

1. - كتابة معادلة التفاعل الحادث : $CH_3COO^-(aq) + HCOOH(aq) = CH_3COOH(aq) + HCOO^-(aq)$
 - التفاعل حمض أساس : لأنه خلال هذا التفاعل حدث تحويل للبروتونات H^+ من الحمض $HCOOH$ إلى الأساس CH_3COO^- .

2. جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$CH_3COO^-(aq) + HCOOH(aq) = CH_3COOH(aq) + HCOO^-(aq)$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	0,10	0,10	0	0
انتقالية	x	0,10 - x	0,10 - x	x	x
نهائية	x_f	0,10 - x_f	0,10 - x_f	x_f	x_f

3. تعيين كسر التفاعل الابتدائي Q_{ri} :

$$Q_{ri} = \frac{[CH_3COOH]_i [HCOO^-]_i}{[CH_3COO^-]_i [HCOOH]_i} = \frac{0}{0,1} \times \frac{0}{0,1} = 0$$

أي : $Q_{ri} = 0$

4. تعيين عبارة كسر التفاعل النهائي بدلالة النسبة النهائية لتقدم التفاعل τ_f :

$$Q_{rf} = \frac{[CH_3COOH]_f [HCOO^-]_f}{[CH_3COO^-]_f [HCOOH]_f} = \frac{\frac{x_f}{V} \times \frac{x_f}{V}}{\frac{0,1 - x_f}{V} \times \frac{0,1 - x_f}{V}} = \frac{x_f^2}{(0,1 - x_f)^2}$$

لدينا :

$$Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(0,1 - x_f)^2}$$

ومنه :

5. استنتاج النسبة النهائية للتقدم τ_f في هذه التجربة :

$$K = \frac{x_f^2}{(0,1 - x_f)^2} \quad \text{---} \quad Q_{rf} = K$$

لدينا :

$$\sqrt{K} = \frac{x_f}{(0,1 - x_f)}$$

أي :

$$x_f = 0,1\sqrt{K} - x_f\sqrt{K}$$

أي :

$$x_f = \frac{0,1\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}} \quad \text{---} \quad \tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{x_f}{n_0} = \frac{x_f}{0,1}$$

أي :

$$0,1\tau_f = \frac{0,1\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$$

أي :

$$\tau_f = \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$$

ومنه :

تطبيق عددي : $\tau_f = \frac{\sqrt{13}}{1+\sqrt{13}}$, $\tau_f \approx 0,78$ ($\tau_f = 78\%$)

6. كيفية تحسين قيمة τ_f لهذا التفاعل : يمكن تحسين قيمة τ_f بجعل أحد المتفاعلات بزيادة، أي أن المزيج الابتدائي ليس في الشروط الستوكيومترية.

حل التمرين 2

1. أ/ حساب الكتلة m :

$$C_0 = \frac{n}{V} = \frac{M}{V} = \frac{m}{M.V}$$

$$m = C_0 M V$$

$$m = 10^{-2} \times 46 \times 0,1 = 0,046g$$

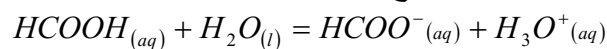
$$m = 46mg$$

لدينا :

ومنه :

ت، ع :

ب/ - كتابة معادلة تفاعل حمض الميثانويك مع الماء :



- جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HCOO^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	10^{-3}	زيادة	0	0
انتقالية	x	$10^{-3} - x$	زيادة	x	x
نهائية	x_{max}	$10^{-3} - x_{max}$	زيادة	x_{max}	x_{max}



$$n_0 = C_0 V = 10^{-2} \times 0,1 = 10^{-3} mol$$

ج/ التعبير عن النسبة النهائية للتقدم بدلالة $[H_3O^+]_f$ و C_0 :

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V}{C_0 \cdot V}$$

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_0}$$

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f [HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f}$$

(د) - عبارة Q_{rf} لكسر التفاعل النهائي :

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C_0 - [H_3O^+]_f}$$

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f [HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f}$$

$$\begin{aligned} [H_3O^+]_f &= [HCOO^-]_f \\ [HCOOH]_f &= C_0 - [HCOO^-]_f \end{aligned}$$

لينا :

ومنه :

