
EXAME FINAL NACIONAL DO ENSINO SECUNDÁRIO

Prova Escrita de Física e Química A

11.º Ano de Escolaridade

Decreto-Lei n.º 139/2012, de 5 de julho

Prova 715/2.ª Fase

16 Páginas

Duração da Prova: 120 minutos. Tolerância: 30 minutos.

2014

VERSÃO 1

Indique de forma legível a versão da prova.

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta azul ou preta.

É permitida a utilização de régua, esquadro, transferidor e calculadora gráfica.

Não é permitido o uso de corretor. Deve riscar aquilo que pretende que não seja classificado.

Para cada resposta, identifique o grupo e o item.

Apresente as suas respostas de forma legível.

Apresente apenas uma resposta para cada item.

A prova inclui uma tabela de constantes, um formulário e uma tabela periódica.

As cotações dos itens encontram-se no final do enunciado da prova.

TABELA DE CONSTANTES

Velocidade de propagação da luz no vácuo	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Módulo da aceleração gravítica de um corpo junto à superfície da Terra	$g = 10 \text{ m s}^{-2}$
Constante de Gravitação Universal	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Constante de Avogadro	$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
Produto iónico da água (a 25 °C)	$K_w = 1,00 \times 10^{-14}$
Volume molar de um gás (PTN)	$V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

FORMULÁRIO

- **Conversão de temperatura (de grau Celsius para kelvin)** $T = \theta + 273,15$
T – temperatura absoluta (temperatura em kelvin)
θ – temperatura em grau Celsius
- **Densidade (massa volúmica)** $\rho = \frac{m}{V}$
m – massa
V – volume
- **Efeito fotoelétrico** $E_{\text{rad}} = E_{\text{rem}} + E_c$
E_{rad} – energia de um fóton da radiação incidente no metal
E_{rem} – energia de remoção de um eletrão do metal
E_c – energia cinética do eletrão removido
- **Concentração de solução** $c = \frac{n}{V}$
n – quantidade de soluto
V – volume de solução
- **Relação entre pH e concentração de H₃O⁺** $\text{pH} = -\log \{[\text{H}_3\text{O}^+] / \text{mol dm}^{-3}\}$
- **1.ª Lei da Termodinâmica** $\Delta U = W + Q + R$
ΔU – variação da energia interna do sistema (também representada por *ΔE_i*)
W – energia transferida, entre o sistema e o exterior, sob a forma de trabalho
Q – energia transferida, entre o sistema e o exterior, sob a forma de calor
R – energia transferida, entre o sistema e o exterior, sob a forma de radiação
- **Lei de Stefan-Boltzmann** $P = e \sigma AT^4$
P – potência total irradiada pela superfície de um corpo
e – emissividade da superfície do corpo
σ – constante de Stefan-Boltzmann
A – área da superfície do corpo
T – temperatura absoluta da superfície do corpo
- **Energia ganha ou perdida por um corpo devido à variação da sua temperatura** $E = m c \Delta T$
m – massa do corpo
c – capacidade térmica mássica do material de que é constituído o corpo
ΔT – variação da temperatura do corpo
- **Taxa temporal de transferência de energia, sob a forma de calor, por condução** $\frac{Q}{\Delta t} = k \frac{A}{l} \Delta T$
Q – energia transferida, sob a forma de calor, por condução, através de uma barra, no intervalo de tempo *Δt*
k – condutividade térmica do material de que é constituída a barra
A – área da secção da barra, perpendicular à direção de transferência de energia
l – comprimento da barra
ΔT – diferença de temperatura entre as extremidades da barra

