

# 11ª. Olimpíada Iberoamericana de Química

## Aveiro-Portugal

Questão Teórica 1

Pontuação:10 Pontos

Questão	1.a	1.b	2.a	2.b	2.c	3.a	3.b	3.c
Valores	1,2	1,6	0,9	0,9	0,6	1,0	1,5	2,3

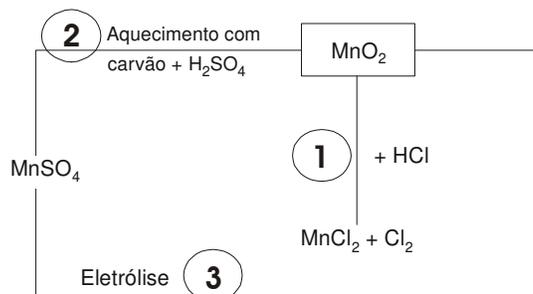
### Substâncias de fórmula $EO_2$

É hoje aceite que a atmosfera primitiva da Terra era muito diferente da que conhecemos e que o nível de  $O_2$  (surgido a partir de atividade biológica) começou a aumentar com o desenvolvimento da fotossíntese até se fixar nos valores atuais, há cerca de 500 milhões de anos. Simultaneamente, formaram-se no ambiente numerosos compostos com o elemento oxigênio, entre os quais, toda uma série de substâncias de fórmula molecular genérica  $EO_2$ . Entre estas, encontramos gases existentes na atmosfera em pequena proporção ( $E = O, C, N$  ou  $S$ ) ou minerais existentes na crosta, como sílica ( $SiO_2$ ), rutilo ( $TiO_2$ ), pirolusita ( $MnO_2$ ) ou cassiterita ( $SnO_2$ ).

### Atenção: Apresente suas respostas nas folhas de respostas fornecidas

- 1a) Represente, por meio de fórmulas de Lewis, as estruturas das moléculas de  $O_2$  e  $O_3$  e do íon  $O_2^{2-}$  incluindo, no caso de existirem, as estruturas de ressonância. Ordene, do maior para o menor, o comprimento da ligação O-O naquelas espécies.
- 1b) Embora o carbono e o silício pertençam ao mesmo grupo da Tabela Periódica (grupo 14), o dióxido de carbono,  $CO_2$ , é um gás nas condições ambientais, enquanto que as várias formas de  $SiO_2$  são sólidos de elevado ponto de fusão. Apresente as principais diferenças estruturais entre estes dois compostos, identificando a geometria de coordenação em torno dos elementos C e Si.
- 2a) O dióxido de enxofre,  $SO_2$ , presente na atmosfera pode ser oxidado a  $SO_3$ , o qual se dissolve em água e contribui para a formação de chuva ácida. Escreva as equações químicas que representem esta sequência de reacções.
- 2b) O dióxido de estanho natural (cassiterita) é pouco reativo, mas, a forma hidratada,  $SnO_2 \cdot nH_2O(s)$ , é solúvel em soluções ácidas e em soluções alcalinas.

- (i) Escreva a equação iônica correspondente à solubilização do  $\text{SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}(s)$  em soluções aquosas de hidróxido de sódio, sabendo que se forma o íon hexa-hidroxoestano(IV);
- (ii) Represente a estrutura do íon hexa- hidroxoestano(IV).
- 2c) Com base no seu comportamento em solução aquosa, os óxidos podem ser classificados em ácidos, básicos e anfotéricos. Classifique os óxidos  $\text{SO}_3$  e  $\text{SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .
- 3) A pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ) é um dos principais minérios de manganês. A figura representa um esquema de algumas reações envolvendo  $\text{MnO}_2$ .



- 3a) Escreva a equação correspondente à reação do  $\text{MnO}_2$  com ácido clorídrico concentrado, a quente (processo (1)). Indique qual o oxidante, qual o redutor, qual o elemento que se oxidou e qual o elemento que se reduziu.
- 3b) A eletrólise (processo 3) é usada para preparar  $\text{MnO}_2$  com o grau de pureza necessário para o seu uso na fabricação de pilhas e de componentes para a indústria eletrônica. A partir da equação de Nernst, escreva a expressão que mostra como varia o potencial do par  $\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}$ ,  $E(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+})$ , com o pH, a 298 K. Indique se o aumento de pH (até ao máximo de 6-7) favorece ou desfavorece a deposição do  $\text{MnO}_2$ .

