Figura 7

Qual das opções seguintes pode representar as características desta pilha ($\varepsilon$ e $r$)?

**(A)** $5{,}5\ \text{V}$ e $1{,}3\ \Omega$

**(B)** $5{,}5\ \text{V}$ e $2{,}3\ \Omega$

**(C)** $5{,}0\ \text{V}$ e $1{,}3\ \Omega$

**(D)** $5{,}0\ \text{V}$ e $2{,}3\ \Omega$

**5.5.** No pátio do prédio, uma pessoa testa os ressaltos de uma bola de ténis.

A bola de ténis é abandonada de uma altura, $h$, relativamente ao solo, originando vários ressaltos.

Admita que:

– a trajetória da bola é retilínea;

– a resistência do ar é desprezável;

– a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material);

– o solo é o nível de referência da energia potencial gravítica.

Considere que, em cada ressalto, $50\%$ da energia cinética da bola é dissipada no impacto com o solo.

Qual das expressões seguintes permite calcular a altura máxima atingida pela bola após o segundo ressalto?

**(A)** $\frac{h}{2}$ **(B)** $\sqrt{h}$ **(C)** $\frac{h}{4}$ **(D)** $\sqrt{\frac{h}{2}}$

**6.** O ácido nítrico, $HNO_3\,(aq)$ $\left(M = 63{,}02\ g\ mol^{-1}\right)$, é considerado um ácido forte, sendo bastante corrosivo. É um dos compostos químicos mais produzidos mundialmente. Desde 1902, é preparado industrialmente em três etapas sequenciais (processo de Ostwald):

**Etapa I)** Combustão do amoníaco, $NH_3$ $\left(M = 17{,}04\ g\ mol^{-1}\right)$, para formar monóxido de nitrogénio, $NO$.

$$4\ NH_3\,(g) + 5\ O_2\,(g) \longrightarrow 4\ NO\,(g) + 6\ H_2O\,(g)$$

**Etapa II)** Oxidação do $NO$ a dióxido de nitrogénio, $NO_2$.

$$2\ NO\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2\ NO_2\,(g)$$

**Etapa III)** Reação do $NO_2$ com água, para formação de $HNO_3$.

$$3\ NO_2\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow 2\ HNO_3\,(aq) + NO\,(g)$$

✱ **6.1.** Complete o texto seguinte, fazendo corresponder a cada letra o número da opção correta.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção selecionada. A cada letra corresponde um só número.

A molécula de $NH_3$ tem **a)** eletrões de valência, sendo **b)** o número de eletrões não-ligantes, o que lhe confere uma geometria **c)** .

| a) | b) | c) |
|---|---|---|
| **1.** dez | **1.** dois | **1.** tetraédrica |
| **2.** oito | **2.** quatro | **2.** piramidal trigonal |
| **3.** seis | **3.** zero | **3.** triangular plana |

✱ **6.2.** Os números de oxidação do nitrogénio nos compostos $NH_3$ e $HNO_3$ são, respetivamente,

**(A)** $3$ e $5$. **(B)** $3$ e $4$. **(C)** $-3$ e $5$. **(D)** $-3$ e $4$.

✱ **6.3.** Considere que, nas duas primeiras etapas do processo de Ostwald, se dá a conversão completa dos reagentes em produtos e que a terceira etapa tem um rendimento de $75\%$.

Determine a massa de $NH_3$, em $kg$, necessária para produzir $1200$ toneladas de $HNO_3$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**6.4.** De acordo com os princípios da química verde, que apela à sustentabilidade dos processos químicos industriais, na obtenção de $HNO_3$ pelo processo de Ostwald, seria vantajoso reutilizar o $NO$ resultante da

**(A)** etapa **III** na etapa **I**. **(B)** etapa **III** na etapa **II**.

**(C)** etapa **I** na etapa **II**. **(D)** etapa **I** na etapa **III**.

**7.** Numa titulação, a 25 ºC, 10,00 mL de uma solução diluída de ácido nítrico, $HNO_3\,(aq)$ $(M = 63{,}02\ g\ mol^{-1})$, foram titulados com uma solução padrão de hidróxido de sódio, $NaOH\,(aq)$, de concentração $0{,}100\ mol\ dm^{-3}$.

A reação que ocorre pode ser traduzida por

$$HNO_3\,(aq) + NaOH\,(aq) \longrightarrow NaNO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$$

O volume de base gasto até se atingir o ponto de equivalência (p.e.) foi 13,80 mL.

✱ **7.1.** A medição do volume gasto de NaOH foi realizada recorrendo a uma _____ , tendo sido registada uma incerteza de leitura de _____ .

**(A)** bureta ... 0,05 mL

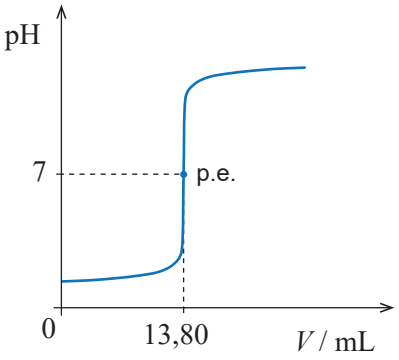
**(B)** bureta ... 0,5 mL

**(C)** pipeta volumétrica ... 0,05 mL

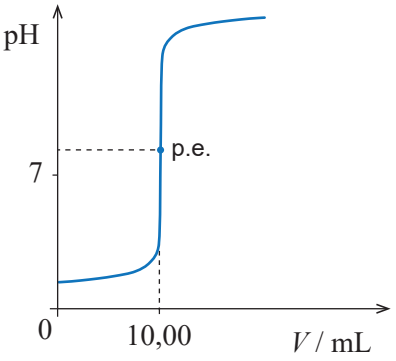
**(D)** pipeta volumétrica ... 0,5 mL

**7.2.** Selecione a opção que apresenta o esboço do gráfico que representa a curva da titulação, a 25 ºC.

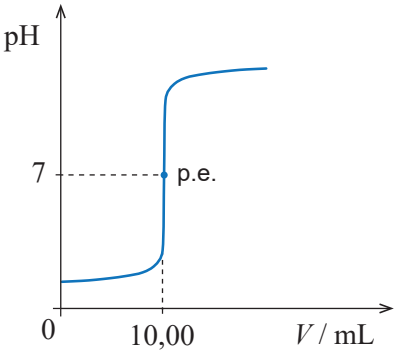
**(A)**



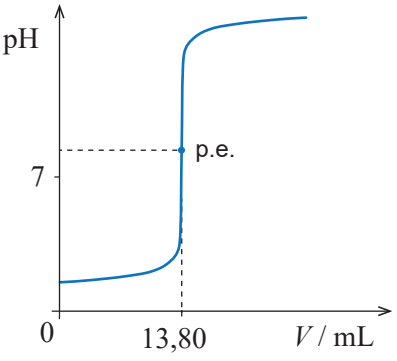

**(B)**




**(C)**




**(D)**



*** 7.3.** A solução aquosa diluída de $HNO_3$ foi preparada a partir de uma solução concentrada do mesmo ácido ($\rho = 1{,}260\ g\ cm^{-3}$ e 35%, em massa).

Determine a razão entre as concentrações das duas soluções aquosas de $HNO_3$, a concentrada e a diluída.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 8.** Na Antártida, um meteorito de $12\ kg$, à temperatura de $3100\ ºC$, enterra-se num bloco de gelo de grandes dimensões com uma velocidade de $10\ km\ s^{-1}$, em módulo.

Admita que:

– o bloco de gelo se encontra à temperatura de $0\ ºC$;

– toda a energia cinética do meteorito é utilizada para fundir gelo do bloco;

– a capacidade térmica mássica do material que constitui o meteorito é $830\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$;

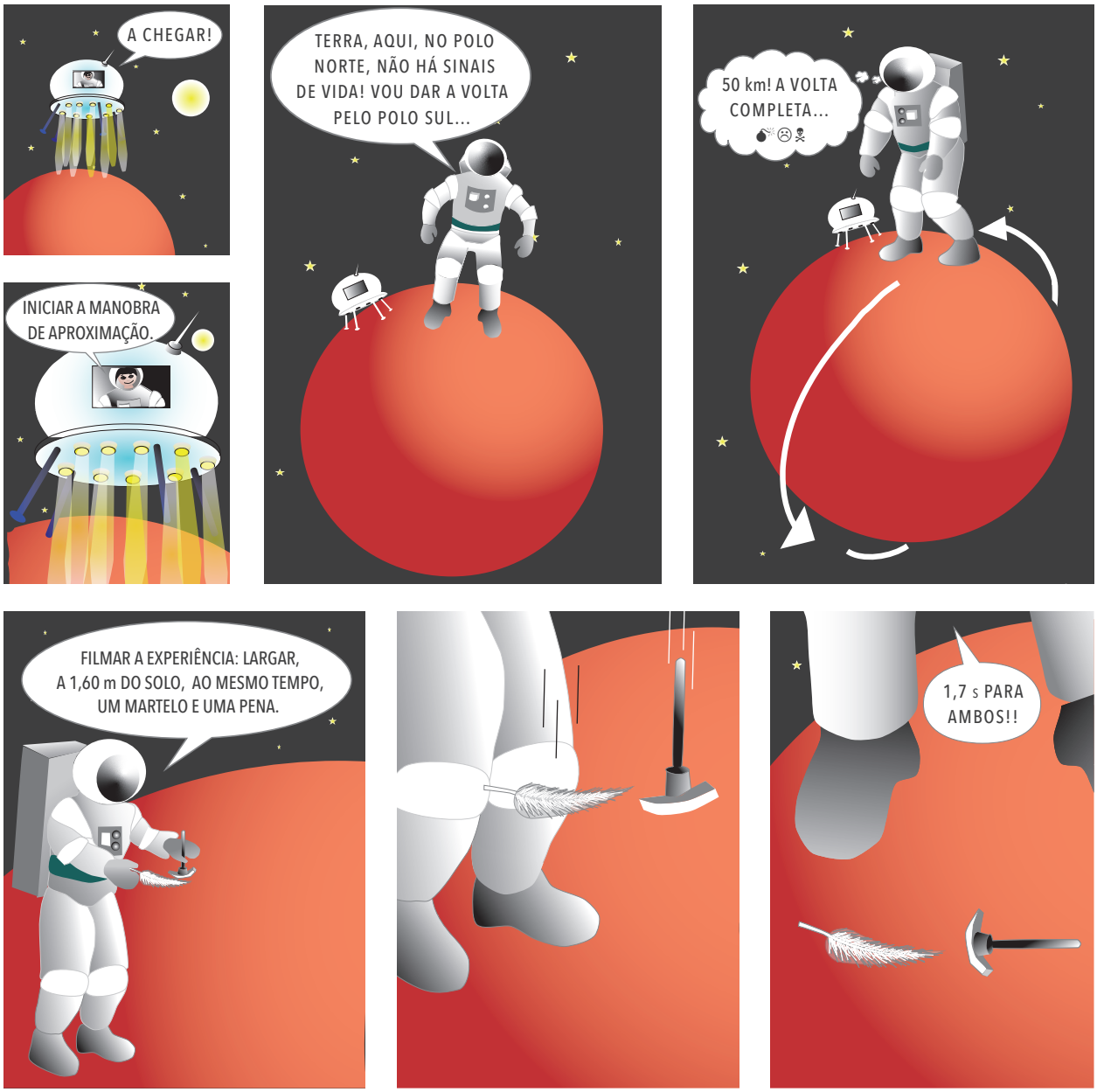
– a temperatura de fusão do gelo é $0\ ºC$;

– a variação de entalpia (mássica) de fusão do gelo é $3{,}34 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$.

