



Proposta de resolução

Exame Final Nacional do Ensino Secundário

Prova de Física e Química A – 715

11.º ano de escolaridade

1.ª fase

26 de junho de 2025

Resolução comentada e explicada, dedicada a todos os alunos que se preparam para o Exame.

Nos itens de seleção é aqui apresentada a opção referente à versão 1.

Índice

ITEM 1.	3
1.1.	3
1.2.1.	4
1.2.2	4
ITEM 2.	5
2.1.	5
2.2.	5
ITEM 3.	6
ITEM 4.	7
4.1.1.	7
4.1.2.	7
4.2.	7
ITEM 5.	8
ITEM 6.	8
6.1.	8
6.2.	9
6.3.	9
ITEM 7.	10
7.1.	10
7.2.1	10
7.2.2.	11

ITEM 8.	12
8.1.	12
8.2.	12
8.3.	13
8.4.	13
ITEM 9.	14
9.1.	14
9.2.	15
9.3.	15

Item 1.

1.1.

(C)
*mantém-se
constante... aumenta*

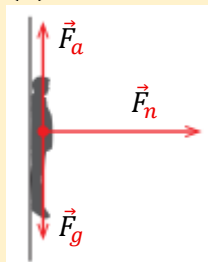
A energia potencial gravítica depende da massa m do corpo em interação com o planeta, do módulo da aceleração gravítica, g , e da altura h em relação a um nível de referência, $E_{pg} = m \times g \times h$.

Como o utilizador se mantém com os pés sobre a base, que é plana, h é constante (tal como m e g), pelo que a E_{pg} se mantém constante.

Por outro lado, a energia mecânica é a soma da energia cinética e da energia potencial. Como a velocidade angular, de módulo ω , do cilindro se encontra a aumentar, a sua velocidade, de módulo v , também aumenta, pois, o raio, r , é constante e $v = r \times \omega$. Como a energia cinética aumenta com a velocidade, $E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$ também será crescente. Assim, a energia mecânica do sistema irá aumentar à medida que a velocidade angular do cilindro aumenta.

1.2.1.

(D)



O movimento circular uniforme requer a existência de uma força radial e centrípeta (ou seja, com direção do raio e sentido para o centro da trajetória). Na posição ilustrada na figura, o sentido centrípeta será para a direita da imagem. Nesta situação, é a interação do corpo do utilizador com a parede do cilindro que a origina; ou seja, a força centrípeta corresponde à força normal, $\vec{F}_n$, exercida pela parede no utilizador do módulo interativo.

Por outro lado, a interação com o planeta está sempre presente, correspondendo a força gravítica, $\vec{F}_g$, que atua no utilizador, um vetor vertical e sentido de cima para baixo.

Como é descrito no enunciado, o utilizador permanece encostado na parede interior rugosa sem cair devido à força de atrito, $\vec{F}_a$. Como a tendência de movimento é de descida (por ação da força gravítica), a força de atrito, neste caso, desenvolve-se tangencialmente à parede (direção vertical) e de baixo para cima.

1.2.2

(A)

$$\sqrt{\frac{3g}{r}}$$

O módulo da componente centrípeta da aceleração num movimento circular é dado por $a_c = \frac{v^2}{r}$; por outro lado, os módulos da velocidade angular e da velocidade relacionam-se por $v = r \times \omega$, o que permite obter uma relação entre o módulo da aceleração centrípeta e o módulo da velocidade angular:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow a_c = \frac{(r \times \omega)^2}{r} \Leftrightarrow a_c = \frac{r^2 \times \omega^2}{r} \Leftrightarrow a_c = r \times \omega^2$$

Neste caso, pretende-se que a aceleração centrípeta do utilizador seja 3 vezes superior à aceleração gravítica terrestre, pelo que $a_c = 3g$, o que permite estabelecer que $3g = r \times \omega^2$, obtendo-se, então:

$$\begin{aligned} r \times \omega^2 &= 3g \\ \omega^2 &= \frac{3g}{r} \\ \omega &= \sqrt{\frac{3g}{r}} \end{aligned}$$

Item 2.**2.1.****(B)**

... apenas uma força, e o tempo de queda não depende da sua massa.

Entre as posições *A* e *B*, o utilizador está em queda livre, onde apenas atua a força gravítica.

Como a aceleração gravítica é a mesma para todos os utilizadores, o tempo de queda não é afetado pela sua massa.

2.2.