Dados, a 298 K: potencial normal de eletrodo em meio ácido,  
 $E^0(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) = 1,23 \text{ V}$ ;  $2,3 RT/F = 0,059$ .

- 3c) O processo assinalado com (2) ocorre em duas fases. Na primeira, a pirolusita é misturada com carvão moído e os sólidos são aquecidos num forno, ocorrendo a redução do  $\text{MnO}_2$  a  $\text{MnO}$ . Numa segunda fase, faz-se reagir, com ácido sulfúrico, o  $\text{MnO}$  formado, obtendo-se uma solução aquosa de  $\text{MnSO}_4$ .

Considere que se parte de 100 kg de um minério de manganês com 49,3% de  $\text{MnO}_2$  em massa (% *m/m*) e que o produto sólido obtido na 1ª fase é lavado com ácido sulfúrico a 30% *m/m*, verificando-se a dissolução completa do  $\text{MnO}$ . Admita que 85,0% (*m/m*) do  $\text{MnO}_2$  presente no minério reagiu com o carvão, que nenhuma outra substância, além do  $\text{MnO}$  formado, se dissolveu em quantidade significativa e que se usou 2,5 kg de solução de ácido sulfúrico por cada 1,0 kg de minério. Nestas condições, determine a quantidade de  $\text{MnSO}_4$  e de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  por kg de solução obtida, exprimindo o resultado em mol de composto por kg de solução. Apresente todos os cálculos efetuados.

### O Vinho do Porto

*(Este texto destina-se às questões teóricas 2 e 3)*

O Vinho do Porto é um vinho licoroso, produzido exclusivamente na Região Demarcada do Douro sob condições peculiares derivadas de fatores naturais e de fatores humanos. Isto é devido às suas inconfundíveis características de aroma, corpo, sabor e à alta qualidade das uvas bem como às características agro-climáticas da região do vale do Douro. “Vinho do Porto” é essencialmente uma designação geográfica de origem. Embora produzido no vale do Douro, a região do Porto acabou por dar o nome ao vinho. O seu teor alcoólico é elevado (19° a 22°) e apresenta uma variada gama de *doçuras* (muito doce, doce, meio-seco e extra-seco) e de *cores* (tinto, tinto-aloiado, aloirado e aloirado-claro). O processo de fabrico, baseado na tradição, difere do processo utilizado nos restantes vinhos, pois faz-se a paragem da fermentação do *mosto* pela adição de aguardente vínica (benefício ou aguardentação) e um longo *envelhecimento*.

A maior ou menor doçura do vinho depende do momento da interrupção da fermentação por adição de *aguardente vínica* e de mais mosto. A glicose **(1)** e a frutose **(2)** são os açúcares mais abundantes, quer no mosto quer no vinho final, ocorrendo também outros carbo-hidratos.

A cor do vinho do Porto resulta da presença de antocianinas (glucósidos **(3)** da malvidina, da cianidina e outros) e varia com a idade do vinho devido à oxidação das antocianinas que ocorre ao longo do tempo.

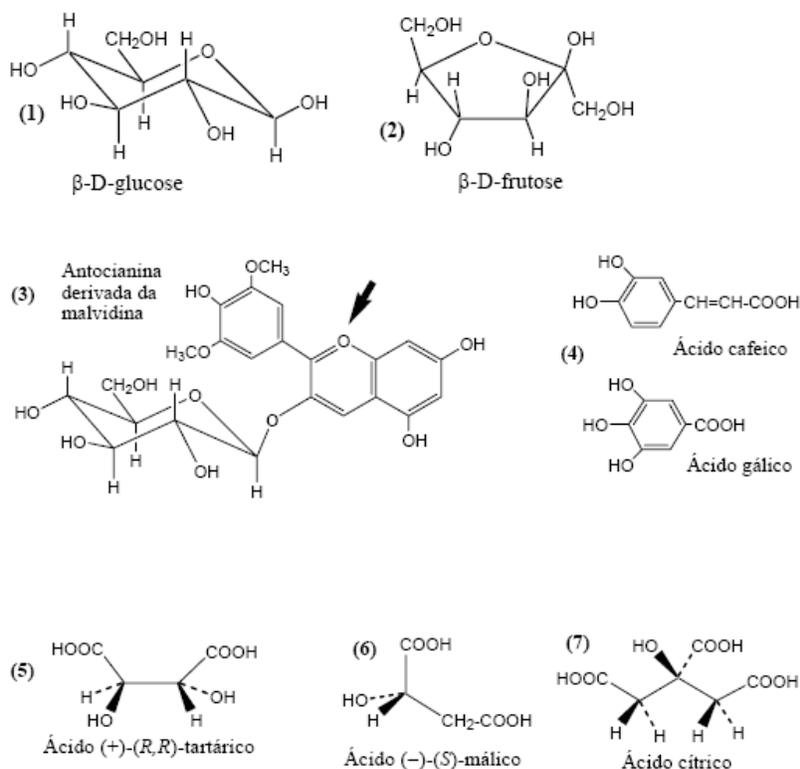
O vinho do Porto contém também polifenóis **(4)** (como catequinas, ácidos fenólicos e taninos), ácidos tartárico **(5)**, málico **(6)**, cítrico **(7)** e seus ésteres e sais, terpenos, vários álcoois superiores e ésteres, resultando destes constituintes o sabor e aroma do vinho.

