



## EXAME TEÓRICO

O Vinho do Porto é mais do que um produto português e, com legitimidade, muito mais que um vinho. É também um produto cultural e um impulsionador do desenvolvimento técnico-científico e económico da sua região de origem, o Douro, e, em particular, da cidade do Porto que lhe dá o nome. Pela história que encerram e portugalidade que ostentam, a vinha do Douro e o vinho do Porto são os temas aglutinadores da XXIV edição das Olimpíadas Ibero-Americanas de Química.

### Enunciado da Prova

O enunciado da prova inclui:

- 1 uma folha de rosto e uma nota introdutória (5 folhas);
- 2 uma tabela de constantes (1 folha);
- 3 um formulário (1 folha);
- 4 uma tabela periódica dos elementos químicos (1 folha);
- 5 a prova teórica (35 folhas).

### Características da Prova

- 1 A pontuação máxima dessa prova representa **60%** da classificação final;
- 2 A prova tem duração de 5 h;
- 3 A prova deve ser interrompida imediatamente após ter sido declarado o seu final;
- 4 É constituída por 5 perguntas, que se encontram desdobradas por várias questões;
- 5 A pontuação de cada pergunta e das respetivas questões encontram-se assinaladas no início de cada pergunta;

- 6** Apenas pode ser usada caneta esferográfica de tinta azul ou preta como material de escrita e não é permitido o uso de corretivo;
- 7** As respostas devem ser escritas nos espaços em branco, devidamente delimitados para esse fim (O texto ou cálculos que se encontrem fora da área de resposta serão ignorados na correção da questão);
- 8** As respostas ilegíveis são classificadas com zero pontos no todo ou na parte onde a ilegibilidade acontece
- 9** Não haverá papel de rascunho de suporte à prova. Pode usar o verso das folhas da prova para rascunho;
- 10** As questões de múltipla escolha (por exemplo, seleção de afirmações verdadeiras ou falsa) não exigem respostas justificadas;
- 11** As questões subjetivas (por exemplo, questões de resposta aberta) exigem respostas completas e justificadas. Sempre que necessário, apresente explicitamente todos os passos da resposta, bem como os cálculos intermediários que efetuar;
- 12** Os cálculos devem ser efetuados com o auxílio da calculadora científica que lhe for fornecida;
- 13** Sempre que necessitar da massa atômica de um elemento use o correspondente valor referido na tabela periódica que acompanha a prova;
- 14** São permitidas saídas temporárias para ir ao banheiro e para beber ou comer, mas somente depois de solicitada e autorizada pelo supervisor. O tempo consumido nas saídas temporárias não será compensado;
- 15** Nos dados numéricos, o ponto separa as classes de algarismos (unidades, milhares, milhões, etc), enquanto a vírgula separa a parte inteira da parte decimal;
- 16** Após o fim da prova, você deverá seguir as instruções dadas pelo supervisor. Não saia da sala sem autorização prévia.

## Tabela de constantes

Capacidade calorífica em massa da água líquida	$c_p = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Capacidade calorífica em massa do gelo	$c_p = 2,11 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Capacidade calorífica em massa do alumínio	$c_p = 0,900 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Capacidade calorífica em massa do vinho	$c_p = 4,30 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Constante de Avogadro	$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Boltzmann	$k_B = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Constante de Faraday	$F = 9,648 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
Constante dos gases	$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Constante de Planck	$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Constante de Rydberg	$R_H = 13,6 \text{ eV}$
Conversão de Celsius em Kelvin	$T/\text{K} = \Theta \text{ }^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K}$
Conversão de Elétron-volt em Joule	$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
Densidade do alumínio	$\rho = 2,70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Densidade da água líquida	$\rho = 1,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Densidade do vinho	$\rho = 0,978 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Velocidade da luz no vácuo	$c = 2,998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

## Formulário

Equação de van't Hoff	$\ln K = -\frac{\Delta H}{RT} + \text{Constante}$ <p>K é a constante de equilíbrio da reação, a uma dada temperatura T; <math>\Delta H</math> é a variação de entalpia da reação, considerada constante no intervalo de temperaturas em causa; R é a constante dos gases.</p>
Energia do fóton	$E = \frac{h c}{\lambda}$ <p>h é a constante de Planck; c é a velocidade da luz no vácuo; <math>\lambda</math> é o comprimento de onda da radiação.</p>
Energia de um elétron no nível n de um átomo hidrogenóide	$E_n = -R_H \frac{Z^2}{n^2}$ <p><math>R_H</math> é a constante de Rydberg; Z é a carga nuclear.</p>
Energia de um elétron no nível n de um átomo multieletrônico	$E_n = -R_H \frac{(Z - B)^2}{n^2}$ <p>B é a constante de blindagem.</p>
Volume do cilindro	$V = \pi r^2 h$ <p>r: raio da base do cilindro h: altura do cilindro</p>
Área total do cilindro	$A = 2\pi r^2 + 2\pi r h$ <p>r: raio da base do cilindro h: altura do cilindro</p>

# TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

2019 · ANO INTERNACIONAL / 150 ANOS

1

1	<b>H</b> Hidrogênio 1,00	2
3	<b>Li</b> Lítio 6,94	4
11	<b>Na</b> Sódio 22,99	12
19	<b>K</b> Potássio 39,09	20
37	<b>Rb</b> Rubídio 85,46	38
55	<b>Cs</b> Césio 132,91	56
87	<b>Fr</b> Frâncio 1,00	88

2019 é o Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos. Uma resolução das Nações Unidas e da UNESCO para celebrar a criação de uma das ferramentas mais importantes na história da ciência.