- Trabalho realizado por uma força constante, \vec{F} , que atua sobre um corpo em movimento retilíneo** $W = Fd \cos \alpha$
 d – módulo do deslocamento do ponto de aplicação da força
 α – ângulo definido pela força e pelo deslocamento
- Energia cinética de translação** $E_c = \frac{1}{2} mv^2$
 m – massa
 v – módulo da velocidade
- Energia potencial gravítica em relação a um nível de referência** $E_p = m g h$
 m – massa
 g – módulo da aceleração gravítica junto à superfície da Terra
 h – altura em relação ao nível de referência considerado
- Teorema da energia cinética** $W = \Delta E_c$
 W – soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam num corpo, num determinado intervalo de tempo
 ΔE_c – variação da energia cinética do centro de massa do corpo, no mesmo intervalo de tempo
- Lei da Gravitação Universal** $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
 F_g – módulo da força gravítica exercida pela massa pontual m_1 (m_2) na massa pontual m_2 (m_1)
 G – constante de Gravitação Universal
 r – distância entre as duas massas
- 2.ª Lei de Newton** $\vec{F} = m \vec{a}$
 \vec{F} – resultante das forças que atuam num corpo de massa m
 \vec{a} – aceleração do centro de massa do corpo
- Equações do movimento retilíneo com aceleração constante** $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$
 x – valor (componente escalar) da posição
 v – valor (componente escalar) da velocidade $v = v_0 + a t$
 a – valor (componente escalar) da aceleração
 t – tempo
- Equações do movimento circular com velocidade linear de módulo constante** $a_c = \frac{v^2}{r}$
 a_c – módulo da aceleração centrípeta
 v – módulo da velocidade linear $v = \frac{2\pi r}{T}$
 r – raio da trajetória
 T – período do movimento $\omega = \frac{2\pi}{T}$
 ω – módulo da velocidade angular
- Comprimento de onda** $\lambda = \frac{v}{f}$
 v – módulo da velocidade de propagação da onda
 f – frequência do movimento ondulatório
- Função que descreve um sinal harmónico ou sinusoidal** $y = A \sin(\omega t)$
 A – amplitude do sinal
 ω – frequência angular
 t – tempo
- Fluxo magnético que atravessa uma superfície, de área A , em que existe um campo magnético uniforme, \vec{B}** $\Phi_m = B A \cos \alpha$
 α – ângulo entre a direção do campo e a direção perpendicular à superfície
- Força eletromotriz induzida numa espira metálica** $|\varepsilon_{i}| = \frac{|\Delta \Phi_m|}{\Delta t}$
 $\Delta \Phi_m$ – variação do fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pela espira, no intervalo de tempo Δt
- Lei de Snell-Descartes para a refração** $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$
 n_1, n_2 – índices de refração dos meios 1 e 2, respetivamente
 α_1, α_2 – ângulos entre a direção de propagação da onda e a normal à superfície separadora no ponto de incidência, nos meios 1 e 2, respetivamente

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, explicitar todos os cálculos efetuados e apresentar 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 atuam 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).

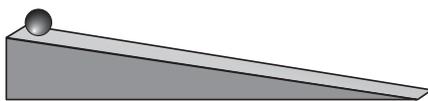


Figura 1

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.

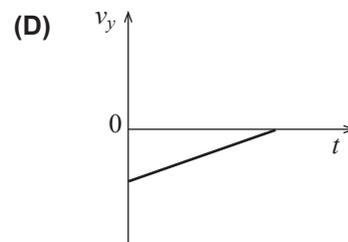
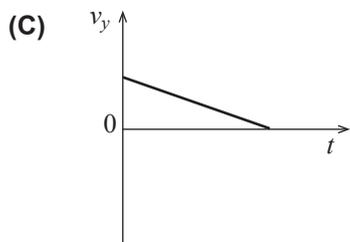
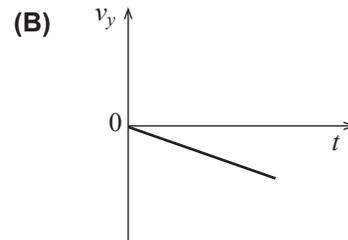
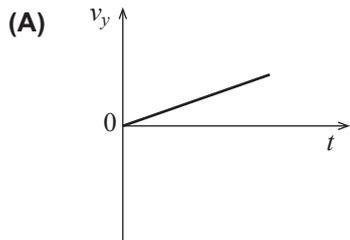
Apresente todas as etapas de resolução.

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.

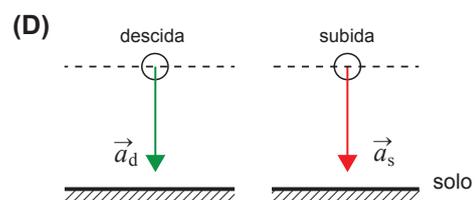
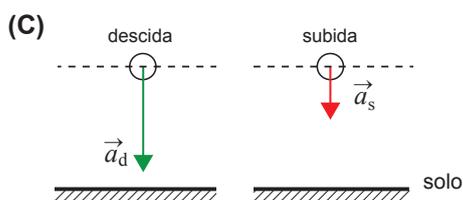
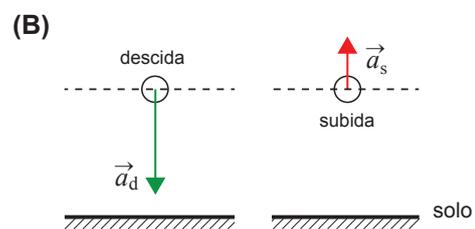
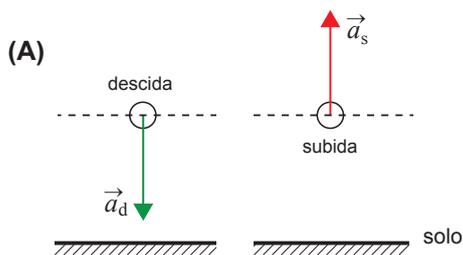
Qual é o esboço do gráfico que pode representar a componente escalar da velocidade da bola, v_y , em relação ao referencial considerado, em função do tempo, t , desde o instante em que é abandonada até chegar ao solo?



