

Exame Final Nacional de Física e Química A
Prova 715 | 2.ª Fase | Ensino Secundário | 2023

11.º Ano de Escolaridade

Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho | Decreto-Lei n.º 22/2023, de 3 de abril

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

15 Páginas

VERSÃO 1

A prova inclui 16 itens, devidamente identificados no enunciado, cujas respostas contribuem obrigatoriamente para a classificação final. Dos restantes 8 itens da prova, apenas contribuem para a classificação final os 4 itens cujas respostas obtenham melhor pontuação.

Indique de forma legível a versão da prova.

Para cada resposta, identifique o item.

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta azul ou preta.

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

É permitido o uso de régua, esquadro, transferidor e calculadora gráfica.

Apresente apenas uma resposta para cada item.

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

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

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.

Utilize os valores numéricos fornecidos no enunciado dos itens.

TABELA DE CONSTANTES

Capacidade térmica mássica da água líquida	$c = 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Constante de Avogadro	$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de gravitação universal	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Índice de refração do ar	$n = 1,000$
Módulo da aceleração gravítica de um corpo junto à superfície da Terra	$g = 9,80 \text{ m s}^{-2}$
Módulo da velocidade de propagação da luz no vácuo	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Produto iónico da água (a 25 °C)	$K_w = 1,012 \times 10^{-14}$
Volume molar de um gás (PTN)	$V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

FORMULÁRIO

• Quantidade, massa e volume

$$n = \frac{N}{N_A} \qquad M = \frac{m}{n} \qquad V_m = \frac{V}{n} \qquad \rho = \frac{m}{V}$$

• Soluções

$$c = \frac{n}{V} \qquad x_A = \frac{n_A}{n_{\text{total}}} \qquad \text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+],$$

com $[\text{H}_3\text{O}^+]$ expresso em mol dm^{-3}

• Energia

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \qquad E_{\text{pg}} = m g h \qquad E_m = E_c + E_p \qquad P = \frac{E}{\Delta t}$$

$$W = F d \cos \alpha \qquad \sum_i W_i = \Delta E_c \qquad W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{\text{pg}}$$

$$U = R I \qquad P = R I^2 \qquad U = \varepsilon - r I$$

$$E = m c \Delta T \qquad \Delta U = W + Q \qquad E_r = \frac{P}{A}$$

• Mecânica

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \qquad v = v_0 + a t$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} \qquad \omega = \frac{2\pi}{T} \qquad v = \omega r$$

$$\vec{F} = m \vec{a} \qquad F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

• Ondas e eletromagnetismo

$$\lambda = \frac{v}{f} \qquad \Phi_m = B A \cos \alpha \qquad |\varepsilon_i| = \frac{|\Delta \Phi_m|}{\Delta t}$$

$$n = \frac{c}{v} \qquad n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

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 ($M = 58,44 \text{ g mol}^{-1}$);
- uma solução aquosa de nitrato de prata, AgNO_3 ($M = 169,88 \text{ g mol}^{-1}$).

A Figura 1 apresenta o gráfico da solubilidade do AgNO_3 e do NaCl em função da temperatura.

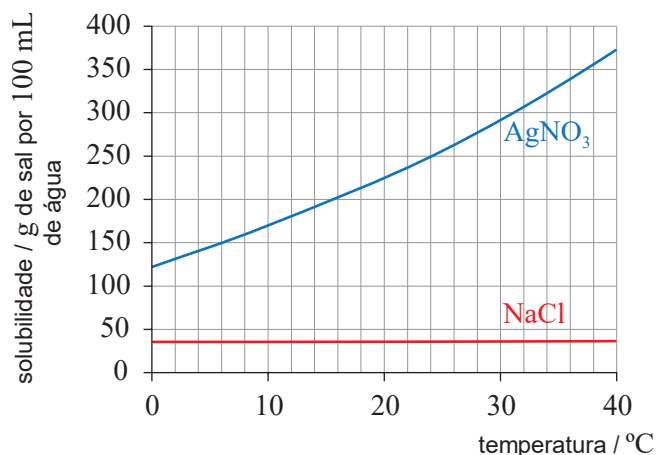


Figura 1

* 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 $24 \text{ }^\circ\text{C}$, de acordo com o procedimento seguinte:

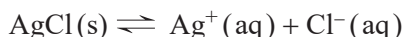
- dissolver $12,0 \text{ g}$ de AgNO_3 em 100 mL de água destilada;
- dissolver $5,0 \text{ g}$ de NaCl em 100 mL de água destilada.