Determine a massa de gelo que se funde, considerando que, no final, o sistema *meteorito + bloco de gelo* se encontra a $0\ ºC$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 9.** Considere a informação dada nas seguintes tiras de uma banda desenhada de ficção científica.




Admita que o planeta é esférico e de densidade uniforme.

Determine, a partir dos dados fornecidos na banda desenhada, a massa do planeta.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**FIM**

**1.** O «papel salgado» foi um dos primeiros processos de impressão fotográfica, tendo sido utilizado comercialmente com muito sucesso entre 1840 e 1860.

Nesta técnica, um papel era impregnado com duas soluções:

- uma solução aquosa de cloreto de sódio, $NaCl$ $(M = 58{,}44\ g\ mol^{-1})$;
- uma solução aquosa de nitrato de prata, $AgNO_3$ $(M = 169{,}88\ g\ mol^{-1})$.

A Figura 1 apresenta o gráfico da solubilidade do $AgNO_3$ e do $NaCl$ em função da temperatura.

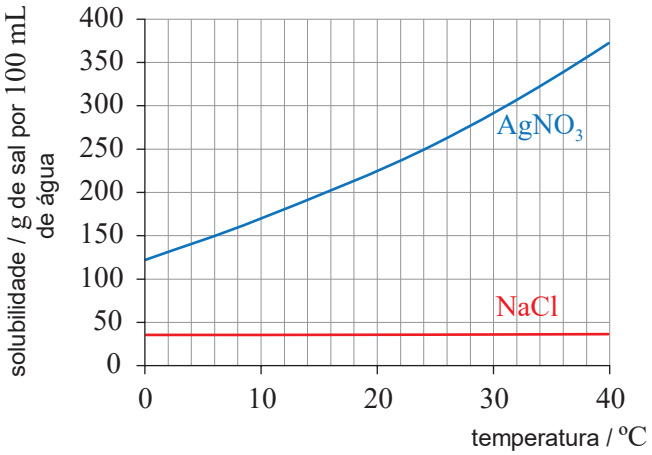



Figura 1

*** 1.1.** O sal mais solúvel em água, no intervalo de temperaturas considerado no gráfico, é o

**(A)** $NaCl$, e a sua solubilidade aumenta com o aumento da temperatura.

**(B)** $NaCl$, e a sua solubilidade não é afetada pela temperatura.

**(C)** $AgNO_3$, e a sua solubilidade aumenta com o aumento da temperatura.

**(D)** $AgNO_3$, e a sua solubilidade não é afetada pela temperatura.

**1.2.** Numa reprodução deste processo, as soluções foram preparadas a $24\ ^oC$, de acordo com o procedimento seguinte:

- dissolver $12{,}0\ g$ de $AgNO_3$ em $100\ mL$ de água destilada;
- dissolver $5{,}0\ g$ de $NaCl$ em $100\ mL$ de água destilada.

Admita que o volume de cada solução corresponde ao volume do solvente.

**1.2.1.** Qual é a massa de $AgNO_3$ que ainda seria possível adicionar à solução inicialmente preparada desse sal, para obter uma solução saturada, à temperatura de $24\ ^oC$?

**(A)** $245\ g$

**(B)** $238\ g$

**(C)** $250\ g$

**(D)** $210\ g$

✱ **1.2.2.** O cloreto de prata, $AgCl$, é um sal pouco solúvel em água, sendo o seu equilíbrio de solubilidade expresso por

$$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^{+}(aq) + Cl^{-}(aq)$$

O produto de solubilidade do $AgCl$, $K_s$, é $1{,}6 \times 10^{-10}$, à temperatura de $24\ ^{o}C$.

Verifique que ocorreu formação de precipitado de $AgCl(s)$ quando se juntaram as soluções de $AgNO_3$ e de $NaCl$ previamente preparadas.

Mostre como chegou à verificação solicitada, apresentando todos os cálculos efetuados.

**2.** O cloreto de prata, $AgCl$, é um sal branco que, ao ser exposto a uma luz suficientemente energética, sofre uma reação fotoquímica, observando-se um escurecimento.

Para investigar experimentalmente o efeito de algumas radiações do espectro visível na reação fotoquímica do $AgCl$, um grupo de alunos preparou cinco tubos de ensaio da forma seguinte:

Tubo de ensaio A – Sem revestimento

Tubo de ensaio B – Revestimento transparente vermelho

Tubo de ensaio C – Revestimento transparente verde

Tubo de ensaio D – Revestimento transparente azul

Tubo de ensaio E – Revestimento opaco prateado

Em cada tubo de ensaio, os alunos colocaram $1{,}0\ mL$ de solução aquosa de nitrato de prata, $AgNO_3(aq)$, e $1{,}0\ mL$ de solução aquosa de cloreto de sódio, $NaCl(aq)$, para formar o precipitado de $AgCl(s)$.

Após o mesmo tempo de exposição à luz visível, os alunos removeram os revestimentos dos tubos de ensaio B, C, D e E.

A Figura 2 esquematiza os tubos de ensaio, antes e após a remoção dos revestimentos.

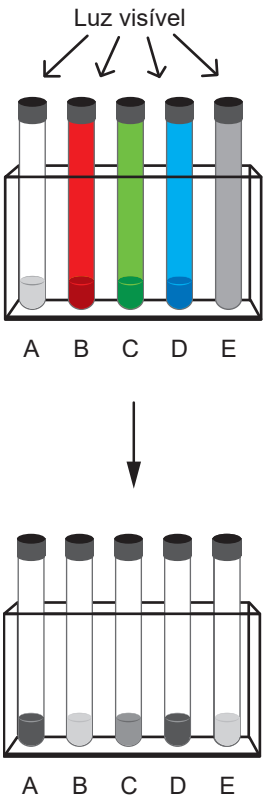



Figura 2

**2.1.** Analisados os resultados da experiência, conclui-se que as amostras de $AgCl$ escurecem quando são expostas a _____ das radiações da luz visível e que, no tubo de ensaio E, sendo a luz visível _____ pelo revestimento, a amostra não escurece.

**(A)** algumas ... refletida **(B)** algumas ... transmitida

**(C)** qualquer uma ... refletida **(D)** qualquer uma ... transmitida

✱ **2.2.** Qual é a opção em que se apresentam as radiações testadas por ordem crescente de energia?

**(A)** Azul, vermelha e verde. **(B)** Azul, verde e vermelha.

**(C)** Vermelha, verde e azul. **(D)** Vermelha, azul e verde.

**3.** Um feixe de radiação monocromática, que se propaga inicialmente no ar, incide numa das faces paralelas de uma lâmina de vidro, com um ângulo de incidência $\alpha$. Ao atravessar a lâmina de vidro, de largura $L$, o feixe sofre um desvio na sua direção de propagação, como mostra a Figura 3.

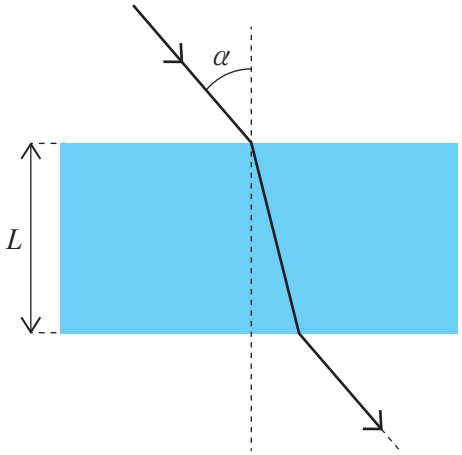



Figura 3

✱ **3.1.** A lâmina de vidro tem um índice de refração $1{,}52$ para o feixe de luz considerado.

Considere que $\alpha = 32^{\circ}$ e que $L = 2{,}81$ cm.

Determine a distância que a luz percorre ao atravessar a lâmina de vidro.

Apresente todos os cálculos efetuados.

✱ **3.2.** A Figura 4 apresenta o gráfico do índice de refração, $n$, de um vidro *BK7*, em função do comprimento de onda, $\lambda$, da radiação eletromagnética visível (no vácuo).