- 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?



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 g de gelo fragmentado, à temperatura de 0,0 °C, a 260,0 g de água líquida, a 20,0 °C.

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

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

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

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 (J), necessária para fundir completamente o gelo?

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

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

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

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

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 °C, tendo obtido $1,140 \times 10^4 \text{ J}$.

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

Página em branco

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 respectivas 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 °C.

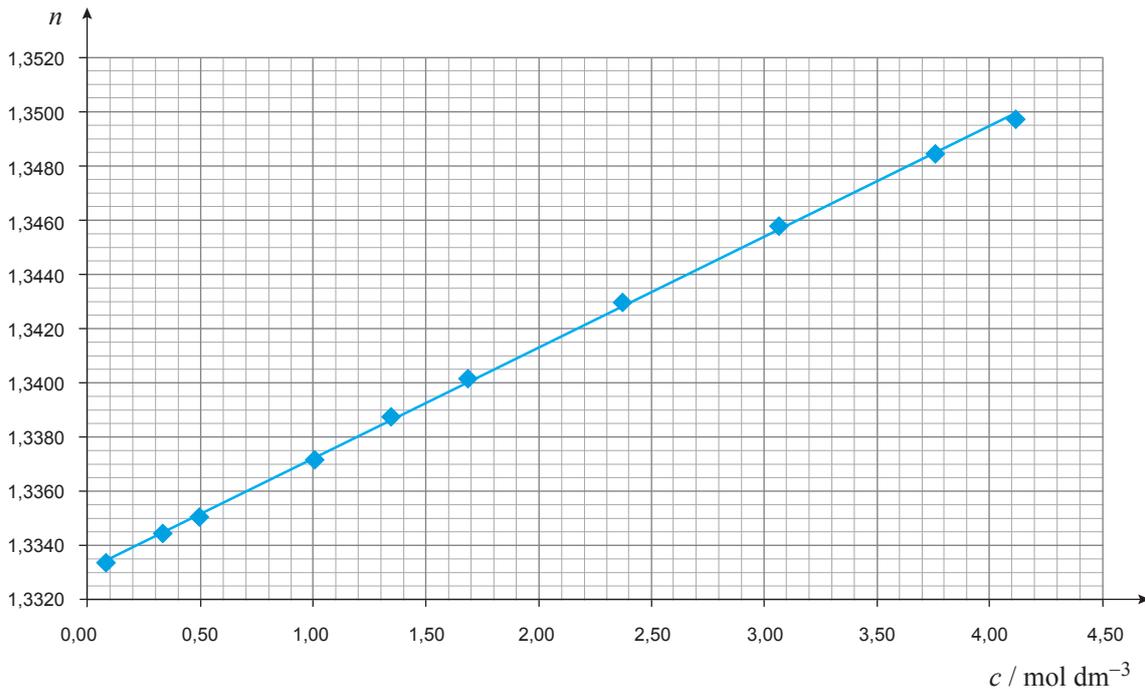


Figura 2

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 mol dm⁻³ e 1,34 mol dm⁻³.

Sobre cada uma dessas soluções, a 20 °C, fez-se incidir um feixe, muito fino, da radiação monocromática referida, segundo um mesmo ângulo.

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

- (A) 1,34 mol dm⁻³, e o ângulo de refração será menor na mesma solução.
- (B) 1,34 mol dm⁻³, e o ângulo de refração será maior na mesma solução.
- (C) 0,50 mol dm⁻³, e o ângulo de refração será menor na mesma solução.
- (D) 0,50 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 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, sobre a qual incide um feixe, muito fino, da radiação monocromática referida, segundo a direção representada.

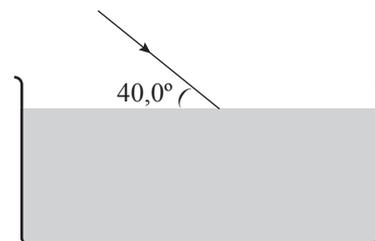


Figura 3

Determine o ângulo de refração que se deverá observar.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$n_{\text{ar}} (\text{índice de refração do ar}) = 1,000$$

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 $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$?

