

## حالة توازن مجموعة كيميائية

### تصحيح السلسلة 2

تمرين 1 حالة التفاعل حمض - قاعدة كلي . \*

نعتبر محلولاً مائياً S لكلورور الهيدروجين تركيزه  $C=1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$  . موصلية المحلول  $\sigma = 0,43 \text{ S.m}^{-1}$  .

1 - أكتب معادلة تفاعل كلورور الهيدروجين مع الماء .

2 - أعط تعبير الموصلية  $\sigma$  للمحلول بدلالة الموصليات المولية الأيونية وتراكيز الأيونات المتواجدة في المحلول .

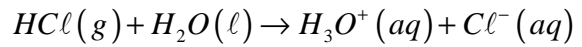
3 - حدد تراكيز هذه الأيونات في المحلول .

4 - ما هو استنتاجك بالنسبة لهذا التفاعل ؟

نعطي :  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35,0 \text{ S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$  ,  $\lambda_{\text{Cl}^-} = 7,63 \text{ S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$  عند درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  .

الجواب :

1 - معادلة التفاعل :



2 - تعبير الموصلية  $\sigma$

الجدول الوصفي للتفاعل :

نشئ الجدول الوصفي للتفاعل :

الحالة	التقدم	$\text{HCl}(g)$	+	$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	$\rightarrow$	$\text{H}_3\text{O}^+(aq)$	+	$\text{Cl}^-(aq)$
البدئية	0	$C_A V_A$		وفير		0		0
خلال التفاعل	x	$C_A V_A - x$		وفير		x		x
نهاية التفاعل	$x_f$	$C_A V_A - x_f$		وفير		$x_f$		$x_f$

عند نهاية التفاعل لدينا :

$$x_f = n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = n_f(\text{Cl}^-) \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_f = [\text{Cl}^-]_f = \frac{x_f}{V}$$

$$\sigma = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + [\text{Cl}^-]_f \cdot \lambda_{\text{Cl}^-} \Rightarrow \sigma = [\text{H}_3\text{O}^+]_f (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-})$$

3 - تحديد تراكيز الأيونات في المحلول :

$$\sigma = [\text{H}_3\text{O}^+]_f (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_f = \frac{\sigma}{(\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-})} = 10 \text{ mol/m}^3 = 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$[\text{Cl}^-]_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-2} \text{ mol/l}$$

بما أن  $[\text{H}_3\text{O}^+]_f = C_A$  فإن التفاعل كلي .

### تمرين 2

نقيس بواسطة خلية (S=1,0cm<sup>2</sup>; L=1,0cm) قياس الموصلة ، موصلة محلول مائي لحمض البنزويك

تركيزه  $C=5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$  فنجد :  $G=2,03 \cdot 10^{-4} \text{ S}$  .

1 - أكتب معادلة التفاعل الذي حدث في هذا المحلول .

2 - حدد تركيز الأنواع الكيميائية الأيونية المتدخلة في هذا التفاعل .

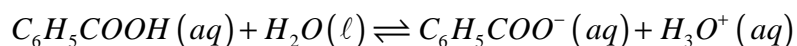
3 - أحسب نسبة التقدم النهائي لهذا التفاعل .

4 - أحسب ثابتة التوازن K المقرونة بمعادلة هذا التفاعل .

نعطي :  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35,0 \text{ S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$  ,  $\lambda_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-} = 3,23 \text{ S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

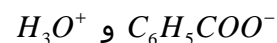
الجواب :

1 - معادلة التفاعل :



2 - تراكيز الأنواع الكيميائية الأيونية المتدخلة في التفاعل :

الأنواع الأيونية المتدخلة في التفاعل :



ننشئ الجدول الوصفي للتفاعل :