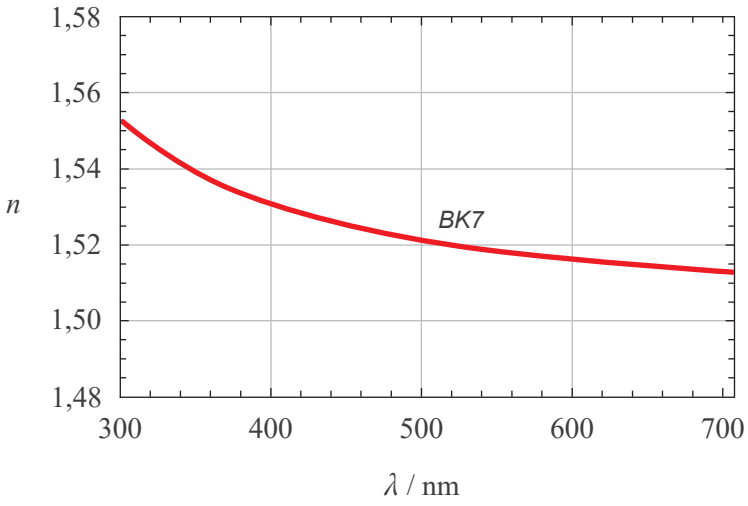



Figura 4

Explique, considerando a informação do gráfico, como varia a velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vidro *BK7*, à medida que o comprimento de onda da radiação diminui.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

*** 4.** Para o estudo das características de um movimento circular uniforme, realizaram-se, em contexto real, num carrossel, medições do módulo da aceleração em função do raio, utilizando sensores de aceleração em telemóveis (*smartphones*).

Tal como é ilustrado na Figura 5, num carrossel circular, fixaram-se cinco telemóveis em posições diferentes, numa direção radial.

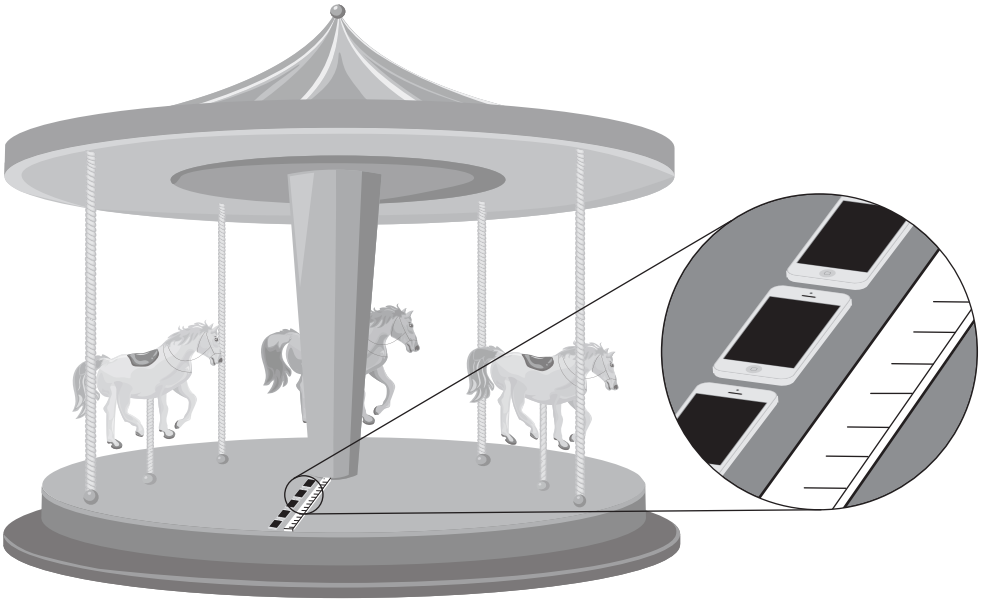


Figura 5

Na tabela seguinte, estão registados os raios, $r$, e os módulos da aceleração centrípeta, $a_c$ , medidos.

| $r$ / m | $a_c$ / m s$^{-2}$ |
|---|---|
| 1,10 | 0,26 |
| 2,00 | 0,50 |
| 2,40 | 0,57 |
| 3,20 | 0,72 |
| 3,40 | 0,79 |

Determine o módulo da velocidade angular, nas condições em que decorre a experiência, a partir da equação da reta de ajuste a um gráfico adequado.

Na sua resposta:

– identifique as variáveis independente e dependente a considerar nos eixos do gráfico;

– apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico;

– apresente o valor solicitado com dois algarismos significativos.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**5.** O modelo de Bohr do átomo de hidrogénio, proposto em 1913, baseando-se em órbitas estacionárias circulares, permite o cálculo da energia dos eletrões nos diferentes níveis de energia. A cada nível de energia do eletrão corresponde uma única órbita em torno do protão.

**5.1.** Admita que, no estado fundamental, o eletrão se move numa órbita circular de raio $5{,}29 \times 10^{-11}$ m (raio de Bohr) e realiza $1000$ voltas em $1{,}52 \times 10^{-13}$ s.

Considere que o movimento do eletrão é circular e uniforme.

Qual é o módulo da velocidade do eletrão nesta órbita?

**(A)** $6{,}96 \times 10^{5}$ m s$^{-1}$

**(B)** $1{,}09 \times 10^{6}$ m s$^{-1}$

**(C)** $4{,}13 \times 10^{16}$ m s$^{-1}$

**(D)** $2{,}19 \times 10^{6}$ m s$^{-1}$

**5.2.** Submetendo um tubo de descarga com gás di-hidrogénio rarefeito a uma descarga elétrica de alta tensão, é possível, através de um espectroscópio, observar o espectro de emissão daquele elemento.

✱ **5.2.1.** A diferença de potencial entre os elétrodos nas extremidades do tubo de descarga corresponde à

**(A)** energia transferida para o gás rarefeito por unidade de carga que o atravessa.

**(B)** energia transferida para o gás rarefeito por unidade de tempo.

**(C)** carga transferida para o gás rarefeito por unidade de energia que é absorvida.

**(D)** carga transferida para o gás rarefeito por unidade de tempo.

✱ **5.2.2.** A Figura 6 representa as quatro primeiras riscas do espectro de emissão, na zona do visível, do átomo de hidrogénio em função do comprimento de onda, $\lambda$, da radiação.

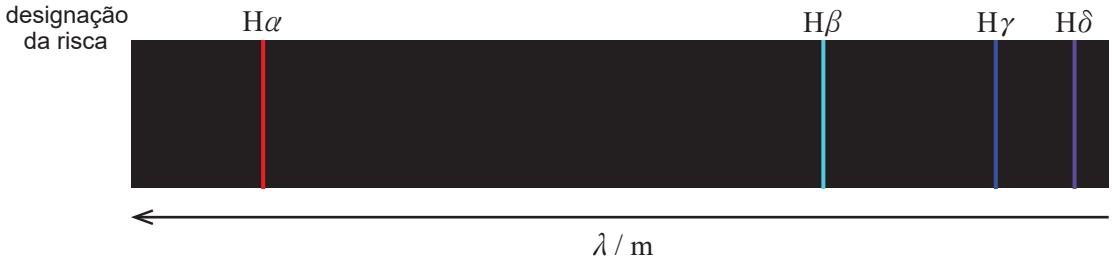



Figura 6

Qual é a risca correspondente à transição eletrónica com origem no nível 4?

**(A)** H$\alpha$

**(B)** H$\beta$

**(C)** H$\gamma$

**(D)** H$\delta$

**✱ 6.** O di-hidrogénio, $H_2(g)$, pode ser obtido a partir de uma reação do monóxido de carbono, $CO(g)$, com água. Esta reação pode ser traduzida por

$$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g) \qquad \Delta H < 0$$

Admita que o sistema se encontra inicialmente em equilíbrio, num reservatório fechado.

Pretende-se maximizar a produção de $H_2$.

Preveja, justificando, se cada um dos procedimentos seguintes assegura o cumprimento do objetivo pretendido:

– diminuir o volume do reservatório, mantendo a temperatura do sistema constante;

– diminuir a temperatura do sistema, mantendo o volume do reservatório constante.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

**7.** As indústrias cimenteiras são grandes emissoras de dióxido de carbono, $CO_2$ .

Uma das estratégias para a redução e valorização do $CO_2(g)$ consiste em fazê-lo reagir com di-hidrogénio, $H_2(g)$, formando metano, $CH_4(g)$, e água, $H_2O(g)$, o que permite armazenar energia na forma de $CH_4$ (gás natural sintético). A reação pode ser traduzida por

$$CO_2(g) + 4\,H_2(g) \longrightarrow CH_4(g) + 2\,H_2O(g)$$

*** 7.1.** Determine a variação de entalpia da reação.

Considere as energias de ligação médias apresentadas na tabela.

| **Ligação** | $E(C - H)$ | $E(C = O)$ | $E(C - O)$ | $E(O - H)$ | $E(H - H)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $E$ / **kJ mol$^{-1}$** | 414 | 799 | 354 | 460 | 436 |

Apresente todos os cálculos efetuados.

**7.2.** Uma indústria cimenteira avalia a produção de gás natural sintético num teste-piloto. Neste teste, faz-se reagir $4{,}40\ kg$ de $CO_2\left(M = 44{,}01\ g\ mol^{-1}\right)$ com $4{,}48 \times 10^3\ dm^3$ de $H_2$, medido em condições PTN.

Considere que o rendimento da reação de formação de $CH_4$ é $54\%$.

Qual é a quantidade de $CH_4$ produzida?

**(A)** $27\ mol$ **(B)** $50\ mol$ **(C)** $54\ mol$ **(D)** $108\ mol$

*** 7.3.** Associe as moléculas apresentadas na Coluna **I** às respetivas geometrias moleculares, que constam na Coluna **II**.

Escreva, na folha de respostas, cada letra da Coluna **I**, seguida do número correspondente da Coluna **II**. A cada letra corresponde apenas um número.

| **COLUNA I** | **COLUNA II** |
|---|---|
| | **(1)** Piramidal trigonal |
| **(a)** $CO_2$ | **(2)** Linear |
| **(b)** $CH_4$ | **(3)** Tetraédrica |
| **(c)** $H_2O$ | **(4)** Triangular plana |
| | **(5)** Angular |

**8.** No âmbito das suas metas ambientais, uma indústria cimenteira instalou um precipitador eletrostático (dispositivo que remove poeiras) numa chaminé, como esquematizado na Figura 7.

