

Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Partie 3A. Evolution spontanée d'un système chimique

CHAP 07-ACT EXP Constante d'équilibre

1. PREPARATION DES SOLUTIONS

1) Calcul du volume de la solution S_1 pour fabriquer la solution S_2

$$\text{On a } C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad \text{d'où : } V_1 = \frac{C_2 \cdot V_2}{C_1} = \frac{50.5}{10} = 25 \text{ mL}$$

Calcul du volume de la solution S_1 pour fabriquer la solution S_3

De même $V_1 = 5 \text{ mL}$

2. MESURE DE LA CONDUCTIVITE

1) Etalonnage du conductimètre

2) Mesure de la conductivité

- Compléter la ligne 2 du tableau en annexe 1.

4. INFLUENCE DES CONCENTRATIONS INITIALES SUR LE TAUX D'AVANCEMENT FINAL

1) Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau et dresser le tableau d'évolution

		$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}$	+ $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	→	$\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})}$	+ $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
		Avancement				
EI	0	$n_0(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}) =$ $C \cdot V$	Excès		$n_0(\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})}) =$ 0	$n_0(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) =$ 0
EC	x	$n(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}) =$ $C \cdot V - x$	Excès		$n(\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})}) =$ x	$n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) =$ x
EF	x_f	$n_f(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}) =$ $C \cdot V - x_f$	Excès		$n_f(\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})}) =$ x_f	$n_f(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) =$ x_f

2) En considérant la réaction comme totale, exprimer en fonction de la concentration en acide éthanoïque et du volume V de solution.

$$x_{\text{max}} = C_{\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}} \cdot V$$

3) Exprimer $x_{\text{éq}}$ en fonction de $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$ et du volume V de solution.

$$x_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot V$$

4) En déduire l'expression donnant le taux d'avancement :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot V}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}} \cdot V} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}}}$$

5) Quelle relation existe-t-il entre les quantités d'ions $n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})})$ et $n(\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})})$ produits par la réaction ?

$$n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) = n(\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})})$$

6) En déduire la relation entre les concentrations des différentes espèces ioniques en solution à l'équilibre:

2/3

$$n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}) = n(\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}) \quad \text{d'où: } V \cdot [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f = V \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f$$

càd que $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f = [\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f$

7) Exprimer la conductivité σ en fonction des conductivités molaires ioniques et des concentrations respectives des ions présents.

$$\sigma = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}} \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f$$

8) En déduire l'expression donnant la concentration des différentes espèces ioniques en fonction de la conductivité mesurée :

Comme on a : $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f = [\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f$

alors : $\sigma = (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}} + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}}) \cdot [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f$

D'où : $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f = [\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f = \frac{\sigma}{\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}}$

9)

10) Voir annexe

11) Le taux d'avancement dépend-il de la concentration initiale en réactif ?

OUI

5. INFLUENCE DES CONCENTRATIONS INITIALES SUR LA CONSTANTE D'EQUILIBRE

1) D'après la définition : $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f \cdot [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f}{[\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}]_f}$

2) $n(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})})_f = n_0(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}) - x_f = n_0(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}) - n(\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})})_f$

3) $V \cdot n(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})})_f = V \cdot n_0(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}) - V \cdot n(\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})})_f$

d'où : $[\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}]_f = C_{\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}} - [\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f$

4) Voir annexe 1

5) Etablir l'expression donnant la constante d'équilibre K en fonction de $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_{\text{éq}}$ et de la concentration

$C_{\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}}$

On a $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f = [\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f$

d'où : $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}]_f \cdot [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f}{[\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}]_f} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f^2}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}} - [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f}$

6) Voir annexe 1

7) La valeur du quotient de réaction à l'équilibre dépend-il de la concentration initiale en réactif ?

Non (ou à peine)

6. INFLUENCE DE LA NATURE DES REACTIFS

1) Voir annexe 2.

2) La nature de l'acide a-t-elle une influence sur la valeur du quotient de réaction à l'équilibre ?

Oui

ANNEXE 1

SOLUTION	S ₃	S ₂	S ₁
$C_{\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})} (.10^{-3}\text{mol.L}^{-1})$	1	5	10
$\sigma_{\text{mesurée}} (\text{S.m}^{-1}) (.10^{-3})$	5,1	11,2	15,8
Conductivité : $\sigma (.10^{-3}\text{S m}^{-1})$	4,1	10,2	14,8
$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_{\text{f}} (.10^{-3}\text{mol L}^{-1})$	0,12	0,29	0,42
$[\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})]_{\text{f}} (.10^{-3}\text{mol L}^{-1})$	0,12	0,29	0,42
$[\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})]_{\text{f}} (.10^{-3}\text{mol L}^{-1})$	0,88	4,71	9,58
$\tau = \frac{X_{\text{f}}}{X_{\text{max}}}$	12%	7%	4,2%
K (ou $Q_{\text{r,eq}}$) ($.10^{-2}$)	0,002	0,002	0,002

ANNEXE 2

solution	Acide éthanoïque	Acide méthanoïque	Acide benzoïque
$C_{\text{AH}} (.10^{-3}\text{mol.L}^{-1})$	1	1	1
$\sigma_{\text{mesurée}} (\text{S.m}^{-1}) (.10^{-3})$	5,1	13	8,6
$\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{A}^-} (\text{S. m}^2. \text{mol}^{-1}) (.10^{-3})$	35,18	36,41	34,41
$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_{\text{f}} (.10^{-3}\text{mol L}^{-1})$	0,12	0,33	0,22
$[\text{A}^-(\text{aq})]_{\text{f}} (.10^{-3}\text{mol L}^{-1})$	0,12	0,33	0,22
$[\text{AH}(\text{aq})]_{\text{f}} (.10^{-3}\text{mol L}^{-1})$	0,88	0,67	0,78
K (ou $Q_{\text{r,eq}}$) ($.10^{-2}$)	0,002	0,017	0,006