Há vários tipos de Vinho do Porto: uns envelhecem em vasilhas de madeira, outros na garrafa, de acordo com o tipo de vinho desejado (*vintage*, *tawny* e outros).

Estes são, geralmente, o resultado de sábias lotações/combinções entre colheitas de anos diferentes, de modo a manter a vitalidade do vinho e a dar continuidade ao estilo e marca.

O etanol presente no vinho do Porto é exclusivamente de origem natural, produzido em um processo chamado fermentação. Na fermentação, a glicose transforma-se em dióxido de carbono, etanol e água por ação de leveduras/microorganismos presentes no meio, não sendo permitida a fortificação com etanol de síntese. Os microorganismos são sensíveis a concentrações alcoólicas superiores a 15% (v/v).

Os polifenóis contidos no vinho são antioxidantes naturais muito apreciados pelo seu efeito benéfico para saúde humana. Este tipo de compostos inibem reações de polimerização através de radicais livres.



**Questão Teórica 2**

Classificação: 10 pontos

Pergunta	1	2	3.1	3.2	4	5	6.1	6.2	7
Pontuação	0,8	0,8	1,5	1,5	0,8	1,5	0,8	0,8	1,5

**Após leitura do texto e análise das figuras, responda, na folha de respostas, às seguintes questões:**

O texto refere “a fermentação” que ocorre num processo de vinificação.

- Escreva a equação química global que representa a referida fermentação.
- Se no processo de fermentação referido se produz etanol, qual a razão da fermentação parar por adição de etanol.
  - Porque o etanol se transforma em metanol.
  - Porque as leveduras morrem na presença de mais de 14-15% (v/v) de etanol?
  - Porque a adição de etanol faz retroceder a reação de equilíbrio 1.1.
- Quer o etanol de fermentação quer o etanol de síntese apresentam a fórmula  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ .
  - Escreva as equações químicas que representam a produção de etanol a partir de eteno na presença de ácido sulfúrico concentrado.
  - Substitua as letras **A**, **B**, **C**, **D** e **E** pelas devidas fórmulas químicas e respectivos coeficientes estequiométricos.
    - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{A} \Rightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{B} + \text{calor}$
    - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{C} \Rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{D}$
    - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow \text{E} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^-$
- Escreva as fórmulas empírica (mínima) e molecular da frutose (2).
- Sabendo-se que a sacarose é um dissacarídeo não redutor que, por hidrólise, origina  $\beta$ -D-glicose (1) e  $\beta$ -D-frutose (2), escreva a fórmula estereoquímica da sacarose.
- As antocianinas são substâncias intensamente coradas existentes em muitos frutos e flores sob a forma de glicosídeos do tipo representado em (3)
  - Que são glicosídeos?
    - Acetais derivados da glicose e de álcoois ou de fenóis.
    - Compostos resultantes da reação da glicose com ácidos carboxílicos.
    - Compostos derivados da glicose por substituição de grupos OH por alquilas ou arilas.
  - Calcule a carga formal do átomo de oxigénio assinalado com a seta, na estrutura do composto (3).
- Escreva as equações químicas que representam a reação de polimerização, por radicais, do estireno (vinilbenzeno).