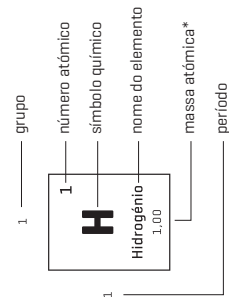
Em 1869 Dmitry Mendeleev criou o Sistema Periódico dos Elementos Químicos. Passados 150 anos celebramos a criação da ferramenta que permitiu prever as propriedades da matéria – na Terra, ou em qualquer parte do Universo. Numa obra prima, as essências da química, da física, da biologia, e das ciências que delas floresceram, encontram-se reunidas.

18

5	<b>B</b> Boro 10,81	6	<b>C</b> Carbono 12,01	7	<b>N</b> Nitrogênio 14,00	8	<b>O</b> Oxigênio 15,99	9	<b>F</b> Fluor 18,99	10	<b>Ne</b> Neônio 20,18
13	<b>Al</b> Alumínio 26,98	14	<b>Si</b> Silício 28,08	15	<b>P</b> Fósforo 30,97	16	<b>S</b> Enxofre 32,06	17	<b>Cl</b> Cloro 35,45	18	<b>Ar</b> Argônio 39,95
31	<b>Ga</b> Gálio 69,72	32	<b>Ge</b> Germânio 72,63	33	<b>As</b> Arsênio 74,92	34	<b>Se</b> Selênio 78,97	35	<b>Br</b> Bromo 79,90	36	<b>Kr</b> Cripton 83,79
49	<b>In</b> Índio 114,82	50	<b>Sn</b> Estanho 118,71	51	<b>Sb</b> Antimônio 121,76	52	<b>Te</b> Telúrio 127,60	53	<b>I</b> Iodo 126,90	54	<b>Xe</b> Xenônio 131,29
81	<b>Tl</b> Telúrio 204,38	82	<b>Pb</b> Chumbo 207,2	83	<b>Bi</b> Bismuto 208,98	84	<b>Po</b> Polônio	85	<b>At</b> Ástato	86	<b>Rn</b> Rádion

\* A massa atômica é truncada à segunda casa decimal e apresentada apenas para os elementos cujo valor padrão é consensual.

63	<b>Eu</b> Európio 151,96	64	<b>Gd</b> Gadolínio 157,25	65	<b>Tb</b> Térbio 158,93	66	<b>Dy</b> Dísporo 162,50	67	<b>Ho</b> Hólmio 164,93	68	<b>Er</b> Érbio 167,26	69	<b>Tm</b> Túlio 168,93	70	<b>Yb</b> Íterbio 173,05	71	<b>Lu</b> Lutécio 174,97												
89	<b>Ac</b> Actínio 1,00	90	<b>Th</b> Tório 232,04	91	<b>Pa</b> Protactínio 231,04	92	<b>U</b> Urânio 238,03	93	<b>Np</b> Neptúlio	94	<b>Pu</b> Plutônio	95	<b>Am</b> Americônio	96	<b>Cm</b> Cúrio	97	<b>Bk</b> Berkélio	98	<b>Cf</b> Califórnio	99	<b>Es</b> Einstênio	100	<b>Fm</b> Férmio	101	<b>Md</b> Mendelévio	102	<b>No</b> Nobelíio	103	<b>Lr</b> Lawrêncio



■ Não metais ■ Metais alcalinos ■ Metais alcalinoterrosos ■ Metais de transição ■ Metais representativos ■ Semimetais ■ Halogênios ■ Gases nobres ■ Lantanídeos ■ Actinídeos



De uma maneira geral, a formação do complexo intermediário ADH-EtOH e a regeneração da enzima ADH ocorrem sob um regime de estado estacionário, que significa que a concentração do intermediário ADH EtOH é aproximadamente constante.

