



Prova Escrita de Física e Química A

10.º e 11.º Anos de Escolaridade

Prova 715/2.ª Fase

16 Páginas

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

2013

VERSÃO 1

Na folha de respostas, indique de forma legível a versão da prova (Versão 1 ou Versão 2). A ausência dessa indicação implica a classificação com zero pontos das respostas aos itens de escolha múltipla.

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta indelével, azul ou preta.

Pode utilizar régua, esquadro, transferidor e máquina de calcular gráfica.

Não é permitido o uso de corretor. Em caso de engano, deve riscar de forma inequívoca aquilo que pretende que não seja classificado.

Escreva de forma legível a numeração dos itens, bem como as respetivas respostas. As respostas ilegíveis ou que não possam ser claramente identificadas são classificadas com zero pontos.

Para cada item, apresente apenas uma resposta. Se escrever mais do que uma resposta a um mesmo item, apenas é classificada a resposta apresentada em primeiro lugar.

Para responder aos itens de escolha múltipla, escreva, na folha de respostas:

- o número do item;
- a letra que identifica a única opção escolhida.

Nos itens de construção de cálculo, apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados e apresentando todas as justificações e/ou conclusões solicitadas.

A prova inclui uma tabela de constantes na página 2, um formulário nas páginas 2 e 3, e uma tabela periódica na página 4.

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 H_3O^+** $\text{pH} = -\log \{[\text{H}_3\text{O}^+] / \text{mol dm}^{-3}\}$

- **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** $\frac{Q}{\Delta t} = k \frac{A}{\ell} \Delta T$
 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 direcção 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

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 $3,6 \times 10^4$ km de um satélite geoestacionário.

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

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

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

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

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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

$$\begin{aligned} \text{raio da Terra} &= 6,4 \times 10^6 \text{ m} \\ \text{massa da Terra} &= 5,98 \times 10^{24} \text{ kg} \end{aligned}$$

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

- 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 m^2 .

Determine a energia elétrica média, em quilowatt-hora (kWh), 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 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_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) $\left(\frac{800 \times 10 \times 0,21}{V_m}\right)\text{ mol}$

(B) $\left(\frac{800 \times 10}{0,21} \times V_m\right)\text{ mol}$

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

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

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

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

(A) $1,0 \times 10^3\text{ m}$

(B) $3,0 \times 10^3\text{ m}$

(C) $4,5 \times 10^3\text{ m}$

(D) $7,5 \times 10^3\text{ m}$

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

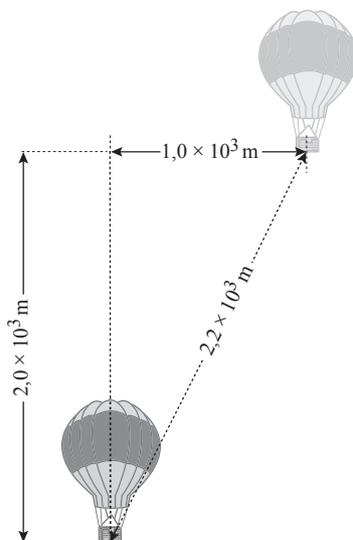
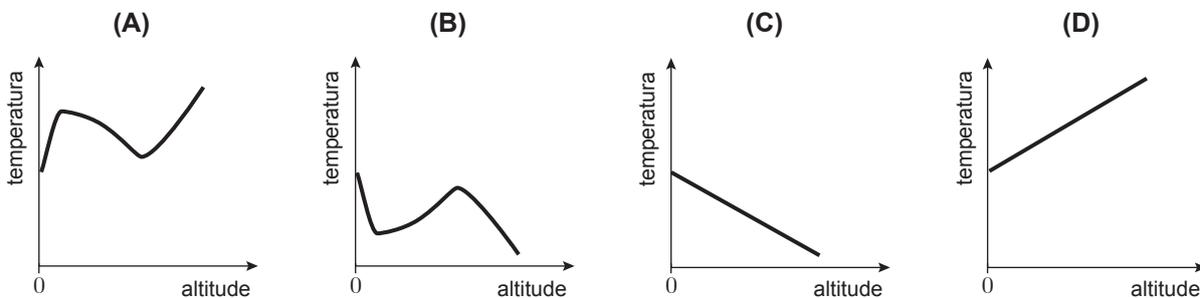


Figura 2

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}_g , que atua no balão?