**Questão Teórica 3**

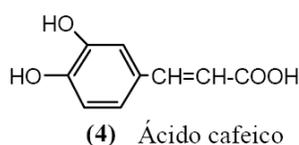
Classificação: 10 pontos

Pergunta	1	2	3	4	5	6	7.1	7.2	7.3
Pontuação	0,8	1,5	1,5	0,8	0,8	0,8	0,8	1,5	1,5

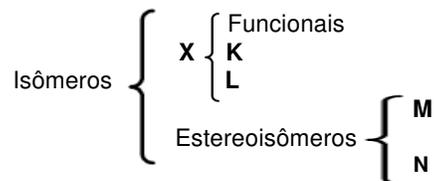
O ácido caféico **(4)** apresenta isômeros constitucionais e estereoisômeros.

1 - O que são isômeros?

- A - Compostos com a mesma fórmula estrutural.
- B - Compostos com a mesma fórmula molecular.
- C - Compostos com o mesmo número de átomos de carbono.



2 - Relembrando o que estudou sobre os tipos de isômeros substitua as letras **X**, **K**, **L**, **M** e **N** pelos nomes apropriados:



- 3 - Desenhe as estruturas dos estereoisômeros do ácido cafeico. Como se designam (utilize a nomenclatura Z/E)?
- 4 - Os isômeros referidos em **3 (item anterior)** apresentam atividade óptica (ótica)? Justifique.
  - A - Não, porque contém carbonos assimétricos.
  - B - Sim, porque o carbono do grupo COOH tem todos os substituintes diferentes.
  - C - Não, porque as suas moléculas não são quirais.
- 5 - Desenhe as estruturas de todos os estereoisômeros opticamente ativos do ácido tartárico **(5)**, usando projeções de Fischer.
- 6. Que significam os prefixos (-) e (S) escritos no nome do ácido málico?
  - A - Sinal da rotação específica (-) e a configuração absoluta do carbono assimétrico é (S).
  - B - Que o composto é dextrógiro e a configuração absoluta do carbono assimétrico é (S).
  - C - Que o composto é levógiro e, se um observador olhar o carbono assimétrico do lado oposto ao do átomo de hidrogênio os substituintes do carbono assimétrico estão na mesma ordem do sentido de rotação dos ponteiros de um relógio, OH > COOH > CH<sub>2</sub>-COOH.

7. A fórmula de estrutura da glicose mostra que ela é um hemiacetal cíclico de um aldeído poli-hidroxilado de cadeia aberta.
- 7.1 - Escreva a fórmula estrutural deste aldeído.
- 7.2 - Apresente o mecanismo da formação do hemiacetal cíclico sob catálise ácida.
- 7.3 – Prove através do cálculo do número de oxidação que a transformação da glicose em ácido glicônico (ácido 2,3,4,5,6- penta-hidroxi-hexanóico) é uma oxidação.

#### Questão Teórica 4

Pontuação:10 Pontos

#### GLICOSE

Pergunta	4 a	4b	4c	4d	4e	4f	4g
Valores	1,0	2,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1.5

***No final desta prova estão disponíveis, em tabelas, os dados adicionais necessários para a sua resolução.***

Naquele dia João e a namorada estavam no jardim. O calor apertava e veio-lhe aquela vontade de beber um refrigerante muito gelado. A namorada também queria um, porém *light*, para manter a linha... No bar do jardim, os refrigerantes clássicos estavam no congelador a  $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  enquanto que os *light* estavam no frigorífico a  $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O dono do bar queixava-se que não podia colocar os refrigerantes *light* no congelador porque eles congelavam... Já o mesmo não acontecia com o refrigerante clássico que podia atingir aquelas temperaturas muito baixas, bem ao gosto do João... E decidiram ir passear pela cidade de Aveiro, onde os canais da ria (espécie de lagoa) se entrelaçam com as ruas do centro da cidade. Vale lembrar que a ria é sujeita a marés e a sua água tem uma densidade próxima da água do mar ( $1,03\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). O desespero foi que, ao atravessar a ponte sobre o canal da ria, o casal deixou cair as latas e uma delas afundou ...

Felizmente, a outra ficou boiando e João conseguiu apanhá-la com um ramo. Ficou intrigado porque uma das latas tinha afundado e a outra não... Naquela tarde, de regresso a casa, João comprou outras duas latas de refrigerante e pesou-as. O refrigerante *light* era de fato mais leve do que o outro... Ambas as latas, contêm 330 mL de refrigerante, têm um volume de 350 mL, e, enquanto a de refrigerante *light* pesava apenas 355 g, a de refrigerante clássica pesava 369 g. O nome *light* vinha a calhar. Foi à biblioteca e num minuto retirou a tabela de densidades de soluções aquosas de sacarose a  $20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  apresentada abaixo... E pronto! De repente percebeu tudo: porque uma das latas afundara e porque se consegue resfriar a lata de refrigerante clássico a temperaturas inferiores a zero, mas a de refrigerante *light* não.