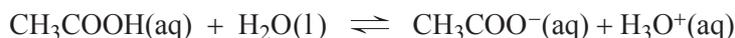
- (A) 9
 - (B) 5
 - (C) 4
 - (D) 2
5. A densidade de uma solução de ácido acético de concentração $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$ é $1,0025 \times 10^3 \text{ g dm}^{-3}$, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade de ácido acético que existe em 100 g da solução?

- (A) $\left(\frac{0,50 \times 100}{1,0025 \times 10^3} \right) \text{ mol}$
- (B) $\left(\frac{100}{0,50 \times 1,0025 \times 10^3} \right) \text{ mol}$
- (C) $\left(\frac{1,0025 \times 10^3}{0,50 \times 100} \right) \text{ mol}$
- (D) $\left(\frac{0,50 \times 1,0025 \times 10^3}{100} \right) \text{ mol}$

GRUPO V

O ácido acético, $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$, é um ácido monoprotico fraco, cuja ionização em água pode ser traduzida por



1. Nesta reação, podem ser identificados dois pares conjugados de ácido-base, segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

O que é uma base conjugada de um ácido de Brønsted-Lowry?

2. Considere uma solução aquosa de ácido acético de concentração $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$, à qual foi sendo adicionada uma solução aquosa de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$.

A tabela seguinte apresenta os valores de pH, a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, da solução inicial e das soluções resultantes das adições efetuadas, em função do volume total de $\text{NaOH}(\text{aq})$ adicionado.

Volume total de $\text{NaOH}(\text{aq}) / \text{cm}^3$	pH
0,00	2,88
10,00	4,16
25,00	4,76
40,00	5,36
50,00	8,73

- 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 $\text{NaOH}(\text{aq})$ adicionado é $40,00 \text{ cm}^3$, verifica-se que a concentração hidrogeniônica, em relação ao valor inicial, diminui cerca de

- (A) duas vezes.
- (B) três vezes.
- (C) trezentas vezes.
- (D) mil vezes.

- 2.3. O ácido acético é um ácido fraco e, assim, a sua ionização em água ocorrerá em pequena extensão.

Conclua, justificando com base no Princípio de Le Châtelier, se a ionização deste ácido em água é favorecida pela adição de $\text{NaOH}(\text{aq})$.

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



- 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?

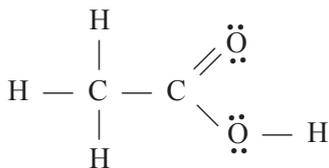
- (A) $\left(\frac{64 \times 60,06 \times 10^3}{44,06} \right) \text{ g}$
- (B) $\left(\frac{0,64 \times 60,06 \times 10^3}{44,06} \right) \text{ g}$
- (C) $\left(\frac{0,64 \times 44,06 \times 10^3}{60,06} \right) \text{ g}$
- (D) $\left(\frac{64 \times 44,06 \times 10^3}{60,06} \right) \text{ g}$

- 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 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 elétrons de valência.
- (B) 16 elétrons de valência.
- (C) 12 elétrons de valência.
- (D) 8 elétrons 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

COTAÇÕES

GRUPO I

1.	5 pontos
2.	5 pontos
3.	5 pontos
4.	15 pontos
	<hr/>
	30 pontos

GRUPO II

1.	10 pontos
2.	
2.1.	5 pontos
2.2.	5 pontos
	<hr/>
	20 pontos

GRUPO III

1.	5 pontos
2.	5 pontos
3.	
3.1.	5 pontos
3.2.	15 pontos
	<hr/>
	30 pontos

GRUPO IV

1.	5 pontos
2.	10 pontos
3.	5 pontos
4.	5 pontos
5.	5 pontos
	<hr/>
	30 pontos

GRUPO V

1.	5 pontos
2.	
2.1.	10 pontos
2.2.	5 pontos
2.3.	10 pontos
	<hr/>
	30 pontos

GRUPO VI

1.	
1.1.	5 pontos
1.2.	5 pontos
1.3.	10 pontos
2.	5 pontos
3.	5 pontos
	<hr/>
	30 pontos

GRUPO VII

1.	
1.1.	5 pontos
1.2.	5 pontos
1.3.	5 pontos
2.	5 pontos
3.	10 pontos
	<hr/>
	30 pontos

TOTAL	200 pontos
--------------------	-------------------