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 $24 \text{ }^\circ\text{C}$?

- (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



O produto de solubilidade do AgCl , K_s , é $1,6 \times 10^{-10}$, à temperatura de 24°C .

Verifique que ocorreu formação de precipitado de $\text{AgCl}(s)$ 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 $1,0\text{ mL}$ de solução aquosa de nitrato de prata, $\text{AgNO}_3(aq)$, e $1,0\text{ mL}$ de solução aquosa de cloreto de sódio, $\text{NaCl}(aq)$, para formar o precipitado de $\text{AgCl}(s)$.

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.

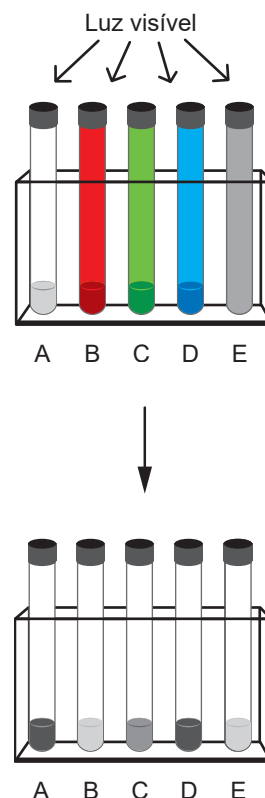


Figura 2

- 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 α . Ao atravessar a lâmina de vidro, de largura L , o feixe sofre um desvio na sua direção de propagação, como mostra a Figura 3.

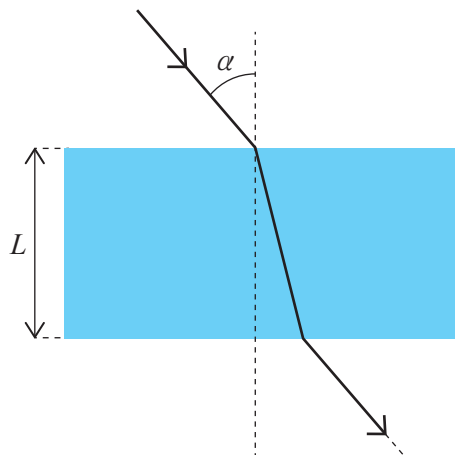


Figura 3

- * 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, λ , da radiação eletromagnética visível (no vácuo).

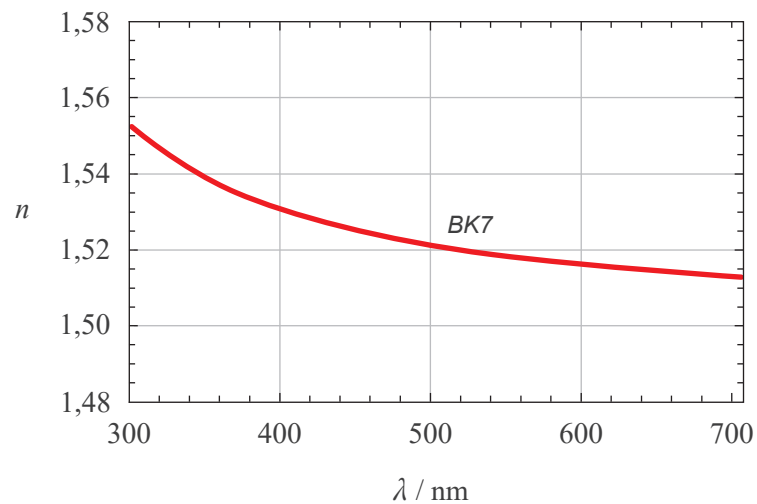


Figura 4

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.