Massa de sacarose, g /100 g de solução	Densidade / (g.cm <sup>-3</sup> )
0,00	0,998
5,00	1,020
10,00	1,040
14,00	1,061

Para responder às seguintes perguntas considere que ambas os refrigerantes são exclusivamente constituídas por água e glicose, no caso do refrigerante clássico, ou água e adoçante (substância com poder adoçante muito superior ao da glucose e de baixo valor calórico) no caso do refrigerante *light*, e que o dióxido de carbono dissolvido é desprezível.

a) Indique qual das latas afundou apresentando os cálculos efetuados para justificar a sua resposta.

b) O refrigerante *light* que João comprou, contém o adoçante aspartame, simbolizado por H<sub>2</sub>A<sup>+</sup>. Sabendo que o pH do refrigerante *light* é de 3,50 (fixado pelo ácido fosfórico) e que a concentração de equilíbrio da forma ácida do aspartame no referido refrigerante é de 1,90x10<sup>-4</sup> mol.L<sup>-1</sup>, calcule a massa total do adoçante presente na lata de refrigerante *light*.

**NOTA: Se não tiver respondido ao item b) considere que a concentração em massa do adoçante no refrigerante *light* é de 0,30 g.L<sup>-1</sup>**

c) Calcule a massa da lata, supondo que a variação da densidade depende apenas da quantidade de adoçante.

**NOTA: Se não tiver respondido ao item c), considere que a massa da lata é de 25 gramas.**

d) Calcule a massa de glicose na lata de refrigerante.

e) Por que é que as latas de refrigerante *light* não devem ser colocadas no congelador? Justifique utilizando as respostas dos itens b) e d).

f) Sendo a constante crioscópica da água de 1.86 K/(mol kg<sup>-1</sup>) qual a temperatura mais baixa a que se pode resfriar a lata de refrigerante clássica sem que este congele?

g) Sabendo que a necessidade energética do João é de cerca de 2000 kcal por dia, quantas latas de refrigerante ele teria que beber para satisfazer essa necessidade de acordo com o seu poder calórico? (Considere que o poder calórico dos alimentos é igual à energia libertada pela sua combustão).

Entalpias de formação	(kJ.mol <sup>-1</sup> )
Glicose	- 1268
Água	- 285,83
Dióxido de carbono	- 393,5

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

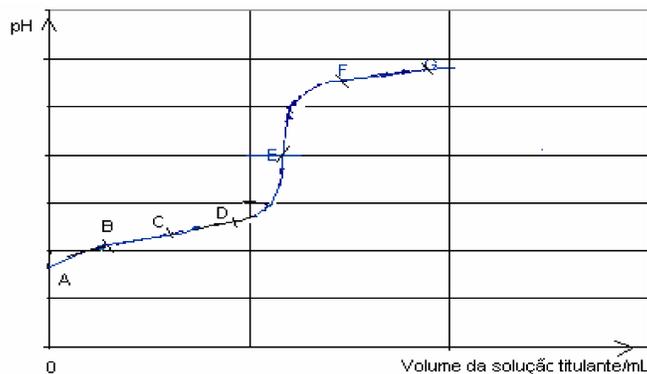
Massa molar	(g.mol <sup>-1</sup> )	Aspartame	
Aspartame (cátion)	295,30	pKa1 = 3,19	(H <sub>2</sub> A <sup>+</sup> / HA)
Glicose (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> )	180,16	pKa2 = 7,87	(HA / A <sup>-</sup> )

### Questão Teórica 5

1. 1 O termo **Vinagre** deriva do termo francês “vinaigre”, que quer dizer “vinho azedo”. O vinagre é um contaminante indesejável na produção de vinhos. A formação do vinagre envolve dois tipos de alterações bioquímicas: a fermentação alcoólica de hidratos de carbono e uma oxidação do álcool até ácido acético. Uma vez obtido o álcool por fermentação, a concentração alcoólica é ajustada entre 10 a 13%. Quando a mistura é exposta às bactérias do ácido acético (processo aeróbio), a solução alcoólica oxida-se e produz vinagre na concentração desejada. De acordo com a FDA (*Food and Drug Administration*) um vinagre contém, no mínimo, 4 gramas de ácido acético em 100 centímetros cúbicos, ( $K_a=1,8 \times 10^{-5}$ ).

a) Calcule o valor de pH de uma solução aquosa de ácido acético com a composição recomendada pela FDA.

b) Abaixo representa-se a curva de titulação de um certo volume de uma solução de vinagre com uma solução padronizada de uma base forte, de igual concentração.