Entre as posições *A* e *B* há conservação da energia mecânica :

$$\begin{aligned}E_{mB} &= E_{mA} \\E_{mB} &= E_{cA} + E_{pGA} \\E_{mB} &= 0 + E_{pGA} \\E_{mB} &= m \times g \times h_A\end{aligned}$$

No percurso entre *C* e *D*, a resultante das forças que atuam no utilizador, $\vec{F}_r$, corresponde à resultante das forças de atrito, $\vec{F}_a$, tendo o sentido oposto ao do deslocamento, dado que a força normal, $\vec{F}_n$, exercida pela superfície, e a força gravítica se anulam. Como a aceleração do movimento entre *C* e *D* apresenta um módulo constante de valor $a = \frac{g}{2}$, ter-se-á que:

$$\begin{aligned}\vec{F}_r &= \vec{F}_a + \vec{F}_g + \vec{F}_n \\ \vec{F}_r &= \vec{F}_a \text{ e } \vec{F}_r = m \times \vec{a} \\ F_a &= m \times \frac{g}{2}\end{aligned}$$

No ponto *C*, a energia mecânica corresponde à energia cinética, dado que se encontra no nível tomado para referência para a energia potencial gravítica.

$$\begin{aligned}\Delta E_c &= W_{F_r} \\ E_{cD} - E_{cC} &= F_r \times d \times \cos \alpha \\ 0 - E_{cC} &= m \times \frac{g}{2} \times d \times \cos 180^\circ \\ - E_{cC} &= m \times \frac{g}{2} \times d \times (-1) \\ E_{cC} &= m \times \frac{g}{2} \times d\end{aligned}$$

No ponto *C*, a fração da energia mecânica que não se dissipa é, então, de:

$$\begin{aligned}\frac{E_{mB}}{100\%} &= \frac{E_{mC}}{x\%} \\ \frac{m \times g \times h_A}{100\%} &= \frac{m \times \frac{g}{2} \times d}{x\%}\end{aligned}$$

$$x = \frac{m \times \frac{g}{2} \times d}{m \times g \times h_A} \times 100$$

$$x = \frac{d}{2 \times h_A} \times 100$$

$$x = \frac{4,0}{2 \times 8} \times 100$$

$$x = 25$$

Como não se dissipa 25% da energia mecânica, conclui-se que se dissipa 75% do valor da energia mecânica do sistema *utilizador + Terra* entre os pontos *B* e *C*.

Item 3.

Para que seja produzida uma corrente induzida na bobina é necessário que haja variação do fluxo magnético através da bobina. Tal pode ser produzido por variação do módulo do campo magnético, por variação da área da espira ou por variação do ângulo formado entre o campo magnético e a normal ao plano da espira.

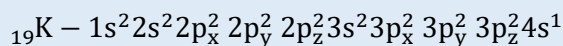
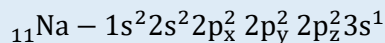
Uma variação de fluxo pode ser obtida, neste caso, se movimentarmos a barra magnetizada em relação a bobina; a ação que se deve executar será o movimento de vaivém da barra magnetizada no interior da bobina.

Como o módulo da força eletromotriz induzida depende da taxa temporal de variação do fluxo magnético, e dado que num único movimento de vaivém a variação de fluxo será aproximadamente constante, o fator que influencia a amplitude do movimento do ponteiro do galvanómetro (que sinaliza a existência de uma corrente induzida, consequência da força eletromotriz gerada) é a rapidez com que se movimenta o íman no interior da bobina no seu movimento de vaivém. Quanto menor o período deste movimento (ou seja, quanto maior a sua frequência e rapidez), maior será amplitude do movimento do ponteiro do galvanómetro.

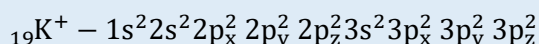
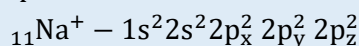
Item 4.**4.1.1.**

(C)
Na e de K,
pertencendo ambos
os elementos ao
mesmo grupo da
tabela periódica.

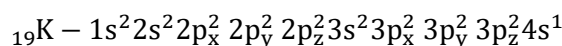
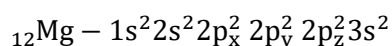
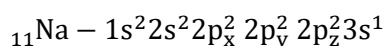
Os elementos Na e Mg pertencem ambos ao grupo 1 e apresentam um eletrão de valência:



Tendem, assim, a formar iões monopositivos adquirindo a configuração eletrónica de um gás nobre, com o último nível de energia totalmente preenchido.