الحالة	التقدم	$C_6H_5COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_6H_5COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$			
البدئية	0	$C_A V_A$	وفير	0	0
خلال التفاعل	x	$C_A V_A - x$	وفير	x	x
نهاية التفاعل	$x_f$	$C_A V_A - x_f$	وفير	$x_f$	$x_f$

عند نهاية التفاعل لدينا :

$$x_f = n_f(H_3O^+) = n_f(C_6H_5COO^-) \Rightarrow [H_3O^+]_f = [C_6H_5COO^-]_f = \frac{x_f}{V}$$

$$\sigma = [H_3O^+]_f \cdot \lambda_{H_3O^+} + [C_6H_5COO^-]_f \cdot \lambda_{C_6H_5COO^-} \Rightarrow \sigma = [H_3O^+]_f (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_6H_5COO^-})$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{\sigma}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_6H_5COO^-})} = 0,53 \cdot 10^{-3} \text{ mol } / \ell$$

$$[C_6H_5COO^-]_f = [H_3O^+]_f = 0,53 \cdot 10^{-3} \text{ mol } / \ell$$

3 - نسبة التقدم النهائي :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$$

$$x_f = [H_3O^+]_f \cdot V$$

$$x_{max} = C \cdot V$$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_f}{C} = 0,11 = 11\%$$

4 - ثابتة التوازن K المقرونة بمعادلة هذا التفاعل :

$$K = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f} = 6,28 \cdot 10^{-5}$$

**تمرين 3\*\***

1 - أكتب معادلة تفاعل حمض الميثانويك مع الماء .

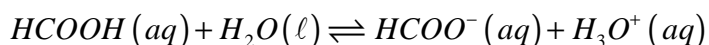
2 - أكتب تعبير ثابتة التوازن K المقرونة بمعادلة هذا التفاعل .

3 - نعتبر مجموعة كيميائية حجمه  $V=100\text{ml}$  وتركيزها بـ حمض الميثانويك المأخوذ هو :  $C=0,010\text{mol}/\ell$  علماً ، ثابتة التوازن  $K=1,6 \cdot 10^{-4}$  في حالة التوازن ، ، تحقق من أن تقدم التفاعل في حالة التوازن هو :  $1,2 \cdot 10^{-4}\text{mol}$

4 - ما التراكيز الفعلية لمختلف الأنواع لكيميائية في حالة التوازن ؟ استنتج pH المحلول .

الجواب :

1 - معادلة التفاعل :



2 - تعبير ثابتة التوازن المقرونة بمعادلة هذا التفاعل :

$$K = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f}$$

3 - التحقق من أ، تقدم التفاعل في حالة التوازن هو :  
الجدول الوصفي للتفاعل :

ننشئ الجدول الوصفي للتفاعل :

الحالة	التقدم	$HCOOH(aq)$	$+ H_2O(\ell)$	$\rightleftharpoons$	$HCOO^-(aq)$	$+ H_3O^+(aq)$
البدئية	0	$C_A V_A$	وفير		0	0
خلال التفاعل	x	$C_A V_A - x$	وفير		x	x
نهاية التفاعل	$x_f$	$C_A V_A - x_f$	وفير		$x_f$	$x_f$

عند نهاية التفاعل لدينا :

$$[H_3O^+]_{eq} = [HCOO^-]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$$

$$K = \frac{\frac{x_{eq}^2}{V^2}}{C - \frac{x_{eq}}{V}} \Rightarrow K = \frac{x_{eq}^2}{C \cdot V^2 - x_{eq} \cdot V}$$

$$x_{eq}^2 + K \cdot V \cdot x_{eq} - K \cdot C \cdot V^2 = 0$$

$$x_{eq} = \frac{-K \cdot V \pm \sqrt{K^2 V^2 + 4C \cdot K \cdot V^2}}{2}$$

$$x_{eq} = \frac{-K \cdot V + \sqrt{K^2 V^2 + 4C \cdot K \cdot V^2}}{2} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