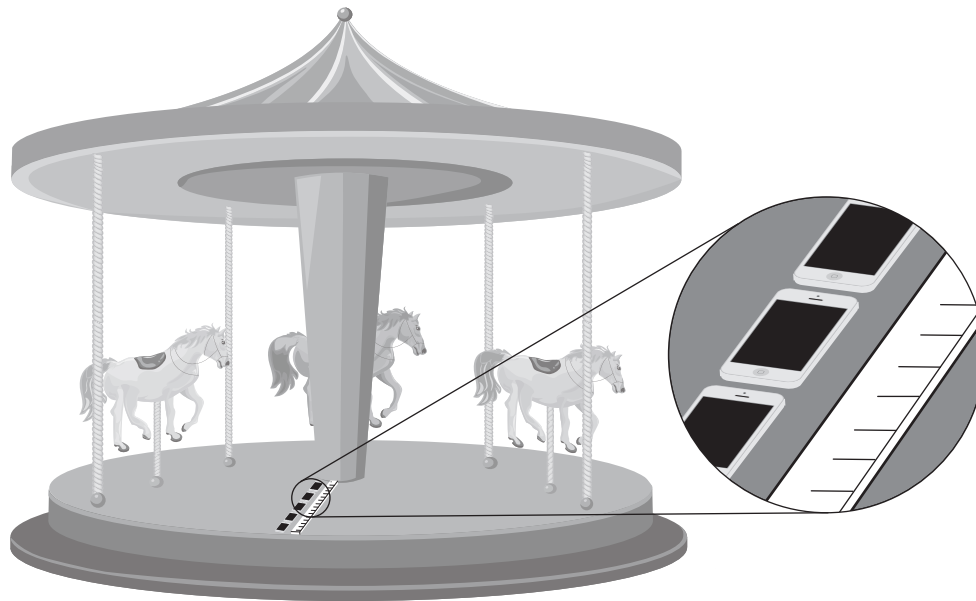


Figura 5

Na tabela seguinte, estão registados os raios, r , e os módulos da aceleração centrípeta, a_c , medidos.

r / m	$a_c / \text{m s}^{-2}$
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, λ , da radiação.

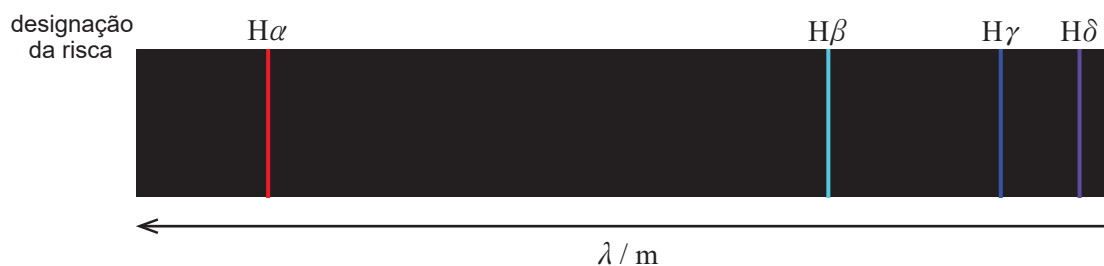
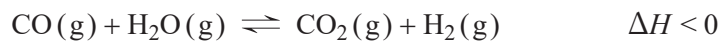


Figura 6

Qual é a riscas correspondente à transição eletrónica com origem no nível 4?

- (A) H α
- (B) H β
- (C) H γ
- (D) H δ

- * 6. O di-hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$, pode ser obtido a partir de uma reação do monóxido de carbono, $\text{CO}(\text{g})$, com água. Esta reação pode ser traduzida por



Admita que o sistema se encontra inicialmente em equilíbrio, num reservatório fechado.

Pretende-se maximizar a produção de H_2 .

