

ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA C/PE DA CALHETA

Física e Química A – 11.º Ano

Ficha de trabalho de iniciação Q2.1 – n.º 1

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____

Unidade 2: Reações em sistemas aquosos / 2.1: Reações ácido-base

2.1.1. Soluções aquosas ácidas, básicas e neutras.

2.1.2. Autoionização da água. Ionização de ácidos e de bases.

1. Considere em solução aquosa as espécies químicas cujas fórmulas são:



De entre as espécies apresentadas, escolha as que se comportam como:

- 1.1. Ácido segundo Arrhenius;
- 1.2. Bases segundo Arrhenius;
- 1.3. Ácidos segundo Brønsted-Lowry;
- 1.4. Bases segundo Brønsted-Lowry;

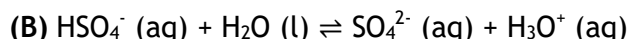
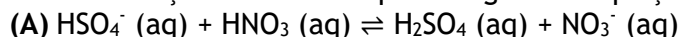
1.1 H_2SO_4 , porque segundo Arrhenius ácidos são substâncias que, em solução aquosa, originam iões H^+ .

1.2 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, porque em solução aquosa origina iões OH^- .

1.3 H_2SO_4 , H_3O^+ , H_2O e NH_4^+ , porque cedem protões (H^+) a uma base.

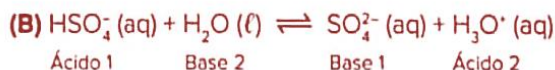
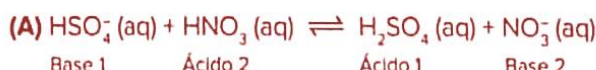
1.4 NO_3^- , H_2O e CN^- , porque têm capacidade de aceitar protões de ácidos, e $\text{Mg}(\text{OH})_2$, porque em solução aquosa origina iões OH^- , que aceitam protões.

2. Considere duas reações traduzidas pelas seguintes equações químicas:



- 2.1. Identifique os ácidos e as bases em cada uma das reações.
- 2.2. Escreva os pares conjugados ácido-base de cada uma das reações.
- 2.3. Que espécie(s) química(s) apresenta(m) comportamento anfotérico?

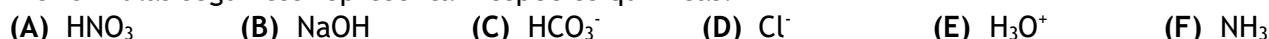
2.1



2.2 (A) $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$ e $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HSO}_4^-$; (B) $\text{HSO}_4^-/\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$.

2.3 HSO_4^- , pois em (A) comporta-se como base e em (B) comporta-se como ácido.

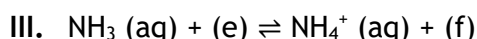
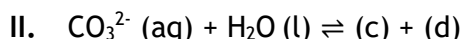
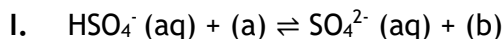
3. As fórmulas seguintes representam espécies químicas.



- 3.1. Identifique as espécies ácidas e as básicas segundo Arrhenius.
- 3.2. Identifique as espécies ácidas e as básicas segundo Brønsted-Lowry
- 3.3. Escreva as bases conjugadas dos ácidos indicados na resposta à alínea anterior.

- 1** São ácidos segundo Arrhenius as substâncias que, em solução aquosa, originam iões H^+ : HNO_3 . São bases segundo Arrhenius as substâncias que, em solução aquosa, originam iões OH^- : $NaOH$.
- 2** As espécies que em solução aquosa se comportam como ácidos, segundo Brønsted-Lowry, são as que cedem protões (H^+) à água: HNO_3 , HCO_3^- , H_3O^+ . As espécies que em solução aquosa se comportam como bases, segundo Brønsted-Lowry, são as que têm capacidade de aceitar protões (H^+) da água: HCO_3^- , NH_3 , Cl^- . $NaOH$ também é base segundo Brønsted-Lowry, pois em solução aquosa origina iões OH^- , que aceitam protões.
- 3** NO_3^- é a base conjugada de HNO_3 ; CO_3^{2-} é a base conjugada de HCO_3^- ; H_2O é a base conjugada de H_3O^+ .

