

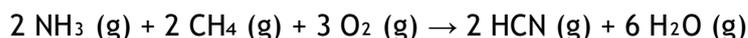


## Prova de Avaliação 4

### GRUPO I (131 pontos)

1

1. O cianeto de hidrogénio, HCN (g), é um dos reagentes empregues na preparação do cianeto de sódio que, por sua vez, se utiliza na extração de ouro de minérios auríferos. O cianeto de hidrogénio pode obter-se a partir da reação entre o amoníaco, NH<sub>3</sub> (g), e o gás natural, CH<sub>4</sub> (g), numa atmosfera de oxigénio e na presença de um catalisador, a platina, Pt.



Num vaso reator encerraram-se 13,6 g de NH<sub>3</sub> (g) com 12,8 g de CH<sub>4</sub> (g) e 16,0 g de O<sub>2</sub> (g), sob condições PTN.

Dados: M(NH<sub>3</sub>) = 17,03 g mol<sup>-1</sup>; M(O<sub>2</sub>) = 32,00 g mol<sup>-1</sup>; M(CH<sub>4</sub>) = 16,04 g mol<sup>-1</sup>; M(HCN) = 27,03 g mol<sup>-1</sup>; V<sub>m</sub> = 22,4 dm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup> (PTN)

1.1 (8p) Indique o reagente limitante. Apresente todas as etapas de resolução.

1.2 (8p) Determine a massa de HCN (g) que se obtém. Apresente todas as etapas de resolução.

1.3 (5p) Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte. O volume de H<sub>2</sub>O (g) que se liberta, nas condições PTN, é...

(A) 11,2 dm<sup>3</sup>

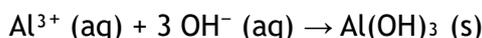
(B) 22,4 dm<sup>3</sup>

(C) 28,0 dm<sup>3</sup>

(D) 44,8 dm<sup>3</sup>

1.4 (10p) Determine a quantidade química de reagentes em excesso que permanecem no vaso reator. Apresente todas as etapas de resolução.

2. Pretende-se obter um precipitado de hidróxido de alumínio, Al(OH)<sub>3</sub> (s), no tratamento de uma amostra de água, através da reação completa entre 50,0 mL de uma solução aquosa de sulfato de alumínio, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (aq), de concentração 0,500 mol dm<sup>-3</sup> e uma solução aquosa de hidróxido de potássio, KOH (aq). A equação química que traduz a reação é a seguinte:



Dados: M(KOH) = 56,11 g mol<sup>-1</sup>; M(Al(OH)<sub>3</sub>) = 78,00 g mol<sup>-1</sup>

2.1 (12p) Determine a quantidade química de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  que precipita. Apresente todas as etapas de resolução.

2.2 (5p) Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte. A quantidade química de  $\text{KOH}$  necessária é...

(A)  $1,5 \times 10^{-2}$  mol

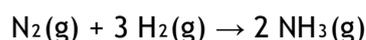
(B)  $1,5 \times 10^{-1}$  mol

(C)  $3,0 \times 10^{-2}$  mol

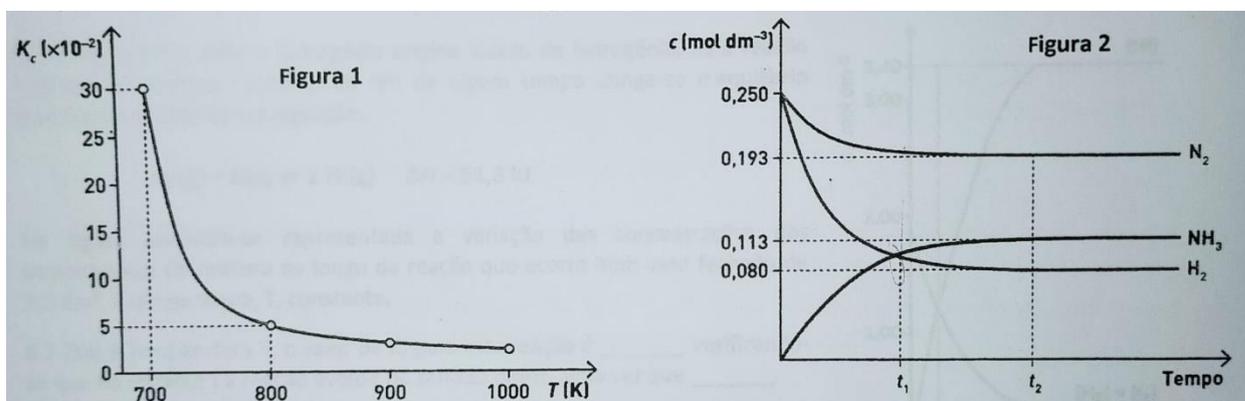
(D)  $3,0 \times 10^{-1}$  mol

2.3 (10p) Considerando uma amostra de 15,0 g de  $\text{KOH}$  com 10% de impurezas, determine a massa de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (s) que se obtém. Apresente todas as etapas de resolução.