Nestas condições, a velocidade de formação de etanal,  $v$ , é expressa por:

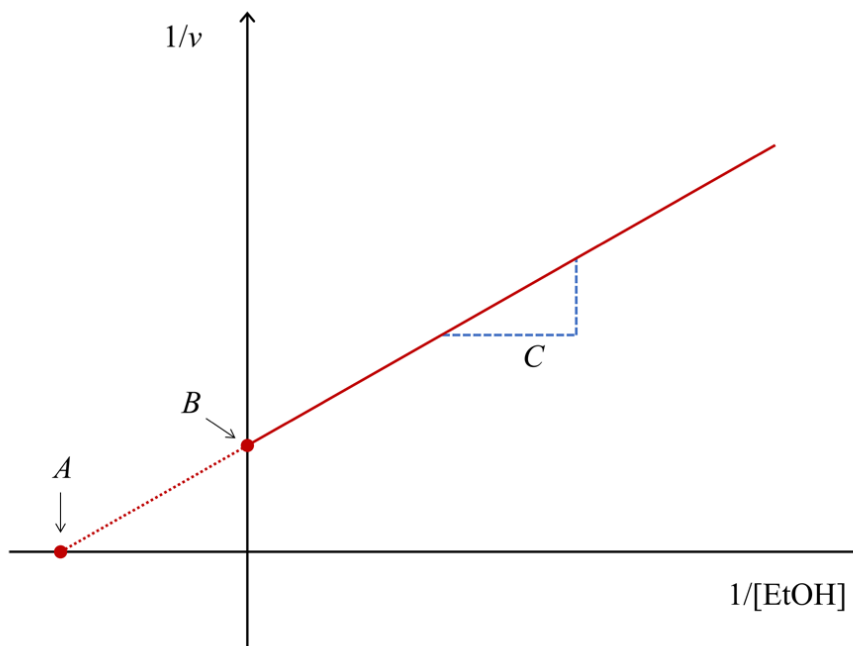
$$v = \frac{k_2 [\text{ADH}]_t [\text{EtOH}]}{K_M + [\text{EtOH}]}$$

em que  $[\text{ADH}]_t$  é a concentração total da enzima álcool desidrogenase e  $K_M$  é definido por:

$$K_M = \frac{(k_{-1} + k_2)}{k_1}$$

	$K_M = A$
	$K_M = B$
	$K_M = 1/A$
	$K_M = -1/A$
	$K_M = -1/B$
	$K_M = C$
	$K_M = 1/B$

A velocidade de formação do etanal pode ser representada graficamente na forma de  $1/v$  vs.  $1/[\text{EtOH}]$ :



Deduz a expressão linearizada correspondente.

**Considerando a representação anterior**, selecione a afirmação verdadeira (VE).

**1.3** Em certas condições, a expressão da velocidade de formação de etanal pode ser simplificada.

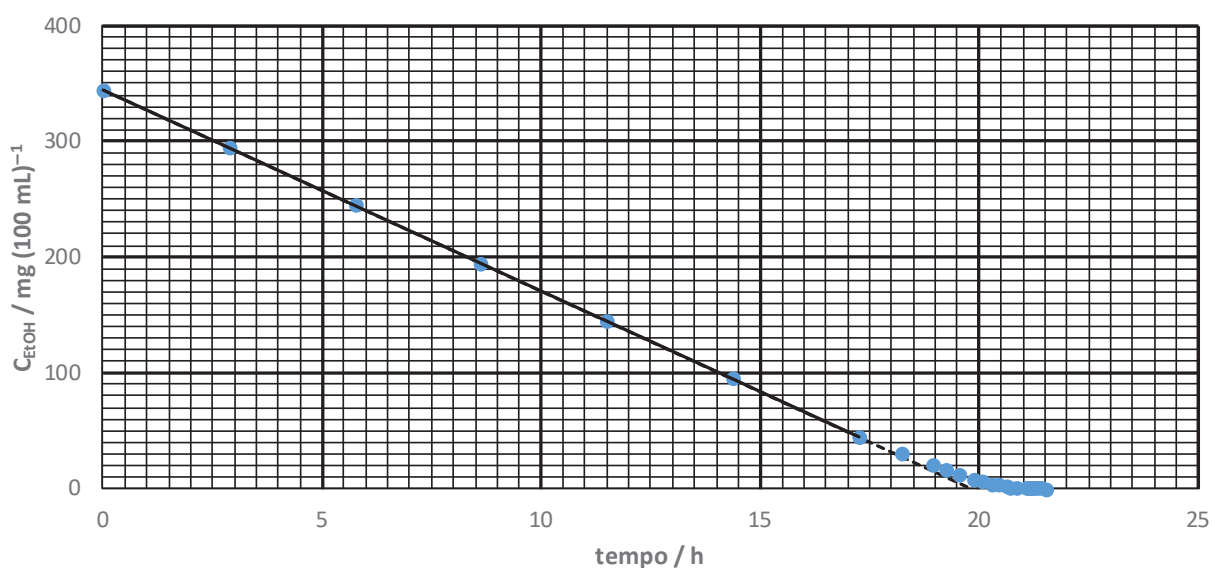
**1.3.1** Escreva a expressão da velocidade de formação de etanal quando a concentração de etanol é muito superior ao valor de  $K_M$ , e indique a ordem da reação para o EtOH.