**4.1.2.**

A distribuição eletrónica dos três elementos a considerar



permite concluir que o potássio é o elemento que apresenta maior raio atómico dos três elementos apresentados, pois os seus eletrões de valência encontram-se num nível de energia superior ($n = 4$) comparativamente aos outros dois elementos ($n = 3$). O facto de o potássio ter uma carga nuclear superior à do sódio e do magnésio não suplanta o efeito de blindagem que resulta de aquele possuir mais eletrões no seu cerne, diminuindo a atração efetivamente exercida no eletrão de valência.

Por sua vez, os elementos sódio e magnésio possuem ambos os seus eletrões de valência no mesmo nível de energia ($n = 3$). Contudo, a carga nuclear do magnésio é superior, pois possui mais um protão no seu núcleo comparativamente ao sódio. Assim, a interação núcleo-eletrões de valência é superior no magnésio, fazendo com que o seu raio atómico diminua comparativamente ao sódio.

Conclui-se, então, que a ordenação por ordem crescente de raio atómico será: magnésio, sódio, potássio.

4.2.

(D)
trabalho ... aumentou

A fricção dos blocos de gelo origina nas suas superfícies forças de atrito que, sendo dissipativas, provocam uma diminuição da energia mecânica do sistema e um aumento de temperatura nas superfícies em fricção. O utilizador que exerce forças nos blocos,

friccionando-os, está a transferir energia como trabalho para os blocos de gelo. Devido ao atrito, ocorre um aumento da energia interna dos blocos.

A temperatura superficial dos blocos de gelo aumenta, a que corresponde um aumento da energia cinética média das suas partículas, pelo que a energia interna dos blocos aumentou.

Item 5.

Como o sistema *gelo + água* se encontra termicamente isolado, a sua energia interna U não varia, pois, toda a energia cedida pelo arrefecimento da água líquida irá ser recebida pelo gelo fundente:

$$\Delta U = 0$$

$$E_{\text{recebida pelo gelo}} + E_{\text{cedida pela água líquida}} = 0$$

$$m_{\text{gelo}} \times \Delta h_{\text{fusão}} + m_{\text{água}} \times c \times \Delta \theta = 0$$

$$50,0 \times 10^{-3} \times \Delta h_{\text{fusão}} + 200,0 \times 10^{-3} \times 4,18 \times 10^3 \times (0 - 20) = 0$$

$$50,0 \times 10^{-3} \times \Delta h_{\text{fusão}} - 1,672 \times 10^4 = 0$$

$$50,0 \times 10^{-3} \times \Delta h_{\text{fusão}} = 1,672 \times 10^4$$

$$\Delta h_{\text{fusão}} = \frac{1,672 \times 10^4}{50,0 \times 10^{-3}}$$

$$\Delta h_{\text{fusão}} = 3,34 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Item 6.

6.1.

(C)

Da água pura e é menor para a temperatura mais elevada.

A percentagem representada no eixo das abcissas do gráfico corresponde à fração do volume de soluto (etanol) por volume de solução (volume de etanol mais água). Assim, quando esta percentagem é nula, significa que não existe soluto (etanol). Nesse caso, a ordenada na origem do gráfico apresentado corresponde ao índice de refração da água pura. A análise do gráfico permite ainda concluir que o valor do índice refração da água pura é menor para a temperatura mais elevada (35 °C).

6.2.

(B)
*altera-se, e a sua
 frequência mantém-se.*

O índice de refração de um meio corresponde à razão entre a velocidade da radiação no vácuo c e a sua velocidade nesse meio. Como a velocidade c é constante, conclui-se que o índice de refração é inversamente proporcional à velocidade da radiação no meio. Assim, quando uma radiação monocromática muda de meio, a sua velocidade altera-se. Já a sua frequência, pelo contrário, mantém-se, pois, a frequência depende unicamente da fonte da radiação, não variando com o meio de propagação.

6.3.