4. Considere os esquemas seguintes, que traduzem reações ácido-base de substâncias com a água.



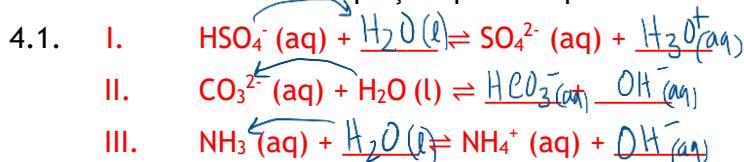
4.1. Complete de forma correta os esquemas I, II e III.

4.2. Indique, para os três esquemas, os pares ácido-base conjugados.

4.3. O ião HSO_4^- tem comportamento anfotérico.

4.3.1. Porque se considera que o ião HSO_4^- apresenta comportamento anfotérico?

4.3.2. Escreva a equação química que traduz o seu comportamento como base de Brønsted-Lowry.



1 (a) $H_2O (l)$; (b) $H_3O^+ (aq)$; (c) $HCO_3^- (aq)$; (d) $OH^- (aq)$; (e) $H_2O (l)$; (f) $OH^- (aq)$.

2 I. HSO_4^-/SO_4^{2-} ; H_3O^+/H_2O II. HCO_3^-/CO_3^{2-} ; H_2O/OH^- III. NH_4^+/NH_3 ; H_2O/OH^-

3.1 O ião HSO_4^- apresenta comportamento anfotérico porque se pode comportar como ácido ou como base, dependendo das características da outra espécie com que reage.

3.2 $HSO_4^- (aq) + H_2O (l) \rightleftharpoons H_2SO_4 (aq) + OH^- (aq)$

5. Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte. Segundo a teoria de Arrhenius, ...

- (A) Ácido é toda a substância que, em solução aquosa, produz iões OH^- .
 (B) Uma solução aquosa em que a concentração de H^+ é menor que a concentração de OH^- apresenta caráter ácido.
 (C) Base é toda a substância que contendo iões OH^- produz H^+ , pois o hidrogénio faz parte da sua constituição.
 (D) Uma solução aquosa em que a concentração de OH^- é maior que a concentração de H^+ apresenta caráter básico ou alcalino.

Opção D.

6. Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte. Segundo a Teoria Protónica, ...

- (A) Uma substância ácida só manifesta as suas propriedades ácidas em solução aquosa.
 (B) Em solução aquosa, um ácido cede protões à água.
 (C) Uma substância básica provoca um aumento da concentração de H_3O^+ , em solução aquosa.
 (D) Uma base cede iões OH^- .

Opção B

7. Considere as equações químicas que se seguem:

- I. $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) + \text{NH}_3 (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HSO}_4^- (\text{aq}) + \text{NH}_4^+ (\text{aq})$
- II. $\text{SO}_3^{2-} (\text{aq}) + \text{NH}_4^+ (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- (\text{aq}) + \text{NH}_3 (\text{aq})$
- III. $\text{HSO}_4^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$
- IV. $\text{H}_2\text{PO}_4^- (\text{aq}) + \text{HCO}_3^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{CO}_3 (\text{aq})$
- V. $\text{HSO}_4^- (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$

Indique, para cada uma destas reações, os respetivos pares conjugados ácido-base.

- I. $\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{HSO}_4^-$; $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$
- II. $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$; $\text{HSO}_3^- / \text{SO}_3^{2-}$
- III. $\text{HSO}_4^- / \text{SO}_4^{2-}$; $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$
- IV. $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$; $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$
- V. $\text{HSO}_4^- / \text{SO}_4^{2-}$; $\text{H}_2\text{O} / \text{OH}^-$

8. Escreva a fórmula química da base conjugada de cada uma das espécies seguintes, consideradas ácidas.

- | | |
|--|------------------------------------|
| 8.1. $\text{HSO}_4^- / \text{SO}_4^{2-}$ | 8.4. $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ |
| 8.2. $\text{H}_2\text{S} / \text{HS}^-$ | 8.5. HBr / Br^- |
| 8.3. $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ | |

9. Escreva a fórmula química do ácido conjugado de cada uma das espécies seguintes, consideradas básicas.

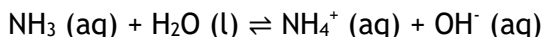
- | | |
|--|--|
| 9.1. CN^- HCN | 9.4. H_2O H_3O^+ |
| 9.2. HCO_3^- H_2CO_3 | 9.5. HCOO^- HCOOH |
| 9.3. CH_3NH_2 CH_3NH_3^+ | |

10. Selecione a opção que não corresponde a um par conjugado ácido-base:

- | | |
|---|--|
| (A) OH^- e O^{2-} | (C) H_2O e OH^- |
| (B) CH_3NH_2 e CH_3NH_3^+ | (D) H_2SO_4 e SO_4^{2-} |

Opção D

11. A equação química que se segue traduz um equilíbrio ácido-base.



11.1. Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte.

Nesta reação, comportam-se como ácidos de Brönsted-Lowry as espécies...

- | | |
|---|---|
| (A) NH_3 e $\text{NH}_4^+ (\text{aq})$ | (C) $\text{H}_2\text{O} (\text{l})$ e $\text{NH}_3 (\text{aq})$ |
| (B) $\text{H}_2\text{O} (\text{l})$ e $\text{NH}_4^+ (\text{aq})$ | (D) $\text{NH}_3 (\text{aq})$ e $\text{OH}^- (\text{aq})$ |

Opção B

11.2. Selecione a opção que corresponde aos pares conjugados ácido-base, referentes a este equilíbrio.

- | | |
|--|--|
| (A) $\text{NH}_3 / \text{OH}^-$ e $\text{H}_2\text{O} / \text{NH}_4^+$ | (C) $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ e $\text{H}_2\text{O} / \text{OH}^-$ |
| (B) $\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$ e $\text{OH}^- / \text{H}_2\text{O}$ | (D) $\text{NH}_4^+ / \text{H}_2\text{O}$ e $\text{OH}^- / \text{NH}_3$ |

Exame Nacional 2015 - 2.ª fase (adaptado)

Opção C

12. A 45 °C o valor de K_w é igual a $4,0 \times 10^{-14}$. Selecione a opção que corresponde à concentração em iões H_3O^+ de uma solução aquosa neutra, a essa temperatura.

(A) $6,0 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$
 (B) $2,0 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$
 (C) $4,0 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$
 (D) $2,0 \times 10^{-14} \text{ mol dm}^{-3}$

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] \Rightarrow K_w = [H_3O^+]^2$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{4,0 \times 10^{-14}} = 2,0 \times 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$$

13. À temperatura de 40 °C o valor de K_w é igual a $2,71 \times 10^{-14}$.
 Uma solução em que $[H_3O^+]$ é igual a $1,00 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$ será...

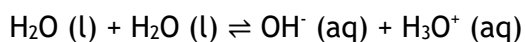
(A) Ácida
 (B) Básica
 (C) Neutra

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] \rightarrow 2,71 \times 10^{-14} = 1,00 \times 10^{-7} \times [OH^-] \Leftrightarrow [OH^-] = 2,71 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$$

Como $[OH^-] > [H_3O^+]$, a solução em que $[H_3O^+] = 1,00 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$ é uma solução básica ou alcalina.

Resposta: Opção (B).

14. Considere a equação química que traduz a autoionização da água:



- 14.1. Com base nos valores dos K_w apresentados na tabela, justifique a razão pela qual a reação é endotérmica.

Temperatura / °C	K_w
20	$0,67 \times 10^{-14}$
25	$1,00 \times 10^{-14}$
40	$2,71 \times 10^{-14}$
50	$5,47 \times 10^{-14}$

Pelo princípio de Le Châtelier, quando a temperatura aumenta o sistema reacional vai evoluir no sentido da reação endotérmica. O aumento de K_w com a temperatura mostra o sistema progride no sentido direto logo a autoionização da água é uma reação endotérmica.