**1.3.2** Escreva a expressão da velocidade de formação de etanal quando a concentração de etanol é muito inferior ao valor de  $K_M$ , e indique a ordem de reação para o EtOH.

**1.4** Em Portugal, é proibido conduzir com uma taxa de álcool no sangue igual ou superior a 50 mg de etanol por 100 cm<sup>3</sup> de sangue. Considere  $k_2 = 1,33 \text{ s}^{-1}$  e  $K_M = 1,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Indique a ordem de reação em relação ao etanol, quando um condutor está proibido de conduzir por efeito do álcool.

**1.5** A Figura 1.1 mostra como a concentração de etanol no sangue de um determinado indivíduo adulto varia com o tempo. Calcule a velocidade com que o etanol é eliminado em  $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ .



**Figura 1.1**

**1.6** Calcule a concentração total da enzima álcool desidrogenase no mesmo indivíduo adulto. Admita que  $[\text{ADH}]_t$  permanece constante ao longo do tempo.

Se não respondeu à questão anterior, considere  $v = -1,00 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ .



- 1.7** Caso o mesmo indivíduo adulto tenha uma concentração de etanol no sangue de  $200 \text{ mg} / 100 \text{ cm}^3$ , quantas horas estará proibido de dirigir em Portugal?
- 1.8** Além do etanol, a enzima álcool desidrogenase também metaboliza outros álcoois, como por exemplo o metanol, cuja lei cinética é descrita por  $k_2 = 1,10 \text{ s}^{-1}$  e  $K_M = 3,2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Qual dos álcoois (metanol ou etanol) apresenta maior velocidade máxima de reação? Justifique.

(Note que a velocidade máxima é proporcional à concentração total de enzima)

- 1.9** Qual dos álcoois (metanol ou etanol) tem vantagem na competição pela enzima álcool desidrogenase quando a concentração de ambos os álcoois é semelhante? Justifique.

---

## PERGUNTA 2 | 11% EMBALAGENS FUNCIONAIS

---

Questão	2.1	2.2	2.3.1	2.3.2	2.3.3	Total
Cotação	25	25	20	50	30	<b>150</b>
Classificação						

A comercialização de pequenas porções de vinho em embalagens de lata de alumínio vem sendo implementada desde 2009. Este novo conceito apresenta várias vantagens competitivas face à tradicional embalagem de vidro: é mais fácil de transportar, sem risco de se quebrar.

Sendo o alumínio um bom condutor térmico, a embalagem de lata esfria não só mais rapidamente como de forma mais uniforme do que qualquer outra embalagem no mercado.

Considere que se pretende esfriar, à pressão atmosférica, várias embalagens de lata de alumínio contendo vinho, com um formato cilíndrico (altura:  $8,00 \text{ cm}$  e diâmetro da base:  $5,00 \text{ cm}$ ), desde a temperatura ambiente ( $22,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) até  $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Como fonte de resfriamento usou-se  $10,0 \text{ kg}$  de gelo resfriado a  $-30,0 \text{ }^\circ\text{C}$  numa câmara frigorífica.

- 2.1** Considerando os dados fornecidos na Tabela de constantes e que  $\Delta H_{\text{fusão}}(\text{H}_2\text{O}) = 6,01 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , calcule a energia absorvida pela massa de gelo inicial até alcançar a temperatura de  $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

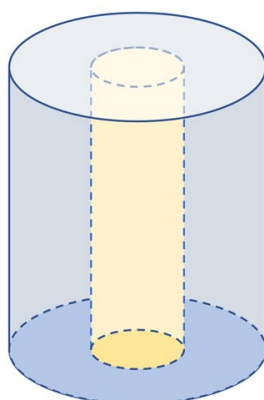
**2.2** Quantas embalagens de lata de alumínio com vinho podem ser resfriadas, desde a temperatura ambiente (22,0 °C) até 10,0 °C com 10,0 kg de gelo? Considere que o alumínio tem uma espessura de 0,220 mm, e utilize os dados fornecidos na Tabela de constantes.

Caso não tenha resolvido a pergunta 2.1, considere que o valor da energia absorvida pela massa de gelo é  $5,0 \times 10^3$  kJ.

**2.3** A aceitação das embalagens de alumínio deve-se também ao reconhecimento generalizado de que reúnem as condições necessárias para serem as precursoras das embalagens funcionais, em particular com a funcionalidade de autoresfriamento.

A tecnologia mais simples de autoresfriamento de um líquido baseia-se na dissolução endotérmica de um sal.

Considerando as características da lata de alumínio indicadas na Figura 2.1 e os dados fornecidos pela Tabela 2.1, propomos-lhe que projete o resfriamento da bebida alcoólica de 22,0 °C a 10,0 °C, usando as características termodinâmicas da dissolução em água do nitrato de amónio.