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C_0 - [H_3O^+]_f}$$

2. عبارة الناقلية النوعية σ للمحلول عند حالة التوازن بدلالة الناقلات النوعية المولية للشوارد المتواجدة فيه و $[H_3O^+]_f$ لدينا :

$$\sigma_f = [H_3O^+]_f \cdot \lambda_{H_3O^+} + [HCOO^-]_f \lambda_{HCOO^-} \quad / \quad [H_3O^+]_f = [HCOO^-]_f$$

$$\sigma_f = [H_3O^+]_f (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-}) \quad \text{ومنه :}$$

3. - تعيين قيمة Q_{rf} :

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C_0 - [H_3O^+]_f} \quad \text{لدينا :}$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{\sigma_f}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-}} \quad \text{نحسب أولا قيمة } [H_3O^+]_f :$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{0,05}{35 \times 10^{-3} + 5,46 \times 10^{-3}} \approx 1,24 \text{ mol} / m^3, \quad [H_3O^+] \approx 1,24 \times 10^{-3} \text{ mol} / L \quad \text{ت، ع :}$$

$$Q_{rf} = \frac{(1,24 \times 10^{-3})^2}{10^{-2} - 1,24 \times 10^{-3}}, \quad \boxed{Q_{rf} \approx 1,75 \times 10^{-4}} \quad \text{ومنه :}$$

- مقارنة قيمة Q_{rf} مع ثابت الحموضة K_A :

$$Q_{rf} = K_A : \text{ أي ، } K_A = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ و } Q_{rf} \approx 1,8 \times 10^{-4} \quad \text{لدينا :}$$

4. أ / - هل يؤثر التركيز المولي للمحلول على النسبة النهائية للتقدم τ_f ؟

نحسب τ_f في الحالتين :

$$\tau_{0f} = \frac{[H_3O^+]_f}{C_0} = \frac{1,24 \times 10^{-3}}{10^{-2}} = 0,124, \quad \tau_{0f} = 12,4\% \quad \text{حالة المحلول } (S_0) :$$

$$\tau_{1f} = \frac{[H_3O^+]_f}{C_1} \quad / \quad [H_3O^+]_f = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-}} = \frac{0,17}{(35 + 5,46) \times 10^{-3}} = 4,2 \text{ mol} / m^3 \quad \text{حالة المحلول } (S_1) :$$

$$[H_3O^+]_f = 4,2 \times 10^{-3} \text{ mol} / L$$

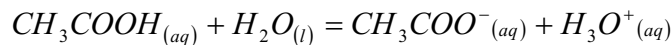
$$\tau_{1f} = \frac{4,2 \times 10^{-3}}{0,1} = 0,042, \quad \tau_{1f} = 4,2\% \quad \text{أي :}$$

ومنه نستنتج أنه كلما خففنا الحمض تزداد نسبة التقدم النهائي.

ب/ حالة التوازن لا تتأثر (نفس قيمة Q_{rf}) : $Q_{rf} = K$

- ثابت التوازن يتأثر فقط بدرجة الحرارة في التفاعلات الحرارية.

1. كتابة معادلة التفاعل لحمض الإيثانويك مع الماء :



2. استنتاج النسبة النهائية لتقدم التفاعل τ_1 :

$$\tau_1 = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[H_3O^{+}]V}{C.V} = \frac{[H_3O^{+}]}{C}$$

لدينا :

$$\sigma_1 = [H_3O^{+}]\lambda_{H_3O^{+}} + [CH_3COO^{-}]\lambda_{CH_3COO^{-}} \quad \left/ \quad \begin{array}{l} [H_3O^{+}] = [CH_3COO^{-}] \\ \tau_1 = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[H_3O^{+}]V}{C.V} = \frac{[H_3O^{+}]}{C} \end{array} \right. \quad \text{نسب : } [H_3O^{+}] = [CH_3COO^{-}]$$

$$\sigma_1 = [H_3O^{+}] (\lambda_{H_3O^{+}} + \lambda_{CH_3COO^{-}})$$

أي :

$$[H_3O^{+}] = \frac{\sigma_1}{\lambda_{H_3O^{+}} + \lambda_{CH_3COO^{-}}}$$

أي :

$$[H_3O^{+}] = \frac{4,9 \times 10^{-3}}{35 \times 10^{-3} + 4,1 \times 10^{-3}}, \quad [H_3O^{+}] = 0,125 \text{ mol} / m^3 = 1,25 \times 10^{-4} \text{ mol} / L$$

ت، ع :

$$\tau_1 = \frac{1,25 \times 10^{-4}}{10^{-3}}, \quad \boxed{\tau_1 = 0,125}$$

ومنه :

3. أ/ تعيين $[CH_3COOH]$:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

لدينا :