نختار الحل الموجب أي أن

4 - تراكيز الفعلية لمختل الأيونات الموجودة في المحلول :

$$[H_3O^+]_{eq} = [HCOO^-]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / \ell$$

$$[HCOOH]_{eq} = C - [H_3O^+]_{eq} = 0,0088 \text{ mol} / \ell$$

$$pH = -\log [H_3O^+]_{eq} = 2,92$$

#### تمرين \*4

نحضر محلولاً S لحمض الميثانويك HCOOH تركيزه  $C = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} / \ell$  بتخفيف متتالي لمحلول تجاري لهذا الحمض كثافته  $d = 1,22$  ، والنسبة الكتلية للمحلول في الحمض التجاري تساوي  $p = 80\%$  . نقيس مواصلة المحلول S بواسطة مقياس للمواصلة ثابتة خلية  $k = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^{-1}$  فنجد  $G = 5,4S$  .

1 - أحسب الحجم  $V_0$  للمحلول التجاري الذي يجب أخذه لتحضير  $V = 1,0 \ell$  من محلول  $S_0$  تركيزه  $C_0 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} / \ell$  .

2 - صف الطريقة المتبعة لتحضير  $V' = 100 \text{ ml}$  من المحلول S انطلاقاً من المحلول  $S_0$  .

3 - أكتب معادلة التفاعل بين حمض الميثانويك والماء .

4 - بالنسبة للمحلول S :

4 - 1 أنشئ جدول تطور التحول ، واستنتج التقدم الحجمي الأقصى  $x_{V \max} = \frac{x_{\max}}{V'}$

4 - 2 أحسب التقدم الحجمي عند التوازن ونسبة التقدم النهائي . ماذا تستنتج ؟

5 - أحسب pH المحلول S .

6

معطيات : الكتلة الحجمية للماء  $\rho_{eau} = 1 \text{ g/cm}^3$

الكتلة المولية لحمض الميثانويك :  $M(\text{HCOOH}) = 46 \text{ g/mol}$  الموصلية المولية الأيونية عند درجة

حرارة  $25^\circ\text{C}$  :  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35,0 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$ ,  $\lambda_{\text{HCOO}^-} = 5,46 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$

الجواب :

حساب الحجم  $V$  للمحلول التجاري الذي يجب أخذه من المحلول  $S_0$  كتافته  $d$  ونسبته الكتلية  $p$  للحصول على محلول تركيزه  $C_0$  وحجمه  $V_0$  .

نعلم أن التركيز  $C_0$  للمحلول المراد الحصول عليه هو :

$$C_0 = \frac{n(\text{HCOOH})}{V_0}$$

كمية مادة حمض الإيثانويك الخالص الموجود في الحجم  $V_0$  أي أن الكتلة المأخوذة من المحلول  $S_0$  هي :

$$n(\text{HCOOH}) = \frac{m(\text{HCOOH})}{M(\text{HCOOH})} \Rightarrow m(\text{HCOOH}) = n(\text{HCOOH}) \cdot M(\text{HCOOH})$$

$$C_0 = \frac{m(\text{HCOOH})}{M(\text{HCOOH}) \cdot V_0}$$

حساب كتلة حمض الإيثانويك الخالص الموجودة في  $V$  :

\* كتلة المحلول التجاري المأخوذة من القينية هي :

$$d = \frac{\rho_{\text{HCOOH}}}{\rho_{eau}} \Rightarrow \rho_{\text{HCOOH}} = d \times \rho_{eau}$$

$$\frac{m'(\text{HCOOH})}{V} = d \times \rho_{eau} \Rightarrow m'(\text{HCOOH}) = d \times \rho_{eau} V$$

و  $V$  حجم هذه الكتلة المأخوذة من المحلول التجاري . ونعلم أن  $p$  هي النسبة الكتلية لحمض

الميثانويك أي أن كتلة حمض الميثانويك الخالص الموجودة في  $V$  هي :