**Figura 2.1:** Volume total da lata de alumínio: 237,5 cm<sup>3</sup>, onde existe uma cavidade (amarela) de volume 80,4 cm<sup>3</sup> e cheia de água destinada ao autoresfriamento.

**Amarelo:** cavidade destinada ao autoresfriamento. Considere desprezível a espessura das paredes da lata e da cavidade.

**Tabela 2.1:** Dados termodinâmicos referentes ao sal NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

Reação	$\Delta H / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$	-----?-----
$\text{NH}_4^+(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$	— 646
$\text{NH}_4^+(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq})$	— 307
$\text{NO}_3^-(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_3^-(\text{aq})$	— 314

2.3.1 Calcule a entalpia de dissolução do  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ .

2.3.2 Calcule a energia necessária para satisfazer os requisitos do projeto, tendo em consideração que a massa total de alumínio da lata é 19,1 g.  $\Delta T = 12^\circ\text{C}$

2.3.3 Calcule a massa mínima de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  necessária para satisfazer os requisitos do projeto.

Se não respondeu à questão 2.3.1, considere a entalpia de dissolução do  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  como  $30\text{ kJ/mol}$ . Se não respondeu à questão 2.3.2, considere que há a absorção de  $11\text{ kJ mol}^{-1}$  de energia no processo de dissolução do sal.

---

### PERGUNTA 3 | 15% ENXOFRE, UM ALIADO DA VINHA

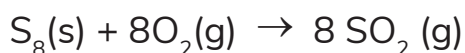
---

Questão	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	Total
Cotação	30	20	10	50	25	20	50	25	30	<b>260</b>
Classificação										

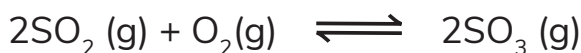
A utilização de aditivos químicos é uma prática comum utilizada na conservação de alimentos. Um exemplo é o ânion hidrogenosulfito, empregue como agente antimicrobiano e antioxidante em diversos alimentos e bebidas fermentadas, como o vinho. Este aditivo é produzido por dissolução de dióxido de enxofre em água, sendo o processo representado pela equação química seguinte:



O dióxido de enxofre pode ser obtido por combustão do enxofre sólido em atmosfera de oxigênio:



Na presença de oxigênio em excesso, o dióxido de enxofre é parcialmente oxidado a trióxido de enxofre.



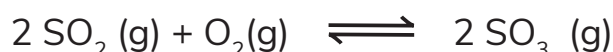
3.1 Apesar da forma mais estável do enxofre, no estado sólido, ser o alótropo  $\text{S}_8$ , em certas condições experimentais ocorrem também outros alótropos, nomeadamente as formas  $\text{S}_6$  e  $\text{S}_4$ . Classifique as afirmações seguintes em verdadeiras (VE) ou falsas (FA).

	As 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ) têm a mesma massa molar.
	O número de moléculas por mol é igual para as 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ).
	O número de átomos por mol é igual para as 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ).
	Massas iguais das 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ) têm o mesmo número de átomos.
	As 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ) têm a mesma fórmula empírica.

**3.2** Represente as estruturas de Lewis para as moléculas de  $SO_2$  e  $SO_3$ .

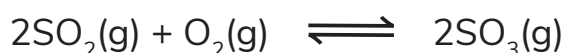
**3.3** Indique a geometria provável das moléculas de  $SO_2$  e  $SO_3$ .

**3.4** A partir da combustão de 100 toneladas de enxofre sólido, na sua forma alotrópica mais estável, na presença de grande excesso de  $O_2$  gasoso, formaram-se 207 toneladas de uma mistura gasosa de  $SO_2$  e  $SO_3$ . Calcule a percentagem de  $SO_2$  produzido.



**3.5** O efeito da temperatura no valor da constante de equilíbrio de uma reação, a pressão constante, é quantificado pela equação de van't Hoff.

Para a reação de oxidação do dióxido de enxofre, traduzida pela equação química seguinte:



a dependência da constante de equilíbrio com a temperatura, no intervalo entre 250 K e 1000 K, pode ser linearizada segundo a Figura 3.1.

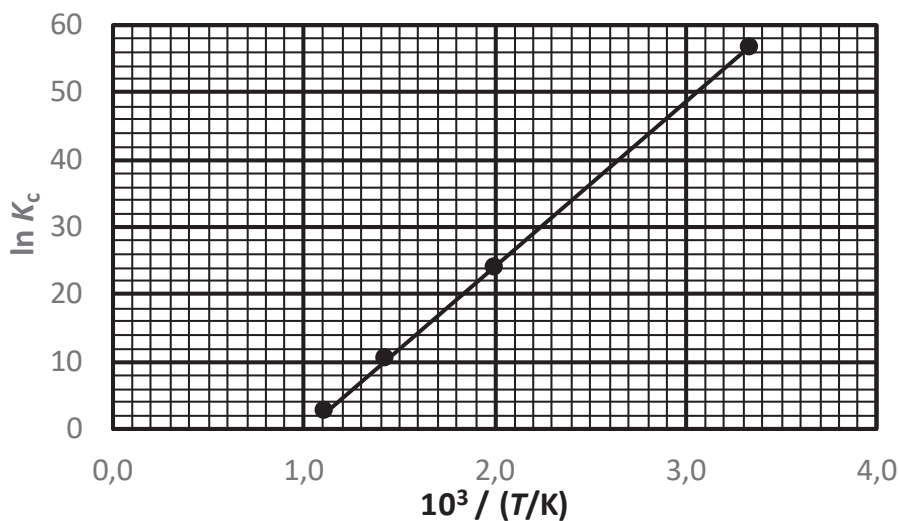
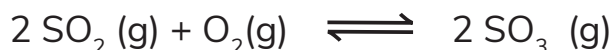