Pela informação fornecida conclui-se que o ângulo crítico para o par de meios *vidro do prisma - solução de etanol* é $56,88^\circ$. Assim, pela Lei de Snell-Descartes:

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

$$1,60 \times \sin 56,88^\circ = n_2 \times \sin 90^\circ$$

$$n_2 = 1,340$$

Por leitura do gráfico apresentado retira-se que, para 35°C , a solução de etanol que apresenta o índice de refração 1,340 possui uma percentagem de 20% em volume de etanol. Um decímetro cúbico desta solução (1000 cm^3) conterá, então, um volume de 200 cm^3 de etanol:

$$20,0\% = \frac{V_{\text{etanol}}}{1000\text{ cm}^3} \times 100$$

OU

$$\frac{V_{\text{solução}}}{100\%} = \frac{V_{\text{etanol}}}{20,0\%}$$

$$V_{\text{etanol}} = \frac{20,0}{100} \times 1000\text{ cm}^3$$

$$\frac{1000\text{ cm}^3}{100\%} = \frac{V_{\text{etanol}}}{20,0\%}$$

$$V_{\text{etanol}} = 0,200 \times 1000\text{ cm}^3$$

$$V_{\text{etanol}} = \frac{20,0}{100} \times 1000\text{ cm}^3$$

$$V_{\text{etanol}} = 200\text{ cm}^3$$

$$V_{\text{etanol}} = 200\text{ cm}^3$$

Como a massa volúmica do etanol, a 35 °C, corresponde a 0,789 g por cada centímetro cúbico, é possível determinar a massa do etanol (soluto) e, com ela, determinar a quantidade de matéria de soluto existente em cada decímetro cúbico da solução:

$$\rho_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{V_{\text{etanol}}} \quad \text{OU} \quad \frac{1 \text{ cm}^3 \text{ de etanol}}{0,789 \text{ g}} = \frac{200 \text{ cm}^3 \text{ de etanol}}{m_{\text{etanol}}}$$

$$0,789 = \frac{m_{\text{etanol}}}{200}$$

$$m_{\text{etanol}} = 200 \times 0,789$$

$$m_{\text{etanol}} = 200 \times 0,789$$

$$m_{\text{etanol}} = 157,8 \text{ g}$$

$$m_{\text{etanol}} = 157,8 \text{ g}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{M_{\text{etanol}}}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{157,8}{46,08}$$

$$n_{\text{etanol}} = 3,42 \text{ mol de etanol}$$

A concentração da solução aquosa será então de 3,42 mol de etanol por cada decímetro cúbico (litro) de solução:

$$c_{\text{etanol}} = \frac{n_{\text{etanol}}}{V_{\text{solução}}} \Leftrightarrow c_{\text{etanol}} = \frac{3,42 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow c_{\text{etanol}} = 3,42 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Item 7.

7.1.

(A)

Emissão de radiação associada a uma desexcitação eletrónica.

A energia dos fótons emitidos (radiação) corresponde à diminuição de energia dos eletrões, quando transitam para um nível com menor energia (desexcitação).

7.2.1

(C)

$$4,3 \times 10^2 \Omega$$

O circuito apresenta uma associação em série entre o LED e a resistência, onde a soma da diferença de potencial elétrico dos elementos associados é igual à diferença de potencial elétrico estabelecida pelo gerador:

$$U_g = U_{\text{LED}} + U_R$$

Quando o gerador estabelece a diferença de potencial elétrico máxima, $U_g = 6,0 \text{ V}$, pretende-se que o LED seja percorrido pela corrente recomendada de $I_{\text{LED}} = 10 \times 10^{-3} \text{ A}$ e, nesse caso, a diferença de potencial elétrico nos seus terminais será de $U_{\text{LED}} = 1,7 \text{ V}$.

Retira-se então que a resistência elétrica deverá estar sujeita a uma diferença de potencial elétrico de:

$$U_g = U_{\text{LED}} + U_R$$

$$6,0 = 1,7 + U_R$$

$$U_R = 6,0 - 1,7$$

$$U_R = 4,3 \text{ V}$$

Como, nesta situação, a corrente elétrica que percorre o circuito é de $10 \times 10^{-3} \text{ A}$, deve ser utilizada uma resistência elétrica de:

$$U_R = R \times I$$

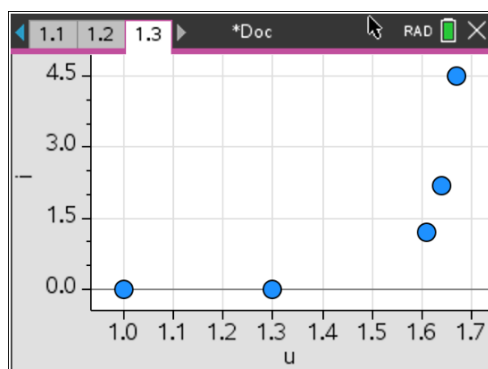
$$4,3 = R \times 10 \times 10^{-3}$$

$$R = \frac{4,3}{10 \times 10^{-3}}$$

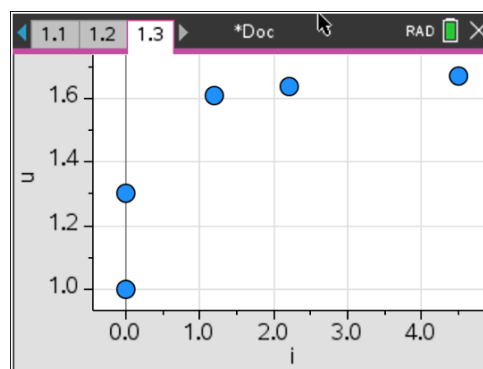
$$R = 430 \, \Omega$$

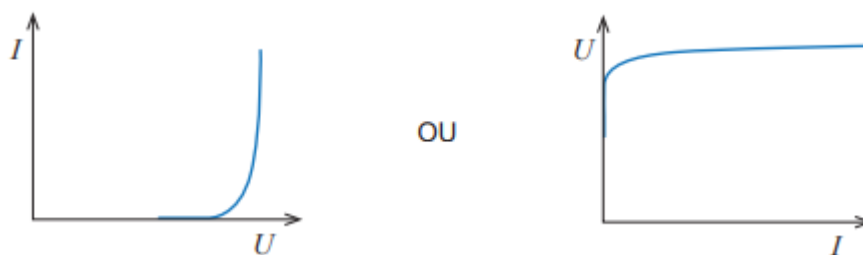
$$R = 4,3 \times 10^2 \, \Omega$$

7.2.2.



OU





Caso a resistência elétrica do LED permanecesse constante no intervalo de diferenças de potencial elétrico considerado, tal conduziria a um gráfico correspondente a uma função linear, ou seja, um traçado retilíneo com uma ordenada na origem nula, pois U e I seriam diretamente proporcionais, o que não se verifica.

Como a representação gráfica das medições efetuadas apresenta claramente um traçado não retilíneo, conclui-se que resistência elétrica do LED não permanece constante.

Item 8.

8.1.

(B)

*-1 e +1,
respetivamente.*

Usualmente, o número de oxidação do hidrogénio é de +1 e o do oxigénio -2, como acontece na molécula de água.

Contudo, na sua ligação com os metais alcalinos, o hidrogénio assume um estado de oxidação diferente, dado que o número de oxidação do sódio é sempre +1. Assim, no composto hidreto de sódio, o número de oxidação do hidrogénio é -1, para que a soma dos números de oxidação que compõem o composto seja zero.

8.2.

(A)

*libertada ... o dobro
da*

Como a variação de entalpia das reações apresentadas é negativa, ambas são exotérmicas ocorrendo com libertação de energia.

Analisando a proporção com que se combinam reagentes e formam os produtos em ambas as reações, verifica-se que na reação (1), por cada mol de di-hidrogénio que reage, obtêm-se 2 mol de hidreto de sódio, NaH.

Por outro lado, na reação (2), por cada mol de hidreto de sódio NaH, que reage, obtêm-se a mesma quantidade de di-hidrogénio. Como, da reação (1) se tinham obtido 2 mol de hidreto de sódio, serão, então, obtidas 2 moles de di-hidrogénio.

Assim, no cômputo global das duas reações, verifica-se que se obtém, no final, o dobro da quantidade de di-hidrogénio com que se iniciou o processo.

8.3.

Obtenção da quantidade de NaOH formada:

$$[\text{OH}^-] = [\text{NaOH}] \text{ (dissociação total, base forte)}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-13,78}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = K_w$$

$$10^{-13,78} \times [\text{OH}^-] = 1,012 \times 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,610 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{n}{V}$$

$$0,610 = \frac{n}{0,270}$$

$$n = 0,165 \text{ mol}$$

A estequiometria da reação permite concluir que a quantidade de di-hidrogénio formado é igual à do NaOH. Assim:

$$V_m = \frac{V}{n}$$

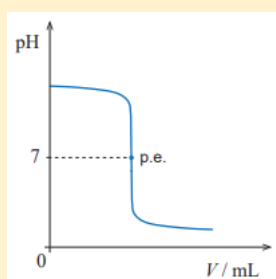
$$26,4 = \frac{V}{0,165}$$

$$V = 0,165 \times 26,4$$

$$V = 4,4 \text{ dm}^3$$

8.4.