حيث : C_1V_1 عدد مولات الحمض قبل التمديد و C_2V_2 عدد مولات الحمض بعد التمديد

$$C_1V_1 = C_2V_2 \Rightarrow C_2 = \frac{C_1V_1}{V_2} \quad \left/ \quad C_2 = [CH_3COOH] \right. \quad \text{أي :}$$

$$C_2 = \frac{10^{-3} \times 0,010}{0,1}, \quad \boxed{C_2 = [CH_3COOH] = 10^{-4} \text{ mol} / L}$$

ت، ع :

ب/ تعيين $[CH_3COO^{-}]$ في المحلول :

$$\sigma_2 = [H_3O^{+}] \lambda_{H_3O^{+}} + [CH_3COO^{-}] \lambda_{CH_3COO^{-}} \quad \left/ \quad [H_3O^{+}] = [CH_3COO^{-}] \right. \quad \text{لدينا :}$$

$$\sigma_2 = [CH_3COO^{-}] (\lambda_{H_3O^{+}} + \lambda_{CH_3COO^{-}})$$

أي :

$$[CH_3COO^{-}] = \frac{\sigma_2}{\lambda_{H_3O^{+}} + \lambda_{CH_3COO^{-}}}$$

أي :

$$[CH_3COO^{-}] = \frac{1,53 \times 10^{-3}}{35 \times 10^{-3} + 4,1 \times 10^{-3}} = 0,039 \text{ mol} / m^3$$

ت، ع :



$$\boxed{[CH_3COO^{-}] = 3,9 \times 10^{-5} \text{ mol} / L}$$

ج/ النسبة النهائية للتقدم في هذه الحالة :

$$\tau_2 = \frac{[H_3O^{+}]}{C_2} = \frac{3,9 \times 10^{-5}}{10^{-4}}, \quad \boxed{\tau_2 = 0,39}$$

$$\tau_2 (\text{الممد}) > \tau_1 (\text{الابتدائي})$$

4. مقارنة النسبة النهائية للتقدم في المحلولين الابتدائي و الممدد :
أي أنه كلما تم تمديد حمض ضعيف ازدادت نسبة التقدم النهائي.

1. كتابة معادلة التفاعل الحادث : $CH_3COOH_{(aq)} + SO_3^{2-} = CH_3COO^-_{(aq)} + HSO_3^-_{(aq)}$
2. جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + SO_3^{2-} = CH_3COO^-_{(aq)} + HSO_3^-_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	3×10^{-3}	3×10^{-3}	0	0
انتقالية	x	$3 \times 10^{-3} - x$	$3 \times 10^{-3} - x$	x	x
نهائية	x_{\max}	$3 \times 10^{-3} - x_{\max}$	$3 \times 10^{-3} - x_{\max}$	x_{\max}	x_{\max}

حيث : $n_0(SO_3^{2-}) = C_1 V_1 = 0,1 \times 0,030 = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$n_0(CH_3COOH) = C_2 V_2 = 0,1 \times 0,030 = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$

3. حساب Q_{ri} : $Q_{ri} = \frac{[CH_3COO^-]_i [HSO_3^-]_i}{[CH_3COOH]_i [SO_3^{2-}]_i} = \frac{0 \times 0}{C_1 \times C_2} = 0$

حيث : $[CH_3COO^-]_i = [HSO_3^-]_i = 0$

4. التعبير عن Q_{rf} بدلالة τ (عند حالة التوازن) :

لدينا : $Q_{rf} = \frac{[CH_3COO^-]_f [HSO_3^-]_f}{[CH_3COOH]_f [SO_3^{2-}]_f} = \frac{x_f \times x_f}{(C_1 V_1 - x_f)(C_2 V_2 - x_f)}$

أي : $Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(C_1 V_1 - x_f)(C_2 V_2 - x_f)} = \frac{x_f^2}{(x_{\max} - x_f)^2}$

حيث : $x_{\max} = C_1 V_1 = C_2 V_2$

ومنه : $Q_{rf} = \frac{\frac{x_f^2}{x_{\max}^2}}{\frac{x_{\max}^2 - x_f^2}{x_{\max}^2}} \quad \tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$



$$Q_{rf} = \frac{\tau^2}{(1-\tau)^2}$$

5. استنتاج τ :