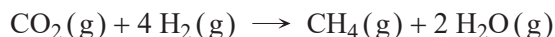
Preveja, justificando, se cada um dos procedimentos seguintes assegura o cumprimento do objetivo pretendido:

- 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 $\text{CO}_2(\text{g})$ consiste em fazê-lo reagir com di-hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$, formando metano, $\text{CH}_4(\text{g})$, e água, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, o que permite armazenar energia na forma de CH_4 (gás natural sintético). A reação pode ser traduzida por



* 7.1. Determine a variação de entalpia da reação.

Considere as energias de ligação médias apresentadas na tabela.

Ligação	$E(\text{C} - \text{H})$	$E(\text{C} = \text{O})$	$E(\text{C} - \text{O})$	$E(\text{O} - \text{H})$	$E(\text{H} - \text{H})$
$E / \text{kJ mol}^{-1}$	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 ($M = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$) com $4,48 \times 10^3 \text{ dm}^3$ 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
(a) CO_2	(1) Piramidal trigonal
(b) CH_4	(2) Linear
(c) H_2O	(3) Tetraédrica
	(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.

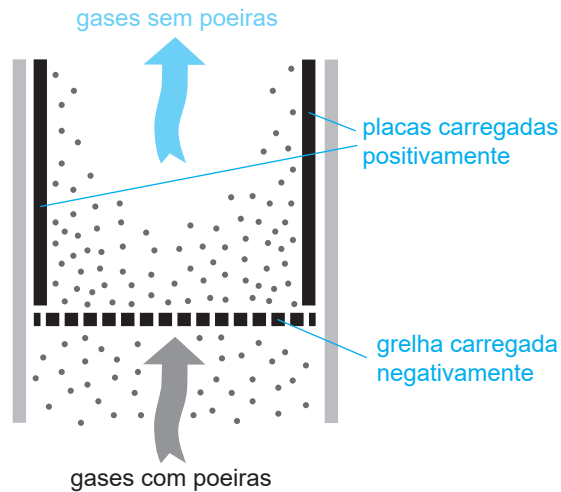
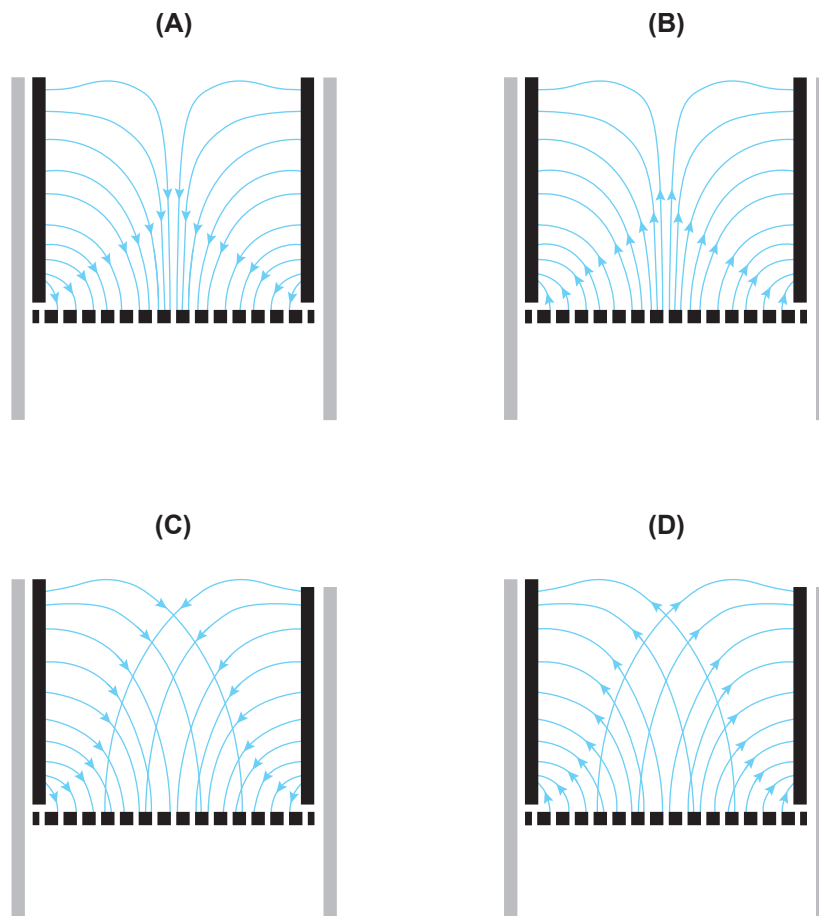


Figura 7

* 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?