3. O amoníaco,  $\text{NH}_3$ , matéria-prima essencial no fabrico de adubos químicos, pode ser obtido industrialmente a partir de hidrogénio e nitrogénio na presença de um catalisador, em condições de pressão e temperatura constantes e em sistema fechado. A equação química que traduz a reação química associada a este processo, designado por processo de Haber-Bosch, em homenagem aos químicos alemães Haber e Bosch que o desenvolveram no início do século XX, é:



O gráfico representado na figura 1 traduz a variação do valor da constante de equilíbrio,  $K_p$ , para esta reação química, em função da temperatura,  $T$ , e o gráfico da figura 2 representa uma das possíveis evoluções das concentrações dos componentes de uma mistura reacional, em função do tempo, num recipiente fechado de capacidade  $1,00 \text{ dm}^3$ , a temperatura constante, contendo inicialmente  $\text{N}_2(\text{g})$  e  $\text{H}_2(\text{g})$ .



3.1 (5p) De acordo com os dados fornecidos pelo gráfico da figura 1, podemos dizer que:

(A) esta reação de formação de  $\text{NH}_3$  é exotérmica.

(B) a reação de produção do amoníaco é tanto mais extensa quando maior for a temperatura.

(C) o aumento da pressão favorece a produção de  $\text{NH}_3$ .

(D) o aumento da temperatura aumenta o rendimento da reação.

3.2 (10p) Determine o valor da constante de equilíbrio da reação inversa ( $K'_c$ ) da reação de síntese do amoníaco à temperatura de 800 K e compare a extensão da reação direta e inversa com base nos valores de  $K_c$  e  $K'_c$ , respetivamente. Apresente todas as etapas de resolução.

4. Considere o gráfico da figura 2.

4.1 (12p) Calcule o rendimento desta reação de síntese do amoníaco. Apresente todas as etapas de resolução.

4.2 (5p) Selecione a opção que apresenta a comparação entre os valores do quociente da reação,  $Q_c$ , e da constante de equilíbrio,  $K_c$ , no instante em que o valor da concentração do produto é igual à de um dos reagentes, supondo que se mantém a temperatura no decorrer da reação.

- (A)  $Q_c > K_c$
- (B)  $Q_c < K_c$
- (C)  $Q_c = K_c$
- (D) Não é possível comparar.

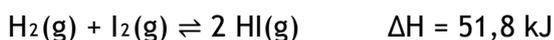
4.3. (5p) O processo industrial de síntese do amoníaco, para se tornar economicamente rentável e para garantir as necessárias condições de segurança durante a sua produção, obedece a determinadas condições relacionadas com temperatura, pressão e uso de catalisadores. Selecione a opção que contém os termos que completam, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação correta. O rendimento da reação de formação do amoníaco irá \_\_\_\_\_ quando, a este sistema inicialmente em equilíbrio químico, se provocar \_\_\_\_\_ da pressão e /ou \_\_\_\_\_ da temperatura.

- (A) diminuir ... um aumento ... uma diminuição
- (B) aumentar ... um aumento ... uma diminuição
- (C) aumentar ... uma diminuição ... um aumento
- (D) diminuir ... uma diminuição ... uma diminuição

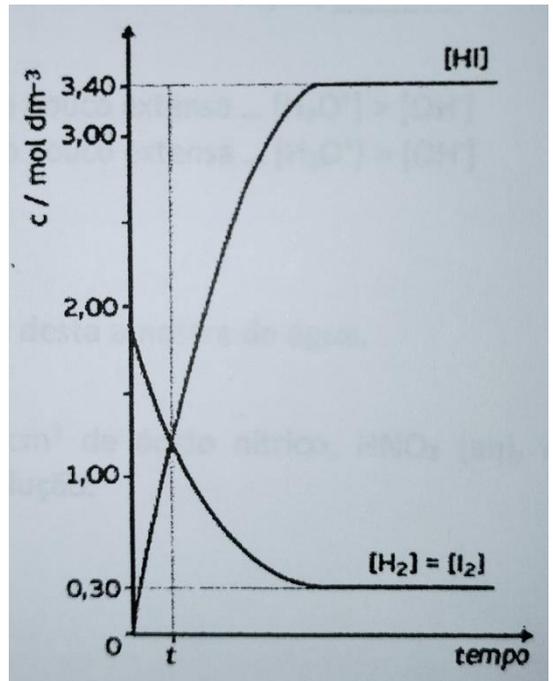
5. (5p) É possível comparar reações químicas do ponto de vista da química verde (QV) tendo em conta fatores como a produção de resíduos ou produtos indesejados ou a opção por reagentes e processos mais ou menos poluentes. Relativamente ao processo de síntese do amoníaco, selecione a opção que identifica o processo que mais se aproxima das preocupações da QV, enunciadas no parágrafo anterior.