As letras **A** a **G** representam pontos de particular interesse.

i. Indique a letra que corresponde ao volume de titulante adicionado, quando  $\text{pH} = \text{pKa}$ . Justifique adequadamente a resposta (escreva a expressão analítica adequada).

ii. Indique a letra que corresponde ao ponto de equivalência, justificando o respectivo valor de pH pela fórmula analítica apropriada.

iii. Indique as letras que correspondem às zonas tampão. Escreva a composição química de cada uma delas.

c) Compare os volumes de titulante gastos para alcançar os pontos de equivalência nas titulações de ácido acético e de HCl de iguais concentrações.

d) Apresente a razão pela qual não é recomendado o uso de um indicador para a detecção do ponto de equivalência de uma titulação de uma solução de vinagre de vinho.

e) O método potenciométrico para realizar as medições de pH utiliza dois eletrodos. Dê um exemplo de:

- i) eletrodo indicador;
- ii) eletrodo de referência.

2 - A maioria dos sais de cloreto são solúveis, sendo o cloreto de prata (AgCl) uma das exceções ( $K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,8 \times 10^{-10}$ ). Além disso, a análise volumétrica do íon cloreto, por precipitação, satisfaz à generalidade dos requisitos necessários para uma titulação nas melhores condições, sendo, portanto, utilizada em uma grande variedade de situações onde é necessário dosar o íon cloreto (por exemplo, na água do mar de onde se extrai o sal de cozinha, rico em cloreto de sódio). Assim sendo, procedeu-se à análise das amostras indicadas na tabela abaixo, em que três amostras diferentes foram tituladas com solução  $0,09090 \text{ mol dm}^{-3}$  de  $\text{AgNO}_3$ .

Nº da Amostra	Sal presente na amostra	Grau de pureza (%)	Massa de amostra (g)	Volume de solução teste ( $\text{cm}^3$ )	Concentração de cloreto na solução-teste ( $\text{mol dm}^{-3}$ )
1	NaCl	100	0,2500	—	—
2	ZnCl <sub>2</sub>	60	0,4000	—	—
3	AlCl <sub>3</sub>	—	—	20,00	0,0200

a) Indique três requisitos que uma reação deve satisfazer para ser útil em análise volumétrica.

b) **Para cada uma das três titulações**, calcule o volume de solução de  $\text{AgNO}_3$ , a partir do qual a concentração do íon prata será superior à do íon cloreto.

c) Calcule o volume de solução de  $\text{AgNO}_3$  que seria gasto na titulação da amostra nº 2 se esta estivesse contaminada com 5% de brometo de potássio ( $K_{ps}(\text{AgBr}) = 5,2 \times 10^{-13}$ ).

## Questão Teórica 6

Classificação: 10 Valores

Pergunta	1.a	1.b	1.c	2.a	2.b
Valores	1	1	1	4	3

## Produção do Ácido Nítrico.

O ácido nítrico é um ácido forte, importante na produção de fertilizantes, síntese orgânica e explosivos, produzindo-se 30 milhões de toneladas por ano a nível mundial. O processo industrial mais importante para o fabrico do ácido nítrico é baseado na oxidação catalítica do amoníaco, processo patenteado pela primeira vez, em 1902, pelo químico Wilhelm Ostwald galardoado com o prémio Nobel de Química em 1909 por seus trabalhos em catálise, equilíbrio químico e velocidades de reação. Na figura 2, a seguir, mostra-se uma plataforma simplificada do processo Ostwald :