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

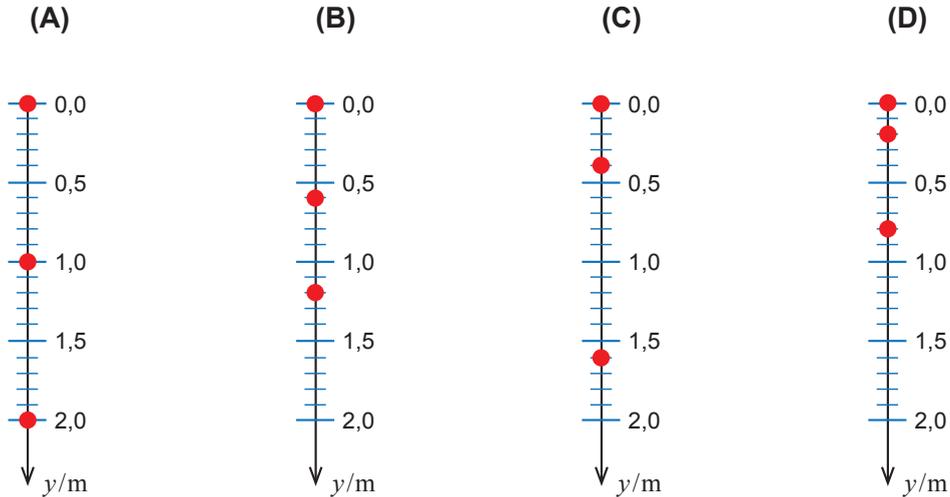
4. Qual é o esboço do gráfico que pode representar, globalmente, a temperatura do ar na troposfera, em função da altitude?



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?



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).

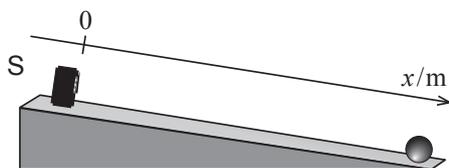
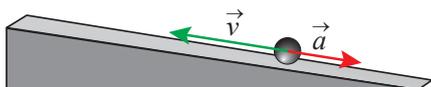


Figura 3

- 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?

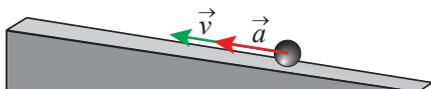
(A)



(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

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

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

Utilize a calculadora gráfica.

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

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

GRUPO IV

1. O trióxido de enxofre, SO_3 , pode decompor-se, em fase gasosa, originando dióxido de enxofre, SO_2 , e oxigênio, O_2 . A reação pode ser traduzida por



- 1.1. Considere que num recipiente de $2,0 \text{ dm}^3$ se introduziram $4,0 \text{ mol}$ de $\text{SO}_3(\text{g})$, à temperatura T .

Depois de o sistema químico atingir o equilíbrio, verificou-se que apenas 40% da quantidade inicial de $\text{SO}_3(\text{g})$ tinha reagido.

Determine a constante de equilíbrio, K_c , da reação considerada, à temperatura T .

Apresente todas as etapas de resolução.

- 1.2. A reação de decomposição do $\text{SO}_3(\text{g})$ é uma reação endotérmica, em que o sistema químico absorve $9,82 \times 10^4 \text{ J}$ por cada mole de SO_3 que se decompõe.

A variação de energia, em joule (J), associada à decomposição de duas moles de $\text{SO}_3(\text{g})$ será

(A) $-(9,82 \times 10^4 \times 2) \text{ J}$

(B) $+\left(\frac{9,82 \times 10^4}{2}\right) \text{ J}$

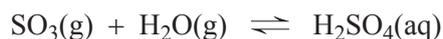
(C) $+(9,82 \times 10^4 \times 2) \text{ J}$

(D) $-\left(\frac{9,82 \times 10^4}{2}\right) \text{ J}$

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

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

3. O $\text{SO}_3(\text{g})$ é usado na preparação do ácido sulfúrico comercial, por reação com vapor de água. A reação que ocorre pode ser traduzida por



Considere que se obtém uma solução concentrada de ácido sulfúrico, de densidade $1,84 \text{ g cm}^{-3}$, que contém 98%, em massa, de H_2SO_4 .