لدينا : $Q_{rf} = \frac{\tau^2}{(1-\tau)^2} \quad Q_{rf} = K = 251$

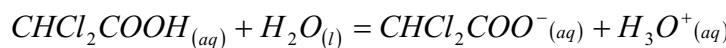
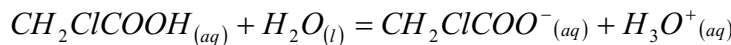
أي : $\frac{\tau}{1-\tau} = K$

ومنه : $\tau = \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$

ت،ع : $\tau = \frac{\sqrt{251}}{1 + \sqrt{251}}$

$\tau = 0,94$

1. كتابة معادلات التفاعل بين كل حمض و الماء :



2. التركيز المولي للشوارد في كل محلول :

$$\sigma_1 = [H_3O^{+}] \lambda_{H_3O^{+}} + [CH_2ClCOO^{-}] \lambda_{CH_2ClCOO^{-}}$$

- بالنسبة للمحلول (S_1) :

$$[H_3O^{+}] = [CH_2ClCOO^{-}]$$

أي :

$$\sigma_1 = [H_3O^{+}] (\lambda_{H_3O^{+}} + \lambda_{CH_2ClCOO^{-}})$$

ومنه :

$$[H_3O^{+}] = \frac{\sigma_1}{\lambda_{H_3O^{+}} + \lambda_{CH_2ClCOO^{-}}}$$

$$[H_3O^{+}] = \frac{0,121}{35 \times 10^{-3} + 4,22 \times 10^{-3}} = 3,1 \text{ mol} / m^3$$

ت، ع :

$$[H_3O^{+}] = 3,1 \times 10^{-3} \text{ mol} / L$$

$$[H_3O^{+}] = \frac{\sigma_2}{\lambda_{H_3O^{+}} + \lambda_{CHCl_2COO^{-}}}$$

- بالنسبة للمحلول (S_2) :

$$[H_3O^{+}] = \frac{0,330}{35 \times 10^{-3} + 3,83 \times 10^{-3}} = 8,5 \text{ mol} / m^3$$

ت، ع :

$$[H_3O^{+}] = 8,5 \times 10^{-3} \text{ mol} / L$$



3. استنتاج النسبة النهائية للتقدم لكل تفاعل :

$$\tau_1 = \frac{[H_3O^{+}]}{[CH_2ClCOOH]} = \frac{3,1 \times 10^{-3}}{10^{-2}},$$

$$\tau_1 = 0,31$$

- النسبة النهائية لتقدم تفاعل $CH_2ClCOOH$:

$$\tau_2 = \frac{[H_3O^{+}]}{[CHCl_2COOH]} = \frac{8,5 \times 10^{-3}}{10^{-2}},$$

$$\tau_2 = 0,85$$

- النسبة النهائية لتقدم تفاعل $CHCl_2COOH$:

4. حساب ثوابت التوازن K_1 و K_2 الموافقة للتفاعلين :

$$K_1 = \frac{[H_3O^{+}]_f [CH_2ClCOO^{-}]_f}{[CH_2ClCOOH]_f} = \frac{[H_3O^{+}]_f^2}{C - [H_3O^{+}]_f^2} = \frac{(3,1 \times 10^{-3})^2}{10^{-2} - 3,1 \times 10^{-3}}$$

لدينا :

$$K_1 = 1,4 \times 10^{-3}$$

و :

$$K_2 = \frac{[H_3O^{+}]_f [CHCl_2COO^{-}]_f}{[CHCl_2COOH]_f} = \frac{[H_3O^{+}]_f^2}{C - [H_3O^{+}]_f^2} = \frac{(8,5 \times 10^{-3})^2}{10^{-2} - 8,5 \times 10^{-3}}$$

$$K_2 = 4,8 \times 10^{-2}$$

5. هل النسبة النهائية للتقدم تتعلق بثابت التوازن ؟ :

إن نسبة التقدم النهائي لتفاعل الحمضين مع الماء تكون متناسبة طرديا مع ثابت التوازن، أي أن :

الحمض الذي له ثابت توازن أكبر هو الذي تكون له نسبة التقدم النهائي الأكبر

وهذا باعتبار أن للحمضين نفس التركيز المولي.