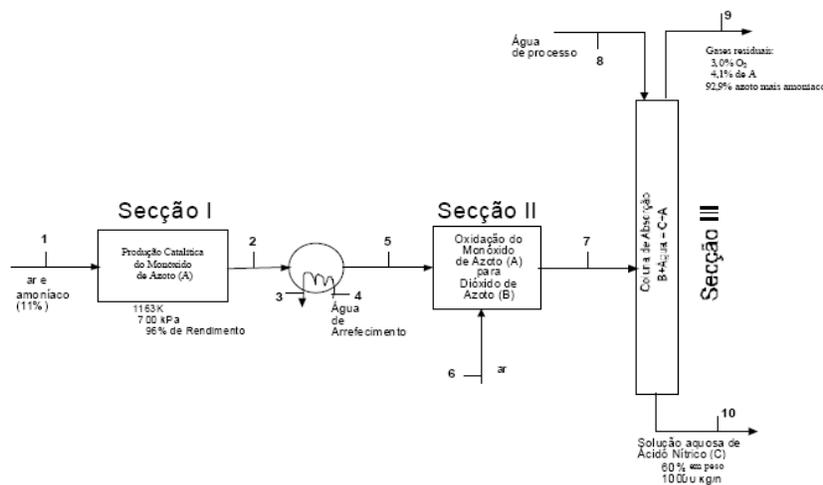
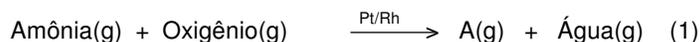
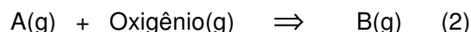


Figura 2: Diagrama simplificado para a produção de ácido nítrico por oxidação catalítica da amônia (processo Ostwald).

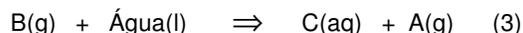
Uma mistura gasosa de ar e amônia (11% molar de amônia; para o ar considere que é uma mistura de gases com 79% de nitrogênio e 21% oxigênio em frações molares) são introduzidos no reator de oxidação catalítica, identificado como "Secção I" no diagrama anexo (Figura 1). O reator trabalha a 1163 K e 700 kPa. O reator tem uma malha de platina (com 10% de Rh) que é muito seletiva para reação de oxidação do amoníaco para dar monóxido de nitrogênio (A), ( $\Delta H = - 950 \text{ kJ}$ ), seguindo a reação exotérmica:



Considere que esta é a reação principal e que são desprezáveis outras reações secundárias. Do total de amônia que alimenta o reator, são convertidos em produto "A", 96% dos mols que são alimentados. Os produtos do reator são seguidamente resfriados num trocador de calor com uma corrente externa de água fria retirando o calor em excesso. Os produtos do reator, após esfriamento entram numa segunda câmara (Seção II) que trabalha acoplada a uma coluna de absorção (Seção III). Na Seção II, o monóxido de nitrogênio(A) é oxidado totalmente a dióxido de niytogênio(B) em excesso de ar que entra na câmara pela corrente 6, segundo a reação ( $\Delta H = -90 \text{ kJ}$ ):



Finalmente, na coluna de absorção, Seção III o dióxido de nitrogênio(B) é absorvido completamente em água produzindo ácido nítrico (C) seguindo a reação ( $\Delta H = -140 \text{ kJ}$ ):



O ácido nítrico é obtido pelo fundo da coluna com uma pureza de 60% em peso (corrente 10), enquanto que pelo topo sai uma corrente com gases residuais (corrente 9) constituída por oxigênio (3% molar), monóxido de nitrogênio(4,1% molar) e todo a amônia que não reagiu e o nitrogênio(92,9%).

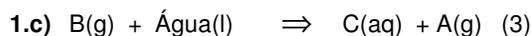
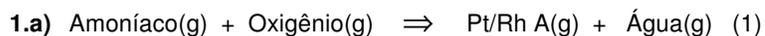
O componente A que sai pelo topo é produzido dentro da coluna; a corrente 7 não contém nada do componente A. Também pelo topo entra água de processo (corrente 8) necessária para absorver o componente B.

Considere que o comportamento dos gases é ideal. Se precisar considere que as massas atômicas de:

$$H = 1, N = 14, O = 16.$$

$$\text{Densidade da água} = 1000 \text{ kg/m}^3. \quad R = 8,3144 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K}$$

**1) Identificar todos os componentes e acertar as reacções do processo:**



**2) Calcular:**

**2.a)** Calcule a quantidade de matéria da mistura de alimentação (corrente 1), necessária para produzir 10 000 kg/h de ácido nítrico com 60%, de pureza em peso, numa hora, tal como está indicado no diagrama do processo.

**2.b)** Calcular a quantidade total, em mols, de gases residuais produzidos na corrente 9 por cada hora de processo.