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 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) $1,91 \times 10^{15}$

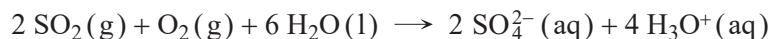
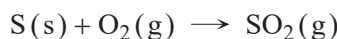
(D) $3,17 \times 10^{-9}$

*** 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, 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 (g), numa área circular de 1,0 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 mm de altura;
- todo o enxofre presente no combustível fóssil é oxidado a ião sulfato, SO_4^{2-} (aq).

As duas reações que ocorrem podem ser traduzidas por



Determine o 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 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.

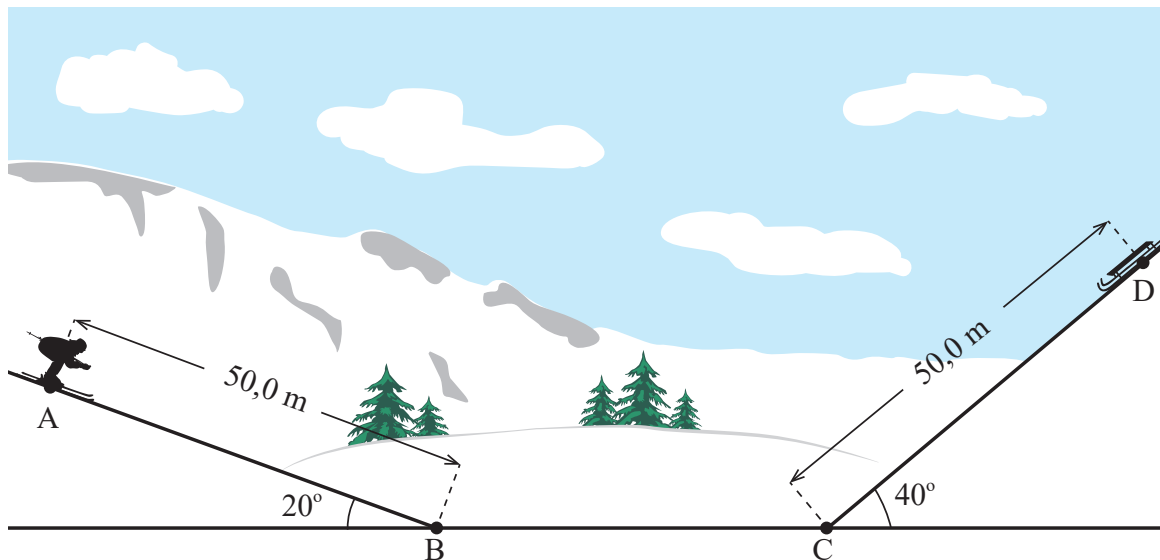
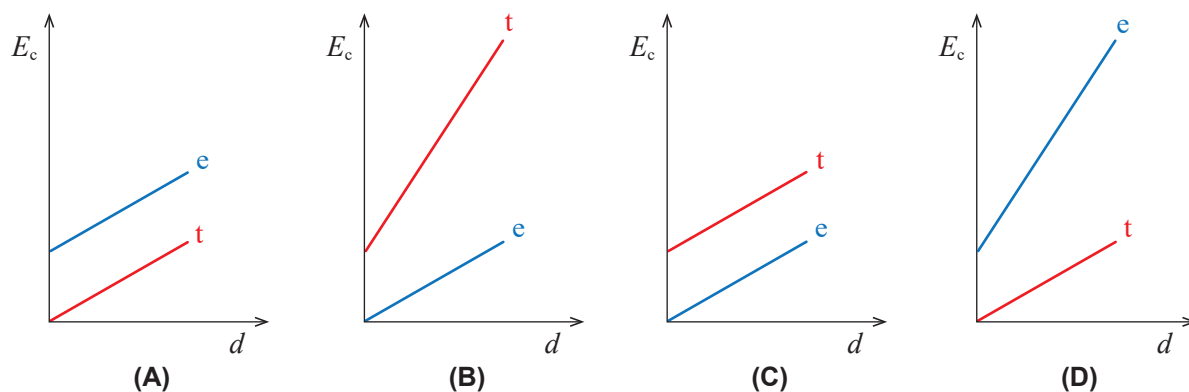