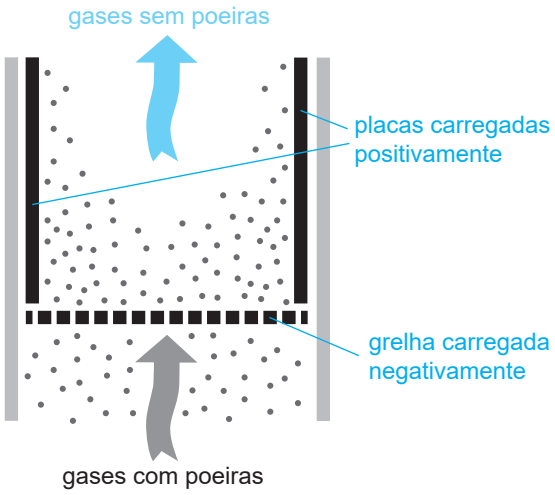
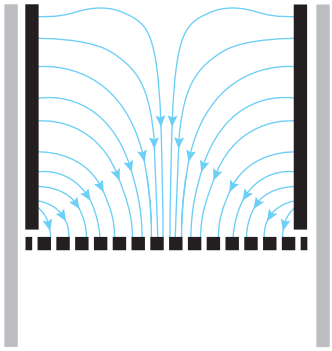



Figura 7

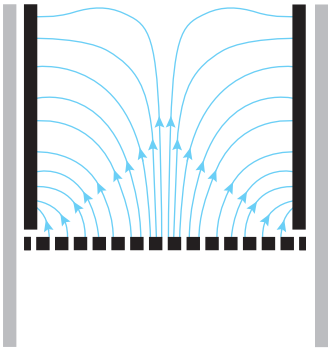
✱ **8.1.** As partículas constituintes dos gases de exaustão, ao atravessarem a grelha carregada negativamente, adquirem carga elétrica negativa. Posteriormente, são atraídas pelas placas carregadas positivamente, ficando aí aprisionadas.

Qual das opções seguintes pode representar as linhas de campo elétrico que se geram no dispositivo que remove poeiras?

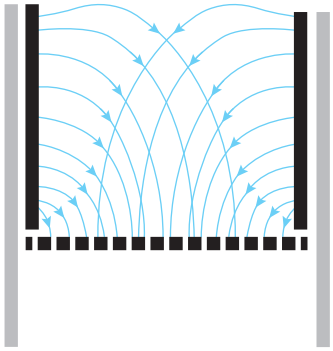
**(A)**



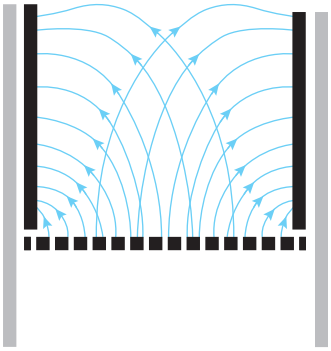
**(B)**



**(C)**



**(D)**



**8.2.** Na monitorização do ar à saída do precipitador, é avaliada a concentração de material particulado, PM, constituído fundamentalmente por partículas em suspensão.

Considere que, a partir de uma amostra de $1\ \text{m}^3$ de gases de exaustão, se obtém, por filtração, uma massa de $5{,}00 \times 10^{-5}\ \text{g}$ de material particulado.

Admita um valor médio de $2{,}62 \times 10^{-20}\ \text{g}$ de massa para uma partícula de PM.

Qual é a quantidade de PM, em unidades SI, na amostra considerada?

**(A)** $5{,}24 \times 10^{-6}$

**(B)** $3{,}15 \times 10^{8}$

**(C)** $1{,}91 \times 10^{15}$

**(D)** $3{,}17 \times 10^{-9}$

*** 8.3.** A utilização de carvão nas cimenteiras é responsável pela presença de dióxido de enxofre, $SO_2$, nos gases à saída do precipitador eletrostático.

Admita que:

- o teor de enxofre, $\text{S(s)}$, no carvão é $3{,}5\%$ (em massa);
- na queima de $1{,}0$ tonelada de carvão, todo o enxofre se espalha na atmosfera, sob a forma de $SO_2\,(\text{g})$, numa área circular de $1{,}0\ \text{km}$ de raio $(A = \pi\, r^2)$;
- a precipitação nesta área arrasta os produtos gasosos resultantes da combustão e origina uma «toalha» líquida no solo de $10\ \text{mm}$ de altura;
- todo o enxofre presente no combustível fóssil é oxidado a ião sulfato, $SO_4^{2-}\,(\text{aq})$.

As duas reações que ocorrem podem ser traduzidas por

$$\text{S(s)} + \text{O}_2\,(\text{g}) \longrightarrow \text{SO}_2\,(\text{g})$$

$$2\ \text{SO}_2\,(\text{g}) + \text{O}_2\,(\text{g}) + 6\ \text{H}_2\text{O}\,(\text{l}) \longrightarrow 2\ \text{SO}_4^{2-}\,(\text{aq}) + 4\ \text{H}_3\text{O}^+\,(\text{aq})$$

Determine o $\text{pH}$ da água da chuva nesta área, após a queima de $1{,}0$ tonelada de carvão.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**9.** Uma esquiadora (e) desliza ao longo de uma encosta gelada. No instante em que a esquiadora passa na posição A, um trenó (t), inicialmente em repouso, desprende-se de uma encosta do lado oposto, tal como se representa na Figura 8, que não está à escala. Os dois corpos, após a descida das encostas, passam a mover-se no plano horizontal.

Admita que:

- ambos os corpos percorrem $50{,}0\ \text{m}$ nas vertentes inclinadas das encostas;
- $m_{\text{esquiadora}} = 3\ m_{\text{trenó}}$;
- os dois corpos descrevem sempre trajetórias retilíneas;
- o atrito e a resistência do ar são desprezáveis;
- a esquiadora e o trenó podem ser representados pelos seus centros de massa, segundo o modelo da partícula material;
- o troço horizontal BC é o nível de referência da energia potencial gravítica.

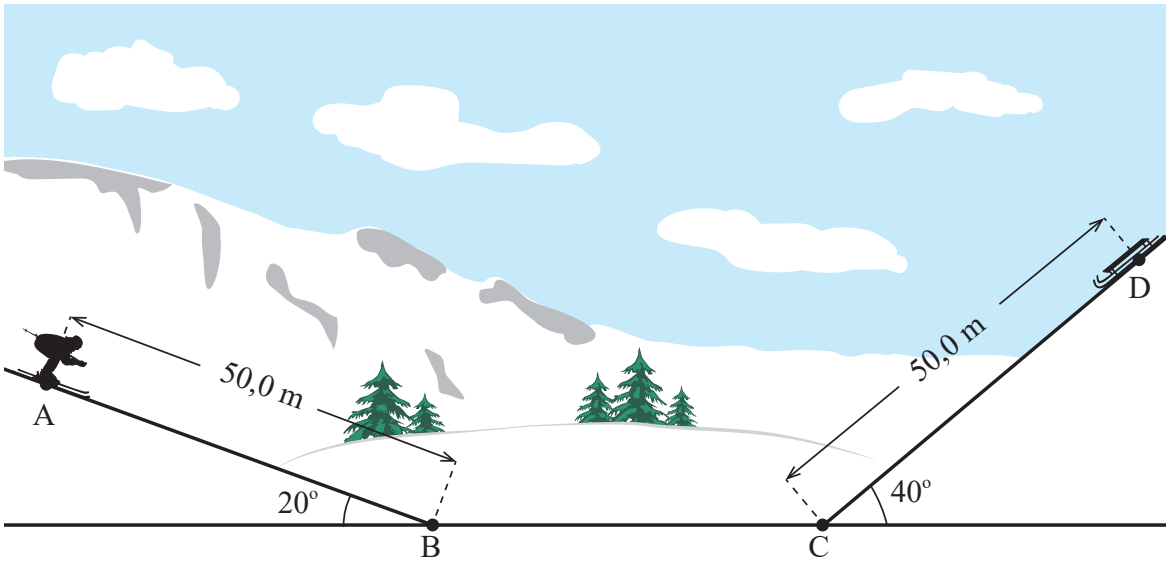



Figura 8

**9.1.** Qual das opções seguintes pode representar a relação entre o módulo da aceleração da esquiadora, $a_e$ , e o do trenó, $a_t$ , e a relação entre o módulo da variação da energia potencial gravítica do sistema *esquiadora* + *Terra*, $\Delta E_{p_e}$, e o do sistema *trenó* + *Terra*, $\Delta E_{p_t}$, nos deslocamentos AB e DC, respetivamente?

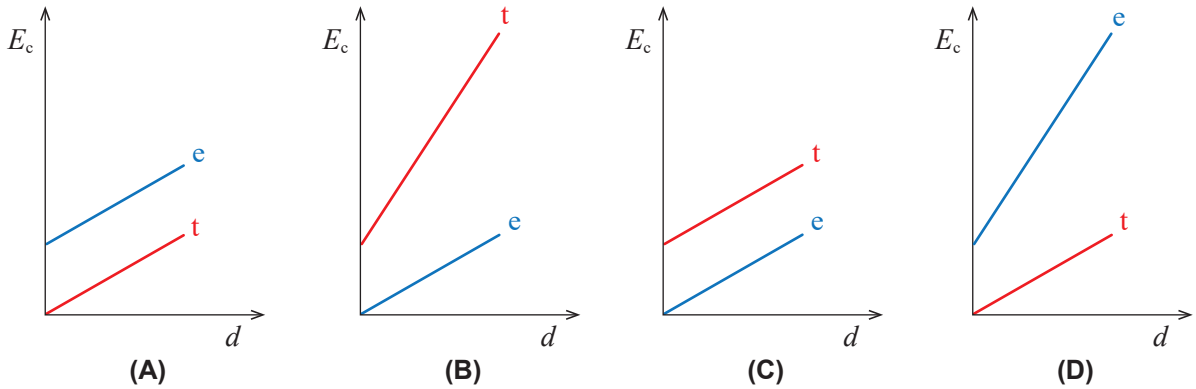
**(A)** $|a_e| > |a_t|$ e $|\Delta E_{p_e}| > |\Delta E_{p_t}|$

**(B)** $|a_e| > |a_t|$ e $|\Delta E_{p_e}| < |\Delta E_{p_t}|$

**(C)** $|a_e| < |a_t|$ e $|\Delta E_{p_e}| > |\Delta E_{p_t}|$

**(D)** $|a_e| < |a_t|$ e $|\Delta E_{p_e}| < |\Delta E_{p_t}|$

**9.2.** Qual das opções seguintes corresponde ao esboço do gráfico da energia cinética, $E_c$, da esquiadora e do trenó, em função da distância, $d$, percorrida ao longo das encostas, AB e DC, respetivamente?