Figura 3.1

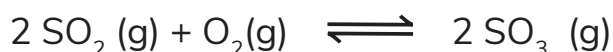
Diga, justificando, se a reação é exotérmica ou endotérmica no referido intervalo de temperaturas e qual o valor da respectiva variação de entalpia de reação.

**3.6** Calcule o valor da constante de equilíbrio,  $K$ , da reação de oxidação do dióxido de enxofre,



à temperatura de 600 °C, a partir da equação da reta representada na Figura 3.1.

**3.7** Num reator com capacidade de 5000 dm<sup>3</sup> foram introduzidos 416 kg de SO<sub>2</sub> e 200 kg de SO<sub>3</sub>. Admitindo que o reator funciona como um sistema fechado, calcule a fração molar de O<sub>2</sub> no interior do reator, após se ter atingido o estado de equilíbrio à temperatura de 600 °C. Considere que  $K_c = 30$  para



Nota: Justifique todas as aproximações realizadas para o cálculo.

**3.8** Preveja como variará a composição de SO<sub>3</sub> no equilíbrio considerado anteriormente, quando o sistema é sujeito às seguintes perturbações:

	Aumenta	Diminui	Não varia
Adição de O <sub>2</sub>			
Diminuição da pressão do sistema reacional por aumento do volume			
Aumento de pressão do sistema reacional por adição de um gás inerte, sem ocorrer variação do volume.			
Remoção de SO <sub>2</sub>			

**3.9** Considere ainda o equilíbrio referente à reação de oxidação do dióxido de enxofre num sistema fechado. A Figura 3.2 apresenta os esboços dos gráficos da relação entre a temperatura do reator,  $T$ , e a concentração de equilíbrio,  $C_{eq}$ , de uma das espécies reacionais, quando a pressão total no sistema é  $P_A$  ou  $P_B$ , em função do volume do reator.

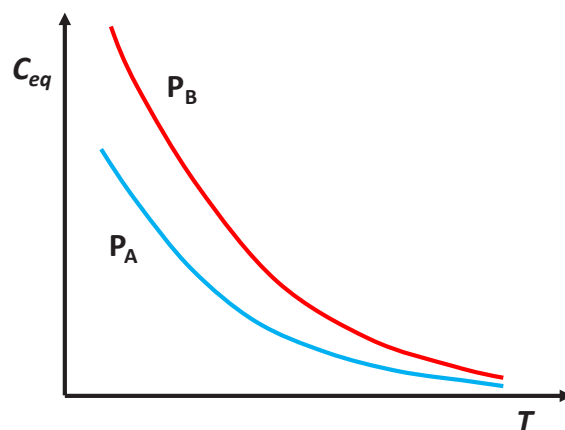


Figura 3.2

Indique, justificando, se a espécie a qual o gráfico se refere é um reagente ou um produto da reação e conclua sobre qual das pressões,  $P_A$  ou  $P_B$ , é menor.

Se não respondeu à pergunta 3.5, suponha um cenário para a reação (exotérmica/endotérmica) e responda de acordo com sua suposição.

Pergunta 4: Consequências da Quantização da Energia do Átomo (10%)