- 14.2. Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte.
 Em relação à autoionização da água, pode afirmar-se que...

(A) É uma reação muito extensa
 (B) É uma reação exotérmica.
 (C) K_w varia por adição de um ácido ou de uma base.
 (D) A uma dada temperatura, K_w mantém-se constante.

Opção D.

15. Calcule as concentrações das espécies químicas, em equilíbrio, presentes em $0,500 \text{ dm}^3$ de solução de $CH_3COOH(aq)$, que contém inicialmente $0,100 \text{ mol}$ desta substância, sabendo que $1,32\%$ se ioniza a 25 °C.

- Com base nos dados, escreve-se a equação para o equilíbrio e constrói-se a tabela seguinte.

	$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$			
n_i / mol	0,100	—	0	$\approx 0^{(a)}$
$\Delta n / \text{mol}$	$-x$	—	$+x$	$+x$
n_{eq} / mol	$0,100 - x$	—	x	x

^(a) A contribuição da autoionização da água para a concentração de H_3O^+ é muito pequena, podendo portanto desprezar-se.

- Cálculo da quantidade de CH_3COOH que se ionizou.

$$\begin{array}{ccc} 0,100 \text{ mol } \text{CH}_3\text{COOH} & \text{---} & 100\% \\ n & \text{---} & 1,32\% \end{array} \Leftrightarrow n = 1,32 \times 10^{-3} \text{ mol } \text{CH}_3\text{COOH}$$

$$x = n \Leftrightarrow x = 1,32 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- Cálculo das concentrações dos componentes da solução.

$$n_{\text{eq}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,100 - 1,32 \times 10^{-3} = 0,09868 \approx 0,100 \text{ mol}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{e}} = \frac{n}{V} \rightarrow [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{e}} = \frac{0,100}{0,500} \Leftrightarrow [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{e}} = 0,200 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$n_{\text{eq}}(\text{CH}_3\text{COO}^-) = n_{\text{eq}}(\text{H}_3\text{O}^+) = 1,32 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{e}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{e}} = \frac{1,32 \times 10^{-3}}{0,500} = 2,64 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

16. O ácido acético CH_3COOH (aq), é um dos componentes do vinagre. Numa solução $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ em CH_3COOH , com uma percentagem de ionização igual a 4,1%, qual será a concentração em iões H_3O^+ ?

- Com base nos dados, escreve-se a equação para o equilíbrio e constrói-se a tabela seguinte.

	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$			
$c_i / \text{mol dm}^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$	—	0	≈ 0
$\Delta c / \text{mol dm}^{-3}$	$-x$	—	$+x$	$+x$
$c_{\text{eq}} / \text{mol dm}^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2} - x$	—	x	x

$$\begin{array}{ccc} n_{\text{dissolvidas}} & \text{---} & 100\% \\ n_{\text{ionizadas}} & \text{---} & 4,1\% \end{array} \rightarrow \begin{array}{ccc} 1,0 \times 10^{-2} \times V & \text{---} & 100\% \\ c \times V & \text{---} & 4,1\% \end{array}$$

$$\rightarrow c \times V = \frac{1,0 \times 10^{-2} \times V \times 4,1}{100} \Leftrightarrow c = 4,1 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \text{H}_3\text{O}^+$$

17. Um ácido HA, em solução aquosa, com a concentração de $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$, está 75% ionizado. Com base nesta informação, determine o número de moléculas por ionizar num volume de $1,0 \text{ dm}^3$.



Se está ionizado 75%, existem 25% de moléculas por ionizar no equilíbrio. Em $1,0 \text{ dm}^3$:

$$n_{\text{moléculas por ionizar}} = n_i \times \left(\frac{100}{100} - \frac{75}{100} \right) \rightarrow n_{\text{moléculas por ionizar}} =$$

$$= 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol HA}$$

$$N = n \times N_A \rightarrow N = 2,5 \times 10^{-3} \times 6,02 \times 10^{23} \Leftrightarrow N = 1,5 \times 10^{21}$$

moléculas de HA