**✱ 9.3.** Após o percurso AB, a esquiadora, no plano horizontal, cruza-se com o trenó, deslocando-se ambos com velocidades de igual módulo.

Determine o módulo da velocidade da esquiadora no instante em que o trenó se desprende.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**10.** No laboratório, é comum aquecerem-se amostras de água.

*** 10.1.** Considere que uma amostra de água no estado líquido é aquecida numa placa elétrica, utilizando-se um copo de precipitação.

Minimizam-se as perdas de massa e de energia para o exterior se o copo de precipitação estiver

**(A)** destapado e o seu diâmetro for igual ao da placa elétrica.

**(B)** tapado e o seu diâmetro for igual ao da placa elétrica.

**(C)** destapado e o seu diâmetro for inferior ao da placa elétrica.

**(D)** tapado e o seu diâmetro for inferior ao da placa elétrica.

**10.2.** A Figura 9 apresenta o gráfico teórico da temperatura, $\theta$, de uma amostra de água de massa $m$, em função do tempo, $t$, desde o estado sólido (gelo) até à sua vaporização completa, a pressão constante.

Admita que a amostra é aquecida numa placa elétrica de potência, $P$, constante e que o rendimento no processo de aquecimento é $100\%$.

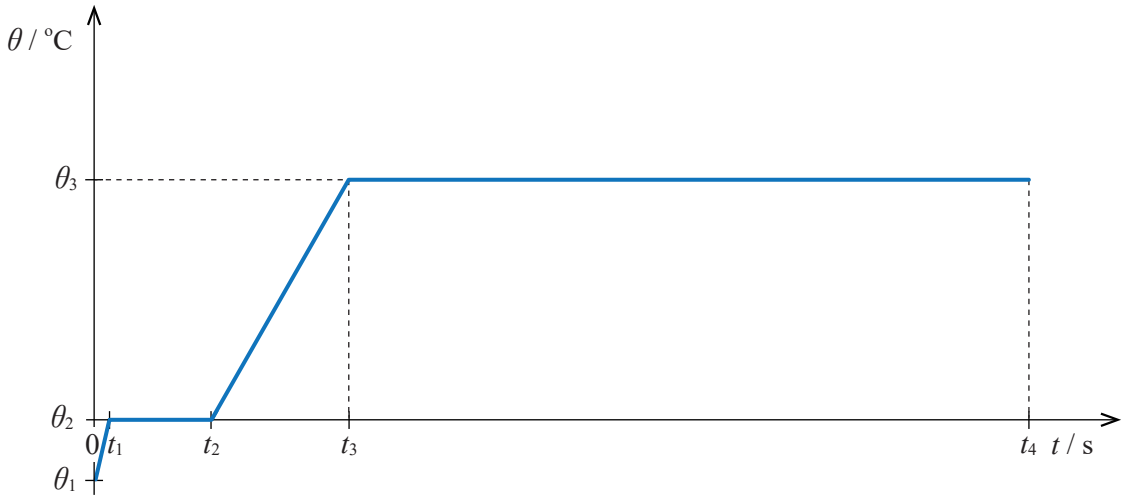



Figura 9

**10.2.1.** Qual das expressões seguintes permite calcular a capacidade térmica mássica do gelo?

Despreze as perdas de massa durante o aquecimento do gelo.

**(A)** $\frac{P(\theta_2 - \theta_1)}{m \times t_1}$

**(B)** $\frac{P \times t_1}{m(\theta_2 - \theta_1)}$

**(C)** $\frac{P \times (\theta_3 - \theta_2)}{m(t_3 - t_2)}$

**(D)** $\frac{P \times (t_3 - t_2)}{m(\theta_3 - \theta_2)}$

* **10.2.2.** Complete o texto seguinte, selecionando a opção adequada a cada espaço.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção selecionada. A cada letra corresponde um só número.

De acordo com a informação apresentada no gráfico da Figura 9, pode concluir-se que, durante as mudanças de fase da amostra de água, a temperatura da água **a)** e a sua energia interna **b)** . A energia necessária para a vaporização completa da amostra de água foi **c)** à energia necessária para a sua fusão completa.

| a) | b) | c) |
|---|---|---|
| **1.** aumentou | **1.** aumentou | **1.** superior |
| **2.** manteve-se constante | **2.** manteve-se constante | **2.** igual |
| **3.** diminuiu | **3.** diminuiu | **3.** inferior |

**FIM**

**1.** O etanol, $CH_3CH_2OH$, faz parte da composição de bebidas alcoólicas e pode ser utilizado como combustível.

O etanal, $CH_3CHO$, pode ser obtido a partir do etanol, e a sua principal utilização é a produção de ácido etanoico.

O ácido etanoico, $CH_3COOH$, tem utilizações variadas, destacando-se o fabrico de essências artificiais.

A Figura 1 representa modelos tridimensionais das moléculas de etanol, etanal e ácido etanoico.

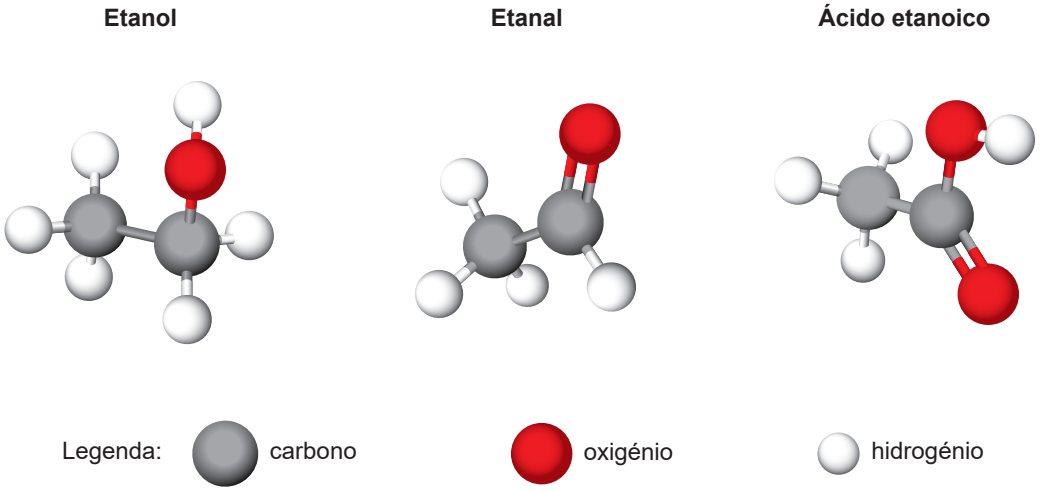



Figura 1

*** 1.1.** Os grupos funcionais nas moléculas de etanol e de ácido etanoico são, respetivamente,

**(A)** carbonilo e hidroxilo.

**(B)** hidroxilo e carboxilo.

**(C)** carbonilo e carboxilo.

**(D)** hidroxilo e carbonilo.

**1.2.** Na molécula de etanal, os números de pares de eletrões ligantes e de pares de eletrões não ligantes são, respetivamente,

**(A)** seis e um.

**(B)** sete e um.

**(C)** seis e dois.

**(D)** sete e dois.

**1.3.** Em solução aquosa, o ácido etanoico, $CH_3COOH\,(aq)$, ioniza-se parcialmente, originando $CH_3COO^-\,(aq)$ e $H_3O^+\,(aq)$. Esta reação pode ser traduzida por

$$CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \qquad K_a = 1{,}8 \times 10^{-5}, \text{ à temperatura } T$$

Após ionização, à temperatura $T$, uma solução aquosa de $CH_3COOH$ apresenta um pH de $2{,}6$.

✱ **1.3.1.** Determine a concentração de $CH_3COOH$ em equilíbrio, à temperatura $T$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

✱ **1.3.2.** Qual das opções seguintes apresenta um par conjugado ácido-base resultante da ionização do ácido etanoico em água?

**(A)** $CH_3COOH\,(aq)$ / $CH_3COO^-\,(aq)$ (B) $CH_3COOH\,(aq)$ / $H_2O\,(l)$

**(C)** $CH_3COO^-\,(aq)$ / $H_3O^+\,(aq)$ (D) $CH_3COO^-\,(aq)$ / $H_2O\,(l)$

**1.4.** Fazendo reagir etanol com ácido etanoico, obtém-se etanoato de etilo, $CH_3COOCH_2CH_3$, e água, num equilíbrio traduzido por

$$CH_3CH_2OH\,(l) + CH_3COOH\,(l) \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3\,(l) + H_2O\,(l)$$

**1.4.1.** Para otimizar o processo, pode recorrer-se ao uso de catalisadores e de um equipamento de laboratório que permite remover a água produzida.

Considere que a temperatura se mantém constante.

Quando se _____ , o quociente da reação, $Q$, passa a ser _____ à constante de equilíbrio, $K_c$.

**(A)** adicionam os catalisadores ... superior

**(B)** remove a água produzida ... superior

**(C)** remove a água produzida ... inferior

**(D)** adicionam os catalisadores ... inferior

✱ **1.4.2.** Num laboratório, juntaram-se $40{,}0$ g de $CH_3COOH$ $\left(M = 60{,}06 \text{ g mol}^{-1}\right)$ a etanol em excesso e obtiveram-se $40{,}0$ g de $CH_3COOCH_2CH_3$ $\left(M = 88{,}12 \text{ g mol}^{-1}\right)$.

Determine o rendimento da reação.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**2.** Os primeiros termómetros baseavam-se na dilatação regular de uma substância líquida termométrica perante o aumento de temperatura. Galileu Galilei foi um dos primeiros construtores de termómetros, tendo usado a água como substância termométrica. Posteriormente, foram desenvolvidos termómetros de etanol, por Ole Römer, Gabriel Fahrenheit e outros.

✱ **2.1.** Na tabela, estão registadas temperaturas aproximadas de fusão e de ebulição de duas substâncias termométricas, à pressão normal.

| Substância termométrica | Temperatura de fusão / ºC | Temperatura de ebulição / ºC |
|---|---|---|
| Água | 0 | 100 |
| Etanol | −114 | 78 |

Uma vantagem do uso do etanol como substância termométrica, relativamente à água, é permitir a medição de temperaturas (à pressão normal)

**(A)** entre $-114$ ºC e $0$ ºC.

**(B)** abaixo de $-114$ ºC.

**(C)** entre $78$ ºC e $100$ ºC.

**(D)** acima de $100$ ºC.

**2.2.** A verificação experimental de que a resistência elétrica de certos metais variava com a temperatura permitiu o desenvolvimento dos termómetros de resistência (termorresistências).