---

**PERGUNTA 4 | 10% CONSEQUÊNCIAS DA QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA DO ÁTOMO**

---

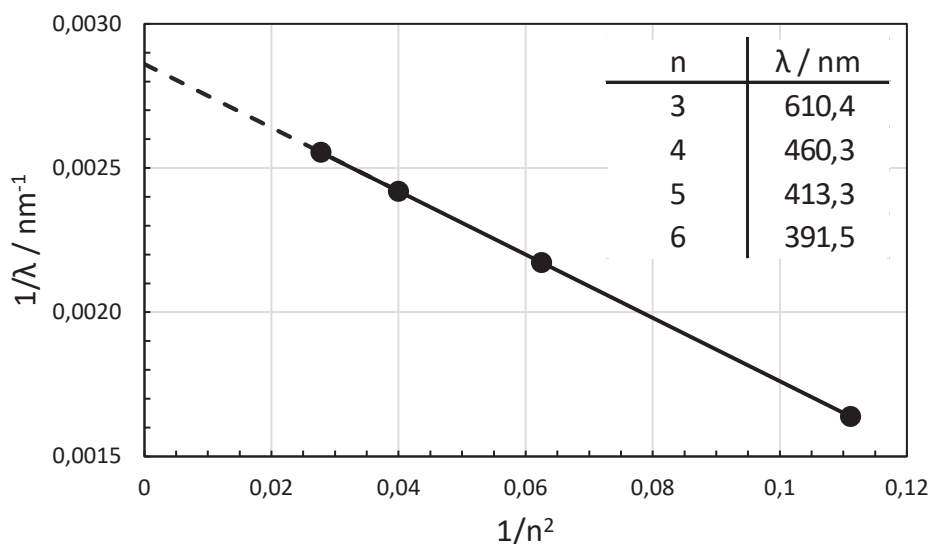
Questão	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	Total
Cotação	20	10	15	10	15	20	90
Classificação							

As espectroscopias de emissão e absorção atômica são as técnicas de análise química oficialmente reconhecidas pela OIV, Organização Internacional da Vinha e do Vinho, para identificar e quantificar os elementos metálicos presentes no vinho. O princípio do funcionamento destas técnicas faz uso da emissão ou da absorção de radiação pelos átomos livres dos elementos metálicos no estado gasoso. Dado que as amostras a analisar não são constituídas por átomos livres, é necessário submetê-las a um tratamento prévio de modo a transformá-las num vapor atômico. A

atomização é conseguida a temperaturas próximas de 2300 °C, em que a maioria dos átomos livres irá manter-se no seu estado fundamental, estando aptos para absorverem e posteriormente emitirem radiação eletromagnética apropriada.

De acordo com o modelo da quantização da energia do átomo, o mecanismo da emissão atômica resulta da excitação de um elétron do átomo para um nível de energia mais elevado, seguindo-se uma emissão de uma quantidade discreta de energia radiante, quando o elétron regressa ao nível inicial (de uma só vez ou numa série de passos correspondentes às transições eletrônicas para níveis de energia intermediários).

- 4.1** Calcule a energia de ionização do átomo de hidrogénio no estado fundamental, expressa em  $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
  
- 4.2** Calcule a frequência da radiação emitida referente à transição eletrónica  $2p \rightarrow 1s$  no átomo de hidrogénio, conhecida por linha de Lyman- $\alpha$ .
  
- 4.3** A linha Lyman- $\alpha$  do hidrogénio e de alguns íons monoelétrônicos (partículas hidrogenóides) é usada frequentemente para investigar as estrelas formadas no Universo longínquo. Por exemplo, o espectro de emissão remanescente da Supernova E0102-72 apresenta várias linhas de Lyman- $\alpha$ , em que uma delas se refere à radiação emitida pelo átomo de hidrogénio e as restantes à radiação emitida por íons monoelétrônicos de outros elementos.
  - 4.3.1** Uma das linhas Lyman- $\alpha$  mais intensa do espectro de emissão remanescente da Supernova E0102-72 ocorre na frequência de  $1,58 \times 10^{17}$  Hz. Identifique o elemento que lhe deu origem. Determine a carga do íon monoelétrônico do elemento
  
- 4.4** O espectro de emissão do lítio inclui uma série de linhas espectrais, entre outras, provenientes da transição do elétron de valência de orbitais  $nd$  ( $n$  é o número quântico principal) para o orbital  $2p$ , que tem a particularidade de que o inverso do comprimento de onda da radiação emitida ( $1/\lambda$ ) é diretamente proporcional a  $(1/n^2)$  (Figura 4.1).



**Figura 4.1**

A relação linear entre  $(1/\lambda)$  e  $(1/n^2)$  se deve a que  $(1/n^2)$  é proporcional à energia de ionização (EI) de um átomo de lítio excitado num nível energético nd.

$$EI(nd) = k \frac{1}{n^2}$$

onde k é uma constante.

Explique porque a série de linhas espectrais provenientes da transição  $nd \rightarrow 2p$  não contém as linhas correspondentes a  $n = 1$  e  $n = 2$ .

**4.5** Determine o valor da energia de ionização para um átomo de lítio excitado no nível energético 2p, expressa em  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , usando a informação contida na representação gráfica da Figura 4.1.

**4.6** A cor vermelha da chama de lítio, cujo comprimento de onda é 670,8 nm, é atribuída à transição do elétron de valência, entre o nível excitado de mais baixa energia (2p) e o estado fundamental (2s). Demonstre que o valor da 1ª energia de ionização do átomo de lítio é  $519 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Se não resolveu o item anterior considere  $EI = 350 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .





**Tabela 5.1:** Resultado da análise elementar efetuada no composto C.

Composto	Elemento / % em massa		
	Carbono	Hidrogênio	Nitrogênio
C	82,5	10,1	7,4

**5.1** Escreva as estruturas dos compostos A, B, C e D.

Composto A	Composto B
Composto C	Composto D

**5.2** Escreva as equações químicas, devidamente balanceadas, que representam as reações referentes aos passos 1, 3, 4 e 5.

**5.3** Escreva a equação química global devidamente balanceada, que representa a reação do passo 2, a partir das respectivas equações de semi-reação.

**5.4** A pendimetalina é comercializada sob a forma de uma microemulsão com uma concentração de

$330 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . O combate às ervas daninhas é extremamente eficaz quando a pendimetalina comercial é aplicada em doses anuais de  $4,5 \text{ dm}^3$  por hectare de área de terreno.

Determine a massa de 1,2-dimetil-4-nitrobenzeno necessária para produzir a quantidade anual de pendimetalina usada no combate das ervas daninhas numa área de 26 mil hectares de terreno.

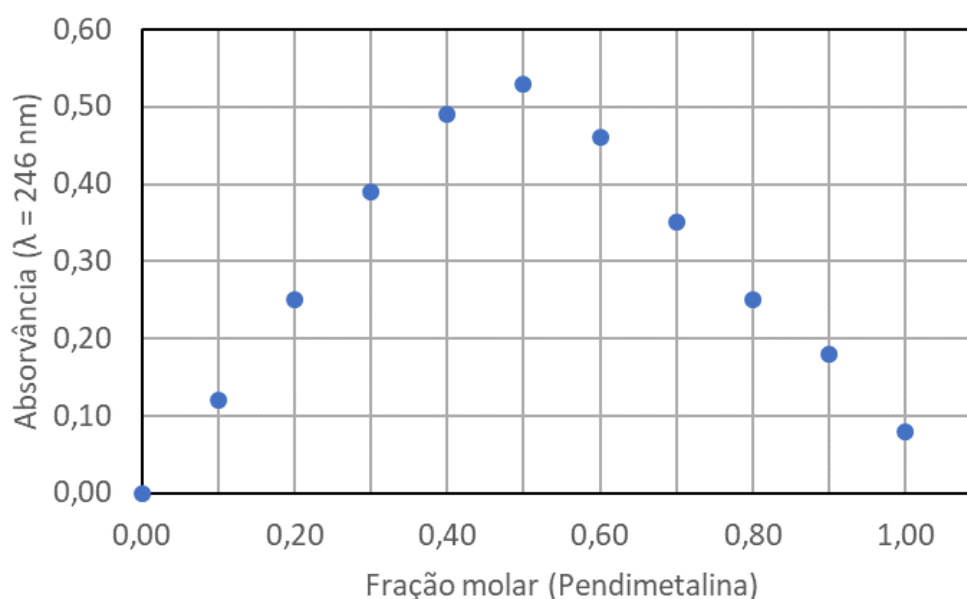
**5.5** A solubilidade da pendimetalina em água é bastante baixa e depende do pH. Por exemplo, à temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , a solubilidade da pendimetalina é de  $0,33 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  a pH 7 e de  $0,54 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  a pH 4.

Explique a variação da solubilidade da pendimetalina com o pH.

**5.6** A adição de  $\beta$ -ciclodextrina,  $\beta$ -CD, a uma solução de pendimetalina numa mistura água/etanol origina um único produto formado pela combinação direta das duas substâncias e que tem a designação de aduto.

Com o objetivo de se conhecer a proporção de combinação entre a pendimetalina e a  $\beta$ -CD, prepararam-se separadamente soluções equimolares de pendimetalina e de  $\beta$ -CD em misturas iguais de água/etanol. Por misturas de diferentes volumes destas duas soluções prepararam-se várias alíquotas para análise com o mesmo volume total. Estas alíquotas foram analisadas por espectrofotometria na região UV, tendo-se registrado a absorbância no comprimento de onda de 246 nm.

Na Figura 5.2 está representada a absorbância das diferentes alíquotas analisadas em função da fração molar da pendimetalina .



**Figura 5.2**

Classifique as afirmações seguintes em verdadeiras (**VE**) ou falsas (**FA**).

	A $\beta$ -CD absorve radiação UV com $\lambda = 246$ nm.
	O aduto absorve radiação UV com $\lambda = 246$ nm.
	A pendimetalina absorve radiação UV com $\lambda = 246$ nm.
	A contribuição da $\beta$ -CD para a absorbância medida ( $\lambda = 246$ nm) diminui quando a fração molar da pendimetalina aumenta até 0,50.
	A contribuição do aduto para a absorbância medida ( $\lambda = 246$ nm) diminui quando a fração molar da pendimetalina aumenta desde 0,50 até 1,00.
	A contribuição da pendimetalina para a absorbância medida ( $\lambda = 246$ nm) diminui quando a sua fração molar aumenta desde 0,50 até 1,00.

**5.7** Determine a proporção de combinação entre a pendimetalina e a  $\beta$ -CD no aduto.