$100 \text{ g}$  من المحلول تحتوي على  $80 \text{ g}$  من  $\text{HCOOH}$  خالص إذن ف  $d \times \rho_{eau} V$  تحتوي على  $m(\text{HCOOH})$

خالصة .

$$m(\text{HCOOH}) = p \cdot d \times \rho_{eau} V$$

$$C_0 = \frac{m(\text{HCOOH})}{M(\text{HCOOH}) \cdot V_0} = \frac{p \cdot d \times \rho_{eau} \times V}{M(\text{HCOOH}) \cdot V_0}$$

$$V = \frac{C_0 \times M(\text{HCOOH}) \cdot V_0}{p \cdot d \times \rho_{eau}} = 4,7 \text{ ml}$$

2 - وصف الطريقة المتبعة لتحضير  $V' = 100 \text{ ml}$  من المحلول S انطلاقا من المحلول  $S_0$  :

\* نحسب الحجم  $v$  الذي يجب أخذه من المحلول  $S_0$  للحصول على محلول S حجمه  $V$  وتركيزه  $C$  ؛ نطبق علاقة التخفيف :

$$C \cdot V' = C_0 \cdot v \Rightarrow v = \frac{C}{C_0} V' = 10 \text{ ml}$$

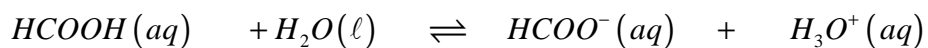
\* نأخذ هذه الحجم بواسطة ماصة من فئة  $10 \text{ ml}$  .

\* نضعها في حوالة معيارية من فئة  $100 \text{ ml}$  .

\* نضيف الماء المقطر ونحرك قبل الوصول إلى الخط المعياري .

\*

3 - معادلة التفاعل :



4 - 1 جدول الوصفي للتحويل :

الحالة	التقدم	$HCOOH(aq)$	$+ H_2O(\ell)$	$\rightleftharpoons$	$HCOO^-(aq)$	$+ H_3O^+(aq)$
البدئية	0	$C_A V_A$	وفير		0	0
خلال التفاعل	x	$C_A V_A - x$	وفير		x	x
نهاية التفاعل	$x_f$	$C_A V_A - x_f$	وفير		$x_f$	$x_f$

حساب التقدم الحجمي الأقصى :

$$x_{Vmax} = \frac{x_{max}}{V'} = \frac{C \cdot V'}{V'} = C = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol / } \ell$$

$$x_{Veq} = \frac{x_{eq}}{V'} = \frac{[H_3O^+] \cdot V'}{V'} = [H_3O^+] \quad \text{2 - 4 حساب التقدم الحجمي عند التوازن :}$$

حسب المعطيات أن موصلية المحلول عند التوازن هي :

$$x_{Veq} = [H_3O^+]_{eq} = [HCOO^-]_{eq}$$

$$\sigma = [H_3O^+]_f \cdot \lambda_{H_3O^+} + [HCOO^-]_f \cdot \lambda_{HCOO^-} \Rightarrow \sigma = [H_3O^+]_f (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-})$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{\sigma}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-})} = \frac{5,4 \times 10^{-2}}{40,46 \cdot 10^{-3}} \text{ mol / m}^3 = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol / } \ell$$

$$x_{Veq} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol / } \ell$$

$$\tau = \frac{x_{Veq}}{x_{Vmax}} = 13\% \quad \text{نسبة التقدم النهائي :}$$

نستنتج أن التفاعل جد محدود في المنحى المباشر .

$$pH = -\log [H_3O^+] = 2,9 \quad \text{5 -}$$

6 - حساب ثابتة التوازن K :

$$K = \frac{[H_3O^+]_{eq} \cdot [HCOO^-]_{eq}}{[HCOOH]_{eq}} = \frac{[H_3O^+]_{eq}^2}{C - [H_3O^+]_{eq}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$$