(A)



Encontrando-se a ser titulada uma base, a curva de titulação iniciar-se-á por um valor alto de pH, superior a 7 que, após a zona de viragem brusca de pH, assumirá valores de pH baixos e inferiores a 7.

No ponto de equivalência, situação em que não existe nem ácido nem base em excesso, obtém-se uma solução aquosa dos iões provenientes da ionização do ácido (Cl^-) e da dissociação da base

(Na⁺). Como o ácido clorídrico é um ácido forte, pois possui uma constante de acidez elevada, a sua base conjugada, o ião cloreto, apresentará uma constante basicidade extremamente baixa.

Como nenhum dos iões presentes na solução irá reagir com a água, a concentração de iões HO⁻(aq) e a concentração de iões H₃O⁺(aq) são praticamente as que resultam da autoionização da água, pelo que, no ponto de equivalência a 25 °C, pH = 7.

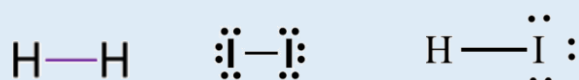
Item 9.**9.1.**

(a) – (2)

(b) – (4)

(c) – (3)

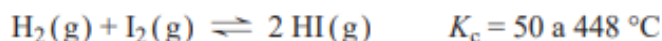
A estrutura de Lewis destas moléculas permite concluir que a molécula de di-hidrogénio não possui eletrões de valência não ligantes, que a molécula de di-iodo possui 12 eletrões de valência não ligantes e que a molécula de iodeto de hidrogénio possui 6 eletrões de valência não ligantes:



São todas moléculas que apresentam apenas uma ligação covalente simples.

Contudo, ao contrário do di-hidrogénio e do di-iodo que apresentam uma distribuição simétrica de carga, a molécula de iodeto de hidrogénio, HI, apresenta uma ligação covalente polar dado que o diferente número atómico dos elementos envolvidos implica uma também diferente interação elétrica entre os eletrões partilhados e os núcleos. A molécula de iodeto de hidrogénio será então uma molécula polar, ao contrário das moléculas de di-hidrogénio e de di-iodo que são apolares.

9.2.



Quantidades iniciais/mol	x	2,0	0
Variação das quantidades durante a reação/mol	-1,6	-1,6	+3,2
Quantidades no Equilíbrio Químico/mol	$x - 1,6$	0,4	3,2

$$K_c = \frac{[\text{HI}]_e^2}{[\text{H}_2]_e \times [\text{I}_2]_e}$$

$$50 = \frac{\left(\frac{3,2}{V}\right)^2}{\left(\frac{x-1,6}{V}\right) \times \left(\frac{0,4}{V}\right)}$$

$$50 = \frac{\left(\frac{3,2^2}{V^2}\right)}{\left(\frac{0,4x-0,64}{V^2}\right)}$$

$$50 = \frac{10,24}{0,4x-0,64}$$

$$50 \times (0,4x - 0,64) = 10,24$$

$$20x - 32 = 10,24$$

$$20x = 10,24 + 32$$

$$x = \frac{42,24}{20}$$

$$x = 2,1 \text{ mol}$$

9.3.

- (a) – (1)
- (b) – (1)
- (c) – (3)
- (d) – (2)

A análise do gráfico das concentrações das substâncias presentes no equilíbrio em função do tempo permite concluir que a concentração do di-hidrogénio sofreu um aumento brusco num instante t_1 . A perturbação do equilíbrio foi então a adição de di-hidrogénio (a - 1).

Contudo, entre t_1 e t_2 , o sistema não está em equilíbrio. Como foi perturbado pela adição de um reagente, pelo Princípio de Châtelier, irá ser favorecida a reação direta (a velocidade da reação direta é superior à da inversa), para contrariar esta perturbação (**b - 1**). Neste intervalo de tempo, o quociente da reação irá ser inferior à constante de equilíbrio, dado que houve um aumento brusco da concentração de um dos reagentes, cuja concentração se encontra no denominador deste quociente (**c - 3**). Tanto no intervalo $]t_0, t_1[$ como no intervalo $]t_2, t_3[$, as concentrações de reagentes e produtos mantêm-se constantes, o que significa que em ambos os intervalos o sistema se encontra em equilíbrio químico. Como a temperatura do sistema é constante, a sua constante de equilíbrio não varia, logo o quociente $\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$ é igual nos dois intervalos de tempo considerados (**d - 2**).