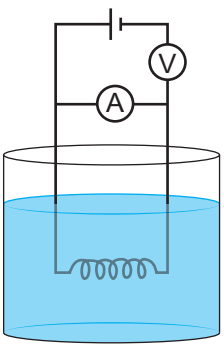
Uma termorresistência pode ser construída enrolando um fio de cobre que, posteriormente, é percorrido por uma corrente elétrica. O enrolamento do fio de cobre, ao ser mergulhado num líquido a uma determinada temperatura, $\theta$, acaba por atingir essa temperatura.

As medições da diferença de potencial nos terminais do enrolamento e da corrente elétrica que o percorre permitem obter a resistência elétrica, $R$, do fio de cobre.

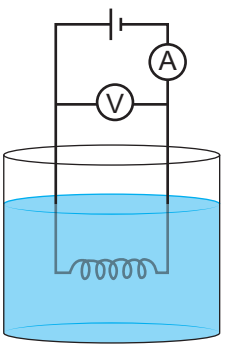
A determinação de $R$, por sua vez, permite obter a temperatura, $\theta$, do líquido.

✱ **2.2.1.** Qual dos esquemas seguintes pode representar o circuito elétrico do termómetro de resistência, acima descrito?

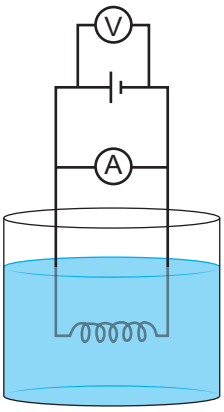
**(A)**



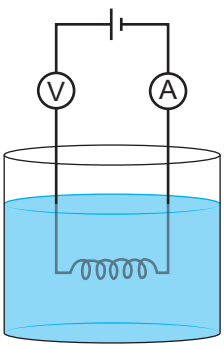

**(B)**




**(C)**




**(D)**



✱ **2.2.2.** O gráfico da Figura 2 mostra a reta de calibração de uma termorresistência.

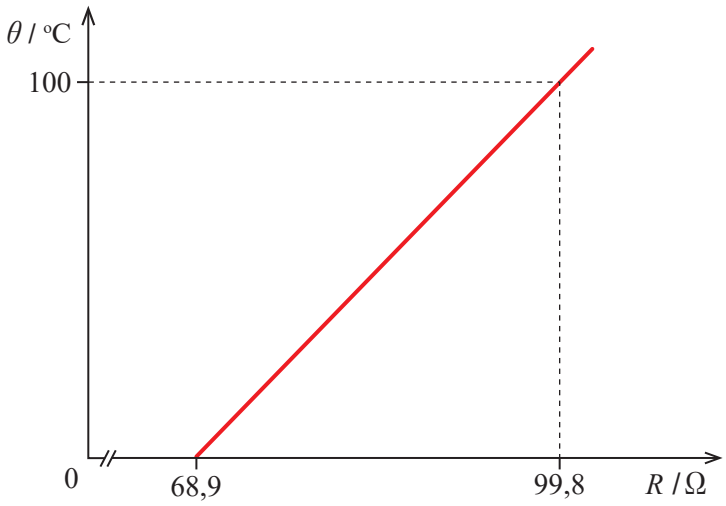



Figura 2

Admita que o fio de cobre apresenta um comportamento óhmico e que, depois de entrar em equilíbrio térmico com um líquido a uma certa temperatura, $\theta$, o fio foi atravessado por uma corrente elétrica de $36{,}9\ \text{mA}$, estando sujeito a uma diferença de potencial de $3{,}00\ \text{V}$ nos seus terminais.

Determine a temperatura, $\theta$, do líquido.

Apresente todos os cálculos efetuados.

✱ **3.** Uma solução alcoólica é armazenada numa garrafa de vidro.

Um feixe de luz, que se propaga na solução alcoólica, sofre um desvio na sua direção de propagação ao atravessar a superfície de separação entre a solução alcoólica e o vidro, como se representa na Figura 3.

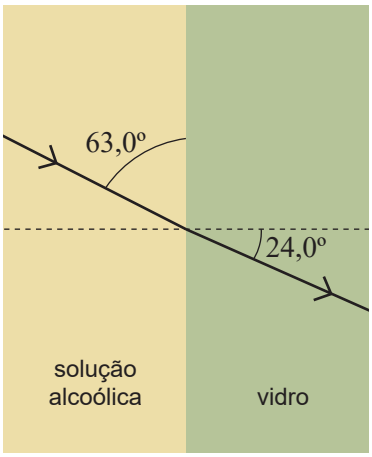



Figura 3

Considere que a velocidade do feixe de luz no vidro é $1{,}97 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.

Determine o índice de refração da solução alcoólica.

Apresente todos os cálculos efetuados.

**4.** A presença de etanol, $CH_3CH_2OH$ $(M = 46{,}08\ g\ mol^{-1})$, num indivíduo pode ser detetada por diferentes métodos.

*** 4.1.** Um dos métodos utilizados envolve um alcoolímetro. No alcoolímetro, o etanol presente no ar expirado reage com o dioxigénio, $O_2$, presente no ar, sendo convertido em ácido etanoico, $CH_3COOH$.

Esta reação pode ser traduzida por

$$CH_3CH_2OH(g) + O_2(g) \longrightarrow CH_3COOH(g) + H_2O(g)$$

Considere que o ar contém $21\%$, em volume, de $O_2$ e admita que o volume molar de um gás à temperatura e à pressão a que ocorre a reação é $24{,}0\ dm^3\ mol^{-1}$.

Qual das expressões seguintes permite calcular, em $dm^3$, o volume de ar necessário à reação completa de $0{,}0275\ g$ de $CH_3CH_2OH$?

**(A)** $\dfrac{21 \times 0{,}0275 \times 24{,}0}{100 \times 46{,}08}$ **(B)** $\dfrac{100 \times 0{,}0275 \times 24{,}0}{21 \times 46{,}08}$

**(C)** $\dfrac{21 \times 0{,}0275}{100 \times 46{,}08 \times 24{,}0}$ **(D)** $\dfrac{100 \times 0{,}0275}{21 \times 46{,}08 \times 24{,}0}$

*** 4.2.** Um condutor ingeriu duas canecas de cerveja contendo, cada uma, $0{,}50\ L$ com $5{,}2\%$, em volume, de $CH_3CH_2OH$.

Uma hora depois, o condutor foi submetido a uma análise laboratorial, tendo sido detetados $0{,}64\ g$ de $CH_3CH_2OH$ por litro de sangue.

Considere que:

- nem todo o etanol ingerido chega à corrente sanguínea;
- o condutor tem $6{,}0\ L$ de sangue, e o seu organismo removeu, na primeira hora, $8{,}5\ g$ de $CH_3CH_2OH$ da corrente sanguínea;
- a massa volúmica do etanol é $0{,}789\ g\ cm^{-3}$, à temperatura e à pressão do organismo do condutor.

Mostre que $30\%$, em massa, do $CH_3CH_2OH$ ingerido chegou à corrente sanguínea durante a primeira hora, após a ingestão das duas canecas de cerveja.

**4.3.** O primeiro dispositivo prático para a deteção de álcool no organismo humano ficou conhecido como «teste do balão».

A presença de $CH_3CH_2OH$ no ar expirado era detetada por uma alteração de cor, devida à reação traduzida por

$$\underset{\text{(laranja)}}{2\ Cr_2O_7^{2-}} + 16\ H^+ + 3\ CH_3CH_2OH \longrightarrow \underset{\text{(verde)}}{4\ Cr^{3+}} + 3\ CH_3COOH + 11\ H_2O$$

Na presença de $CH_3CH_2OH$, observa-se a cor _____ , sendo o $Cr_2O_7^{2-}$ a espécie _____ .

**(A)** laranja ... oxidante **(B)** laranja ... redutora

**(C)** verde ... redutora **(D)** verde ... oxidante

**5.** O tempo de reação é o intervalo de tempo entre a geração de um estímulo (visual, auditivo ou outro) e a resposta motora.

**5.1.** Na condução, sob o efeito de álcool, há um aumento do tempo de reação e, consequentemente, do risco de acidentes rodoviários.

Um condutor, ao observar um obstáculo na estrada, reage e coloca o pé no travão até imobilizar o veículo.

Considere $t = 0$ s o instante em que o condutor observa o obstáculo.

Na Figura 4, apresentam-se os gráficos do módulo da velocidade, $v$, de um condutor (sistema *veículo* + *condutor*), em função do tempo, $t$, quando estava sóbrio e quando se encontrava sob o efeito de álcool.

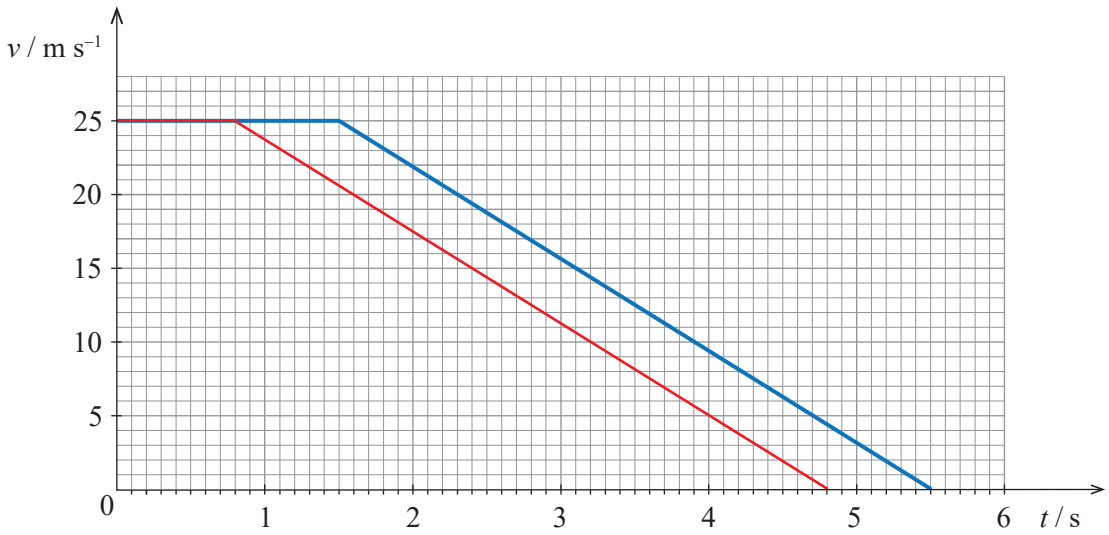



Figura 4

Sob o efeito de álcool, o condutor percorreu mais _____ do que quando estava sóbrio.