1. كتابة معادلة التفاعل الحادث : $HCO_3^-(aq) + NH_3(aq) = CO_3^{2-}(aq) + NH_4^+(aq)$

2. جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$HCO_3^-(aq) + NH_3(aq) = CO_3^{2-}(aq) + NH_4^+(aq)$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	C_1V_1	C_2V_2	0	0
انتقالية	x	$C_1V_1 - x$	$C_2V_2 - x$	x	x
نهائية	x_{\max}	$C_1V_1 - x_{\max}$	$C_2V_2 - x_{\max}$	x_{\max}	x_{\max}

حيث : $n_0(HCO_3^-) = C_1V_1 = 0,15 \times 0,030 = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$n_0(NH_3) = C_2V_2 = 0,10 \times 0,020 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

3. حساب كسر التفاعل الابتدائي Q_{ri} :

$$Q_{ri} = \frac{[CO_3^{2-}][NH_4^+]}{[HCO_3^-][NH_3]} = \frac{0 \times 0}{C_1 \times C_2} = 0 \quad , \quad \boxed{Q_{ri} = 0}$$

لدينا :

4. التعبير عن Q_{rf} في حالة التوازن بدلالة النسبة النهائية للتقدم τ :

$$Q_{rf} = \frac{[CO_3^{2-}]_f [NH_4^+]_f}{[HCO_3^-]_f [NH_3]_f} = \frac{x_f \times x_f}{(C_1V_1 - x_f)(C_2V_2 - x_f)}$$

لدينا :

حيث : $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$ ، نحدد التقدم الأعظمي x_{\max}

لدينا : $C_1V_1 - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = C_1V_1 = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$C_2V_2 - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = C_2V_2 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

ومنه نستنتج أن المتفاعل المحد هو محلول النشادر، وبالتالي : $x_{\max} = C_2V_2 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(2,25x_{\max} - x_f)(x_{\max} - x_f)}$$

بالتعويض في العلاقة السابقة، نجد :

$$Q_{rf} = \frac{x_f^2}{x_f \times \left(\frac{2,25x_{\max}}{x_f} - 1 \right) \times x_f \left(\frac{x_{\max}}{x_f} - 1 \right)}$$

أي :

$$Q_{rf} = \frac{1}{\left(\frac{2,25}{\tau} - 1 \right) \left(\frac{1}{\tau} - 1 \right)} \quad , \quad \boxed{Q_{rf} = \frac{\tau^2}{(2,25 - \tau)(1 - \tau)}}$$

ومنه :

5. استنتاج τ :

$$\frac{\tau^2}{(2,25 - \tau)(1 - \tau)} = 7,9 \times 10^{-2} \quad / \quad Q_{rf} = K$$

لدينا :

وهي معادلة من الدرجة الثانية، حلها يعطينا جذرين هما : $\tau_1 = 0,32$ و $(\tau_2 = -0,59 \text{ مرفوض})$

و.ك

$$\boxed{\tau = 0,32} \quad 32\%$$

ومنه :

1. أ/ - كتابة معادلة تفاعل $HCOOH$ مع الماء : $HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HCOO^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$

- الثنائيتان أساس / حمض هما : $HCOOH / HCOO^{-}$ و H_3O^{+} / H_2O

ب/ جدول التقدم للتفاعل :

معادلة التفاعل		$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HCOO^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	n_0	زيادة	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	زيادة	x	x
نهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max}$	زيادة	x_{max}	x_{max}

ج/ - تبيان أن نسبة التقدم النهائي τ للتفاعل تكتب بالشكل : $\tau = \frac{1}{1 + 10^{pK_a - pH}}$

لدينا :

$$K_a = \frac{[HCOO^{-}]_f [H_3O^{+}]_f}{[HCOOH]_f}$$

أي :

$$K_a = \frac{[HCOO^{-}]_f}{[HCOOH]_f} \times [H_3O^{+}]_f$$

بأخذ لوغاريتم الطرفين :

$$\log K_a = \log \frac{[HCOO^{-}]_f}{[HCOOH]_f} + \log [H_3O^{+}]_f$$

وبضرب أطراف المعادلة في -1 ، يكون :

$$-\log K_a = -\log \frac{[HCOO^{-}]_f}{[HCOOH]_f} - \log [H_3O^{+}]_f$$

أي :

$$pK_a = -\log \frac{[HCOO^{-}]_f}{[HCOOH]_f} + pH$$

أي :

$$\log \frac{[HCOOH]_f}{[HCOO^{-}]_f} = pK_a - pH$$

أي :

$$\frac{[HCOOH]_f}{[HCOO^{-}]_f} = 10^{pK_a - pH}$$

وبما أن $\tau = \frac{[H_3O^{+}]_f}{C}$ ، فإن :

$$\frac{C - \tau \cdot C}{\tau \cdot C} = 10^{pK_a - pH}$$

ومنه :

$$\frac{1}{\tau} - 1 = 10^{pK_a - pH}$$

أي :

$$\frac{1}{\tau} = 1 + 10^{pK_a - pH}$$

$$\tau = \frac{1}{1 + 10^{pK_a - pH}}$$

- حساب قيمة τ :