- (A) Produção do  $H_2$  a partir do metano.
- (B) Produção do  $H_2$  a partir do carvão.
- (C) Obtenção do  $H_2$  a partir da água.
- (D) Obtenção do  $H_2$  a partir do amoníaco.

6. A reação entre iodo e hidrogénio origina iodeto de hidrogénio. Se a reação ocorrer em sistema fechado, ao fim de algum tempo atinge-se o equilíbrio químico de acordo com a equação:



Na figura encontra-se representada a variação das concentrações dos componentes da mistura ao longo da reação que ocorre num vaso fechado de  $2,0 \text{ dm}^3$ , à temperatura,  $T$ , constante.



6.1 (5p) À temperatura  $T$ , o valor de  $K_c$  para esta reação é \_\_\_\_\_ verificando-se que no instante  $t_1$  a reação evoluir no sentido direto, uma vez que \_\_\_\_\_.

- (A)  $7,78 \times 10^{-3}$ ;  $Q_c < K_c$
- (B)  $7,78 \times 10^{-3}$ ;  $Q_c > K_c$
- (C)  $1,28 \times 10^2$ ;  $Q_c > K_c$
- (D)  $1,28 \times 10^2$ ;  $Q_c < K_c$

6.2 (5p) Para atingir o equilíbrio mais rapidamente e aumentar o rendimento do processo é necessário, respetivamente,

- (A) adicionar um catalisador adequado e aumentar a temperatura do sistema.
- (B) aumentar a pressão do sistema e adicionar um catalisador adequado.
- (C) adicionar um catalisador adequado e diminuir a temperatura do sistema.
- (D) adicionar um catalisador adequado e aumentar a pressão do sistema.

6.3 (12p) Se num recipiente fechado de  $2,0 \text{ dm}^3$ , à temperatura  $T$ , se encontrarem em equilíbrio  $0,20 \text{ mol}$  de  $\text{H}_2$  e  $0,25 \text{ mol}$  de  $\text{I}_2$ , qual será a concentração de  $\text{HI}$  neste novo estado de equilíbrio? Apresente todas as etapas de resolução.

6.4 (9p) Suponha que esta mesma reação aconteceria a uma temperatura superior à temperatura  $T$ . O valor da constante de equilíbrio desta reação para esta nova temperatura será superior, inferior ou igual ao da constante de equilíbrio à temperatura  $T$ . Fundamente devidamente a sua resposta.

## GRUPO II (69 pontos)

1. A água contém moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  e uma pequena quantidade de íões  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$ , cuja formação se deve à transferência de um próton entre duas moléculas de água. A constante de equilíbrio dessa reação, designada produto iónico da água,  $K_w$ , é  $1,0 \times 10^{-14}$  a  $25^\circ\text{C}$ .

1.1 (7p) Escreva a equação química que traduz a autoionização da água.

1.2 (5p) A autoionização da água é uma reação \_\_\_\_\_, e, de acordo com a estequiometria desta reação, \_\_\_\_\_.

(A) muito extensa ...  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$

(B) muito pouco extensa ...  $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$

(C) muito extensa ...  $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$

(D) muito pouco extensa ...  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$

2. Considere uma amostra de água com o volume de  $95\text{ cm}^3$ , a  $60^\circ\text{C}$ .

2.1 (10p) Considerando que o  $K_w$  da água a  $60^\circ\text{C}$  é  $9,55 \times 10^{-14}$ , determine o pH desta amostra de água.

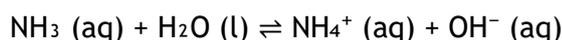
2.2 À mesma temperatura, se adicionarmos a esta amostra de água  $5,0\text{ cm}^3$  de ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$  (aq), de concentração  $0,20\text{ mol dm}^{-3}$ , determine, apresentando todas as etapas de resolução:

2.2.1 (8p) a quantidade de íões  $\text{H}_3\text{O}^+$  que se adiciona à amostra de água;

2.2.2 (10p) o pH da nova solução;

2.2.3 (12p) o pOH dessa solução.

3. O amoníaco é o composto de nitrogénio mais importante a nível industrial, podendo reagir com a água de acordo com a equação química seguinte:



3.1 (9p) Prove que esta reação é um equilíbrio ácido-base.

3.2 (8p) Escreva os pares conjugados ácido-base.