**(A)** 70,0 m **(B)** 37,5 m **(C)** 17,5 m **(D)** 87,5 m

**✱ 5.2.** Considere a experiência seguinte, que permite estimar o tempo de reação de uma pessoa recorrendo unicamente a uma régua.

Uma pessoa, A, segura a extremidade superior de uma régua posicionada verticalmente, enquanto outra pessoa, B, coloca a sua mão na parte inferior da régua, na marcação 0 cm, sem a segurar.

A pessoa A larga a régua, e a pessoa B, sem alterar a posição da mão, segura-a, tal como é ilustrado na Figura 5.

Considere desprezável a resistência do ar.

Deduza a expressão matemática que permite estimar o tempo de reação da pessoa B, com base na medição a efetuar nesta experiência.

Na sua resposta, explicite o significado da grandeza que consta na expressão e que é medida nesta experiência.

Utilize uma linguagem científica adequada.

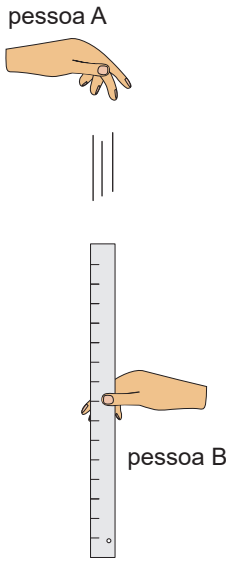



Figura 5

**6.** Algumas condições estruturais das vias rápidas e autoestradas contribuem para a segurança rodoviária na circulação de veículos. Nas saídas das autoestradas, constroem-se vias aproximadamente circulares para efetuar alterações de sentido e rampas de emergência para diminuir drasticamente o módulo da velocidade.

**6.1.** Numa determinada via, um automóvel realiza uma trajetória circular, de raio $85\ \text{m}$, como se representa na Figura 6.

Considere que o automóvel tem energia cinética constante de $2{,}40 \times 10^5\ \text{J}$.

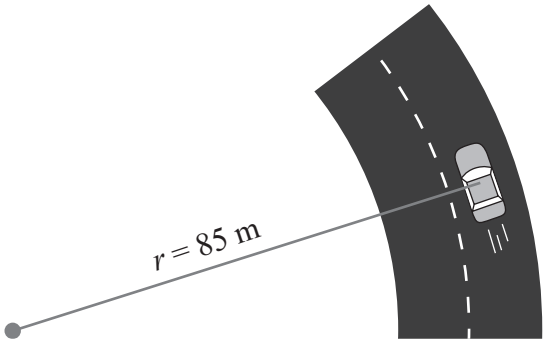



Figura 6

Qual é a intensidade da resultante das forças que atuam no automóvel, enquanto este percorre esta via?

**(A)** $5{,}6 \times 10^3\ \text{N}$

**(B)** $2{,}8 \times 10^3\ \text{N}$

**(C)** $4{,}1 \times 10^7\ \text{N}$

**(D)** $2{,}0 \times 10^7\ \text{N}$

*** 6.2.** Um camião em movimento num percurso retilíneo, de desnível acentuado, sofre uma falha no sistema de travagem. O motorista dirige o camião para uma rampa de emergência com inclinação $\alpha$, de acordo com a Figura 7.

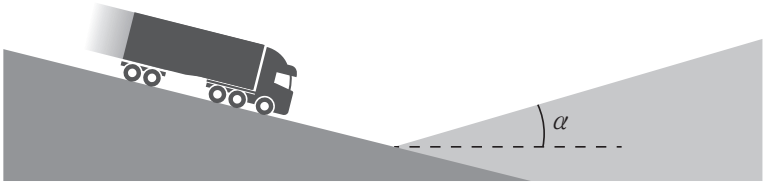



Figura 7

Admita que o camião pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que são desprezáveis todas as forças dissipativas que nele atuam ao longo da rampa de emergência.

Numa determinada ocasião, um camião de $1{,}3 \times 10^4 \text{ kg}$ entra numa rampa de emergência com uma inclinação de $12^\text{o}$. A velocidade inicial do camião é, em módulo, $130 \text{ km h}^{-1}$ e, nesta circunstância, o camião percorre uma distância, $d$, até parar.

Considere a existência de outras situações, em que se altera apenas uma das condições: módulo da velocidade inicial do camião, massa do camião ou inclinação da rampa de emergência.

Associe cada uma das situações, expressas na Coluna **I**, a uma das descrições da variação da distância percorrida pelo camião na rampa de emergência, até parar, que constam na Coluna **II**.

Escreva, na folha de respostas, cada letra da Coluna **I** seguida do número correspondente da Coluna **II**. A cada letra corresponde apenas um número.

| **COLUNA I** | **COLUNA II** |
|---|---|
| **(a)** Se o módulo da velocidade inicial do camião for $120 \text{ km h}^{-1}$, | **(1)** $d$ diminui cerca de $15\%$. |
| **(b)** Se a massa do camião for $1{,}0 \times 10^4 \text{ kg}$, | **(2)** $d$ diminui cerca de $20\%$. |
| **(c)** Se a inclinação da rampa de emergência for $10^\text{o}$, | **(3)** $d$ mantém-se. |
| | **(4)** $d$ aumenta cerca de $20\%$. |
| | **(5)** $d$ aumenta cerca de $15\%$. |

**7.** Uma espira metálica retangular, $\alpha$, é colocada sobre um carrinho de fibra de vidro, e este sobe um plano inclinado com velocidade constante, atravessando uma região na qual foi criado um campo magnético uniforme, $\vec{B}$, de direção perpendicular ao plano da espira, representado a sombreado na Figura 8.

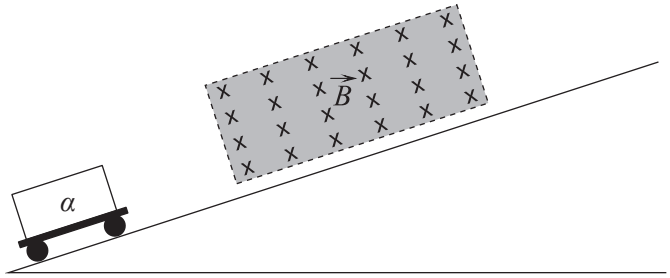
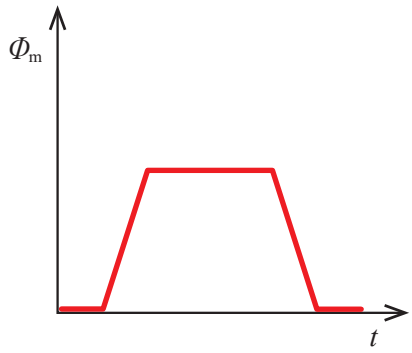


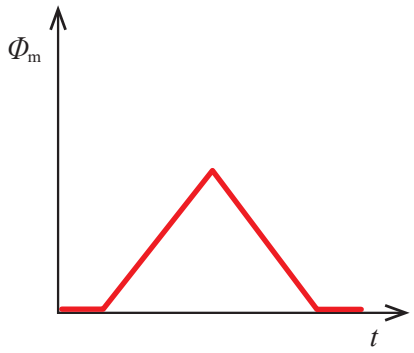

Figura 8

Qual é o esboço do gráfico que pode representar o fluxo magnético, $\Phi_m$, que atravessa a superfície delimitada pela espira, $\alpha$, em função do tempo, $t$, à medida que o carrinho sobe o plano inclinado?

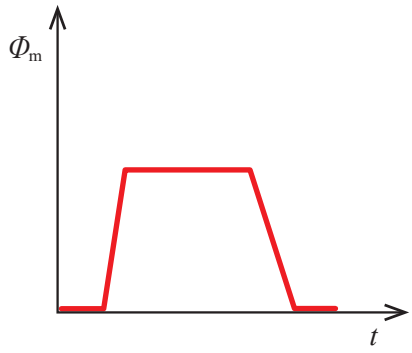
**(A)**



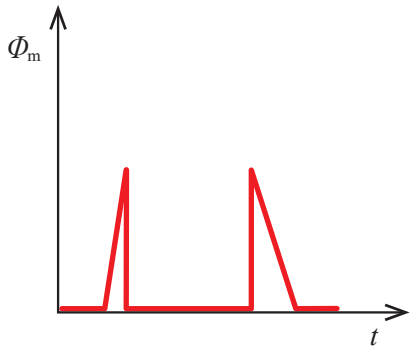

**(B)**




**(C)**




**(D)**



**8.** Em 1814, um físico detetou, no espectro do Sol, uma série de riscas negras que viriam a ser conhecidas como riscas de Fraunhofer. Alguns anos depois, seria um químico, R. Bunsen, a identificar a causa destas riscas negras no espectro solar. No laboratório, Bunsen observou que certas substâncias, ao serem aquecidas no bico de Bunsen (testes de chama), originavam espectros de linhas brilhantes característicos e relacionou, para determinados elementos químicos, espectros de absorção com espectros de emissão.

Atualmente, a pesquisa de elementos químicos também é feita na atmosfera de exoplanetas. Na atmosfera do planeta WASP-121 b, foram inicialmente detetados dois elementos: o cálcio e um outro, aqui designado por X, letra que não corresponde ao símbolo do elemento químico. Recentemente, também foi detetada a presença de bário na atmosfera do exoplaneta.

**8.1.** Para determinar as energias de remoção dos eletrões dos átomos, utiliza-se a espectroscopia fotoeletrónica (PES). A Figura 9 mostra um excerto do espectro de dois elementos, do bloco *s* da Tabela Periódica, presentes na atmosfera do WASP-121 b, o Ca e o elemento X. No excerto, figuram as energias de remoção dos eletrões de valência destes dois elementos.