Figura 8

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, ΔE_{pe} , e o do sistema trenó + Terra, ΔE_{pt} , nos deslocamentos AB e DC, respetivamente?

- (A) $|a_e| > |a_t|$ e $|\Delta E_{pe}| > |\Delta E_{pt}|$
- (B) $|a_e| > |a_t|$ e $|\Delta E_{pe}| < |\Delta E_{pt}|$
- (C) $|a_e| < |a_t|$ e $|\Delta E_{pe}| > |\Delta E_{pt}|$
- (D) $|a_e| < |a_t|$ e $|\Delta E_{pe}| < |\Delta E_{pt}|$

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, θ , 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%.

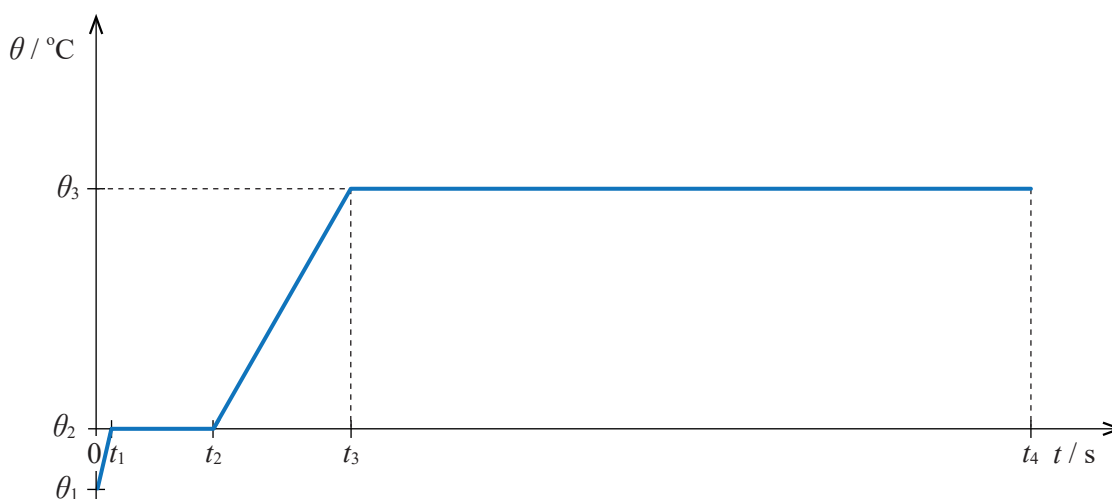


Figura 9

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, seleccionando a opção adequada a cada espaço.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção seleccionada. 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

COTAÇÕES

As pontuações obtidas nas respostas a estes 16 itens da prova contribuem obrigatoriamente para a classificação final.	1.1.	1.2.2.	2.2.	3.1.	3.2.	4.	5.2.1.	5.2.2.	6.	7.1.	7.3.	8.1.	8.3.	9.3.	10.1.	10.2.2.	Subtotal	
Cotação (em pontos)	16 x 10 pontos																160	
Destes 8 itens, contribuem para a classificação final da prova os 4 itens cujas respostas obtenham melhor pontuação.	1.2.1.	2.1.	5.1.	7.2.	8.2.	9.1.	9.2.	10.2.1.	Subtotal									
Cotação (em pontos)	4 x 10 pontos									40								
TOTAL	200																	

Prova 715
2.ª Fase
VERSÃO 1