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

Apresente todas as etapas de resolução.

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



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 $\text{KNO}_3(\text{s})$

- (A) não depende do estado de divisão do sólido, nem da agitação da solução.
- (B) não depende do estado de divisão do sólido, mas depende da agitação da solução.
- (C) depende do estado de divisão do sólido e da agitação da solução.
- (D) depende do estado de divisão do sólido, mas não depende da agitação da solução.

1.2. Admita que a solução aquosa de KNO_3 preparada é uma solução saturada e que s é a solubilidade do KNO_3 em água, expressa em mol dm^{-3} , à temperatura a que se encontra a solução.

Qual é a relação entre a solubilidade, s , e as concentrações dos iões $\text{K}^+(\text{aq})$ e $\text{NO}_3^-(\text{aq})$, também expressas em mol dm^{-3} , nessa solução?

(A) $s = \sqrt{[\text{K}^+]} = \sqrt{[\text{NO}_3^-]}$

(B) $s = [\text{K}^+]^2 = [\text{NO}_3^-]^2$

(C) $s = \frac{[\text{K}^+]}{2} = \frac{[\text{NO}_3^-]}{2}$

(D) $s = [\text{K}^+] = [\text{NO}_3^-]$

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.

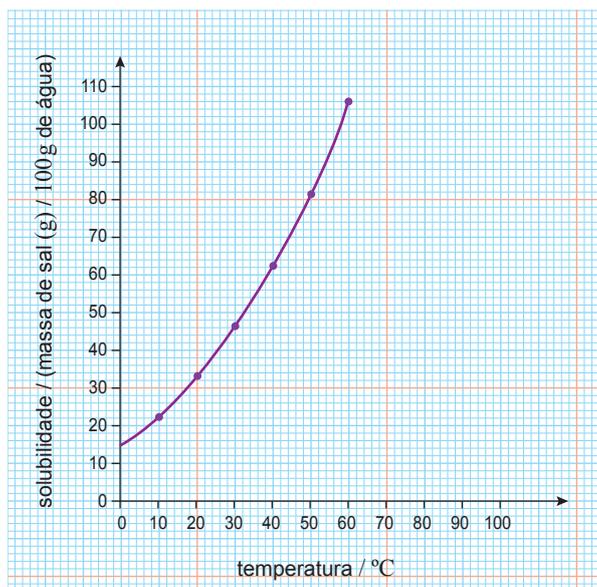


Figura 5

- 2.1. Que massa, em gramas (g), de KNO_3 é possível dissolver em 50 g de água à temperatura de 40 °C?

- 2.2. Considere que, ao fazer o estudo experimental da solubilidade do KNO_3 em água em função da temperatura, um grupo de alunos obteve o valor de 55 g de KNO_3 por 100 g de água à temperatura de 30 °C.

Determine o erro relativo, em percentagem, deste valor experimental.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 2.3. Conclua, justificando, se a dissolução do $\text{KNO}_3(\text{s})$ em água é um processo endotérmico ou um processo exotérmico.

FIM

COTAÇÕES

GRUPO I

1.	.....	5 pontos
2.	.....	15 pontos
3.	.....
3.1.	.....	5 pontos
3.2.	.....	10 pontos
4.	.....	10 pontos
		<hr/>
		45 pontos

GRUPO II

1.	.....
1.1.	.....	15 pontos
1.2.	.....	5 pontos
2.	.....	5 pontos
3.	.....	5 pontos
4.	.....	5 pontos
		<hr/>
		35 pontos

GRUPO III

1.	.....	5 pontos
2.	.....	10 pontos
3.	.....
3.1.	.....	5 pontos
3.2.	.....	5 pontos
3.3.	.....	10 pontos
		<hr/>
		35 pontos

GRUPO IV

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

GRUPO V

1.	.....	5 pontos
2.	.....	5 pontos
3.	.....	5 pontos
4.	.....	5 pontos
		<hr/>
		20 pontos

GRUPO VI

1.	.....
1.1.	.....	5 pontos
1.2.	.....	5 pontos
2.	.....
2.1.	.....	5 pontos
2.2.	.....	10 pontos
2.3.	.....	10 pontos
		<hr/>
		35 pontos

TOTAL **200 pontos**