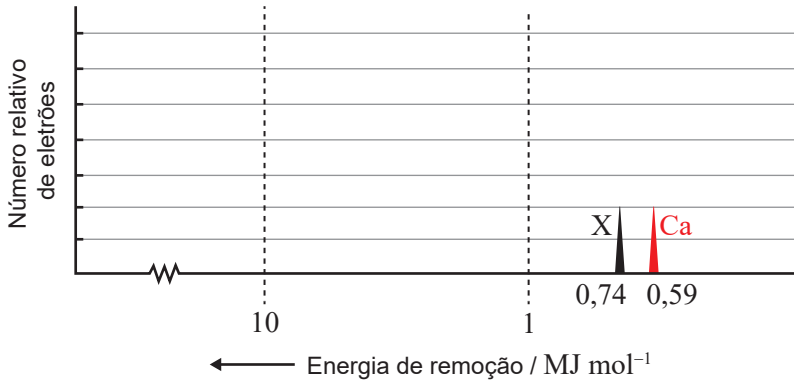



Figura 9

Os dois elementos pertencem ao mesmo _____ da Tabela Periódica, tendo o elemento X um número atómico _____ ao do cálcio.

**(A)** período ... inferior

**(B)** grupo ... inferior

**(C)** período ... superior

**(D)** grupo ... superior

*** 8.2.** Uma amostra de um sal desconhecido foi aquecida com uma chama. Com um espectroscópio, obteve-se o seu espectro na região do visível.

Na Figura 10, representam-se o espectro da amostra e os espectros atómicos de X e do bário.

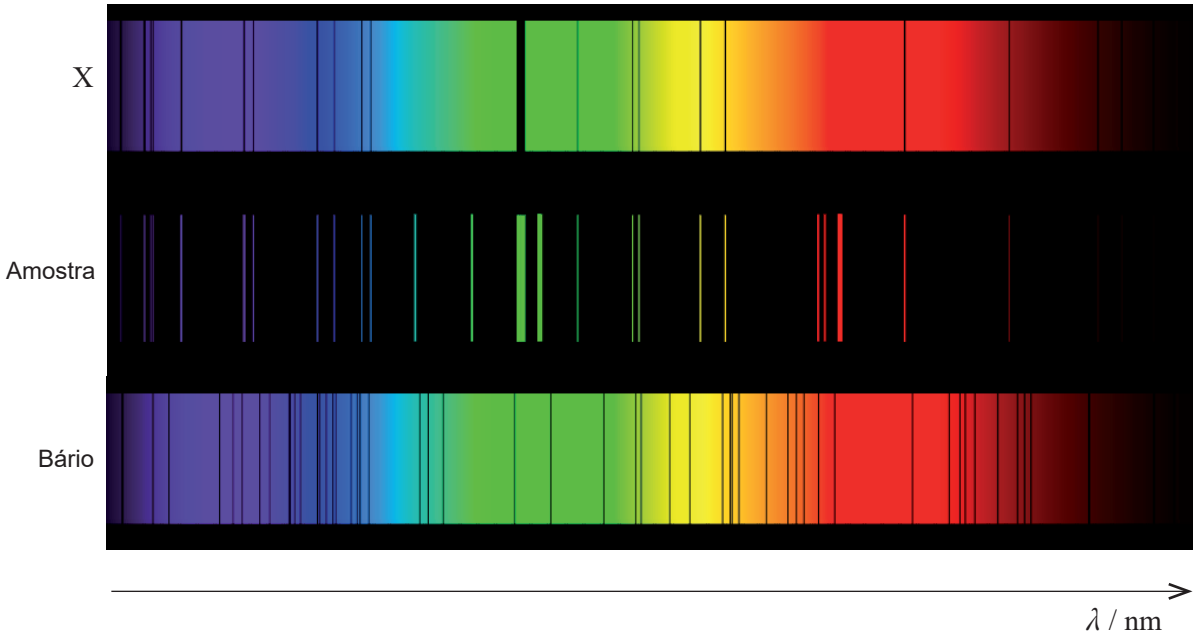



Figura 10

Complete o texto seguinte, selecionando a opção adequada a cada espaço.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção selecionada. A cada letra corresponde um só número.

De acordo com a informação da Figura 10, a amostra contém catiões de **a)** , uma vez que o seu espectro **b)** tem riscas que resultam da **c)** dos iões desse(s) elemento(s).

| a) | b) | c) |
|---|---|---|
| **1.** bário | **1.** de emissão | **1.** excitação |
| **2.** X | **2.** de absorção | **2.** desexcitação |
| **3.** bário e de X | **3.** contínuo | **3.** ionização |

*** 8.3.** No Quadro I, indicam-se as cores das chamas associadas à presença de alguns catiões.

Quadro I

| | **Cobre** | **Sódio** | **Bário** | **Cálcio** | **Potássio** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Cor da chama** | Azul-esverdeado | Amarelo | Verde-claro | Vermelho-tijolo | Lilás |

Numa aula de laboratório, realizou-se uma atividade que visava a identificação de catiões metálicos em três amostras distintas de alguns sais. Os catiões são representados por $\mathrm{M}$, $\mathrm{N}$, $\mathrm{O}$, $\mathrm{T}$ e $\mathrm{W}$ (que não correspondem a símbolos químicos) e estão contemplados no Quadro I.

Para a atividade, os alunos dispunham de:

- cloreto de $\mathrm{M}$, cloreto de $\mathrm{N}$, cloreto de $\mathrm{O}$, cloreto de $\mathrm{T}$ e cloreto de $\mathrm{W}$;
- sulfato de $\mathrm{M}$, sulfato de $\mathrm{N}$, sulfato de $\mathrm{O}$, sulfato de $\mathrm{T}$ e sulfato de $\mathrm{W}$.

Os alunos embeberam pedaços de algodão em etanol, que colocaram em três cadinhos de porcelana, e adicionaram a mesma quantidade de cada um dos sais aos cadinhos.

Depois de provocar a ignição do etanol, observaram as cores presentes na chama.

Os resultados obtidos pelos grupos 1 e 2 foram registados no Quadro II.

Quadro II

| | **Amostra** | **Cor** |
|---|---|---|
| **Grupo 1** | Cloreto de $\mathrm{N}$ | Amarelo |
| | Cloreto de $\mathrm{T}$ | Verde-claro |
| | Cloreto de $\mathrm{W}$ | Azul-esverdeado |
| **Grupo 2** | Cloreto de $\mathrm{O}$ | Vermelho-tijolo |
| | Sulfato de $\mathrm{M}$ | Lilás-amarelado |
| | Cloreto de $\mathrm{T}$ | Verde-claro |

Mostre, fundamentando, qual dos grupos não atingiu totalmente o objetivo da atividade.

Na sua resposta, explicite duas razões, uma relativa ao procedimento (controle de variáveis) e outra relativa à interpretação dos resultados obtidos.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

**9.** Uma bola de voleibol, V, e uma bola de futebol, F, foram lançadas verticalmente, de baixo para cima, a partir da mesma posição, $y_0$, com velocidades iniciais de módulos $5{,}0\ \text{m s}^{-1}$ e $4{,}0\ \text{m s}^{-1}$, respetivamente, de acordo com a Figura 11.

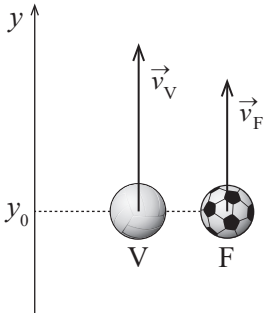



Figura 11

Admita que:

- $y_0$ é o nível de referência da energia potencial gravítica;
- a resistência do ar é desprezável;
- as bolas podem ser representadas pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

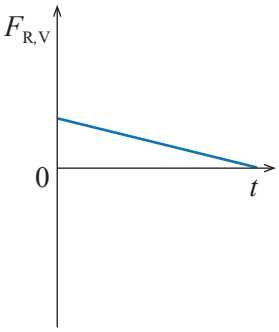
*** 9.1.** Determine, mediante considerações energéticas, a razão entre a altura máxima atingida pela bola de voleibol, $y_{\text{máx, V}}$, e a altura máxima atingida pela bola de futebol, $y_{\text{máx, F}}$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

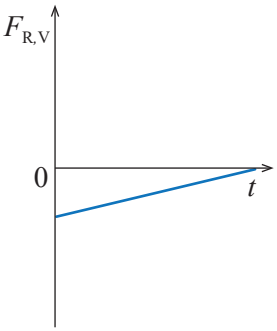
**9.2.** Considere que a bola de voleibol foi lançada no instante $t = 0\ \text{s}$ e que a bola de futebol foi lançada $3\ \text{s}$ depois.

*** 9.2.1.** Qual dos esboços seguintes pode representar a componente escalar da força resultante que atua na bola de voleibol, $F_{\text{R, V}}$, em função do tempo, $t$, desde o instante em que a bola é lançada até ao instante em que atinge a altura máxima?

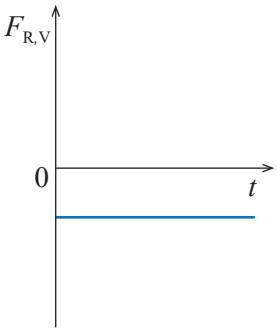
**(A)**



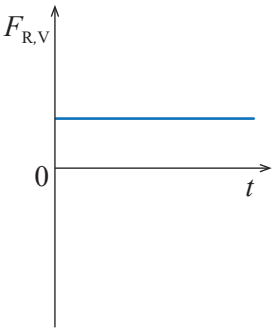

**(B)**




**(C)**




**(D)**




**9.2.2.** Qual das opções seguintes pode representar a equação que permite obter a componente escalar da velocidade da bola de futebol, $v_F$, em função do tempo, $t$, expressa nas unidades base do SI?

**(A)** $v_F = 4{,}0 + 9{,}80(t - 3)$ se $t \geq 3$

**(B)** $v_F = 4{,}0 - 9{,}80(t - 3)$ se $t \geq 3$

**(C)** $v_F = 4{,}0 + 9{,}80(t + 3)$ se $t \geq 3$

**(D)** $v_F = 4{,}0 - 9{,}80(t + 3)$ se $t \geq 3$

**FIM**