ت، ع :

$$\tau = \frac{1}{1 + 10^{3,8-2,9}} = \frac{1}{1 + 10^{0,9}}$$

$$\tau \approx 0,11$$

$$\approx 11\%$$

د/ استنتاج تركيز المحلول (S_A):

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_f}{C_A} \quad \text{لدينا :}$$

$$C_A = \frac{[H_3O^+]_f}{\tau} = \frac{10^{-pH}}{\tau} \quad \text{ومنه :}$$

$$C_A = \frac{10^{-2,9}}{0,11} \quad , \quad \boxed{C_A \approx 0,01 \text{ mol / L}} \quad \text{ت، ع :}$$

2. أ/ كتابة معادلة تفاعل المعايرة : $HCOOH_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow HCOO^{-}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

ب/ إحداثيات نقطة التكافؤ (V_{BE}, pH_E) : ($V_{BE} = 10 \text{ mL}, pH_E \approx 8$)

ج/ - استنتاج التركيز C_A للمحلول (S_A):

عند نقطة التكافؤ يكون :

$$C_A V_A = C_B V_{BE}$$

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{1,0 \times 10^{-2} \times 0,010}{0,010} \quad , \quad \boxed{C_A = 0,01 \text{ mol / L}} \quad \text{ومنه :}$$

- نعم، هذه النتيجة توافق النتيجة المتحصل عليها في الجزء 1.

د/ - حساب كمية مادة شوارد الهيدروكسيد (OH^{-}) في الخليط عند إضافة $V_B = 5 \text{ ml}$ من المحلول الأساسي :

من أجل الحجم $V_B = 5 \text{ ml}$ يكون pH المزيج مساويا للقيمة 3,8 ، وبالتالي : $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,8}$

$$[OH^{-}] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3,8}} = 10^{-10,2} = 6,3 \times 10^{-11} \text{ mol / L} \quad \text{ومنه :}$$

$$n(OH^{-}) = [OH^{-}] (V_A + V_B) = 6,3 \times 10^{-11} \times (10 + 5) \times 10^{-3} \quad , \quad \boxed{n(OH^{-}) = 9,5 \times 10^{-13} \text{ mol}} \quad \text{أي :}$$

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_{max}} \quad \text{- التقدم النهائي : لدينا}$$

$$x_{eq} = 10^{-4} - 9,5 \times 10^{-13} \approx 10^{-4} \text{ mol} \quad , \quad x_{max} = 10^{-4} \text{ mol} \quad \text{حيث :}$$

$$\tau = \frac{1 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-4}} = 1 \quad \text{ومنه :}$$

الاستنتاج : تفاعل المعايرة هو تفاعل تام .

ه/ الأفراد المتواجدة في الخليط و تراكيزها من أجل $pH = 3,8$:

- الأفراد الكيميائية المتواجدة في الخليط : $HCOOH$ ، $HCOO^{-}$ ، Na^{+} ، OH^{-} ، H_3O^{+}

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,8} \quad , \quad [H_3O^+] \approx 1,58 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \text{- تراكيزها :}$$

$$[OH^{-}] = \frac{10^{-14}}{1,58 \times 10^{-4}} \quad , \quad [OH^{-}] = 6,3 \times 10^{-11} \text{ mol / L}$$

$$[Na^+] = \frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B} = \frac{1,0 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-3}}{(10 + 5) \times 10^{-3}} \quad , \quad [Na^+] = 3,33 \times 10^{-4} \text{ mol / L}$$

$$[HCOO^{-}] + [OH^{-}] = [Na^+] + [H_3O^+] \quad \text{حسب قانون انحفاظ الشحنة في المحلول :}$$

$$[HCOO^{-}] = [Na^+] + [H_3O^+] = 4,9 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \text{ومنه :}$$

$$[HCOOH] = [HCOO^{-}] \quad \text{عند نقطة التكافؤ :}$$

$$[HCOOH] = 4,9 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \text{ومنه :}$$



1. كتابة معادلة تفاعل CH_3COOH مع الماء : $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$
2. جدول التقدم للتفاعل :

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	n_0	زيادة	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	زيادة	x	x
نهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max}$	زيادة	x_{max}	x_{max}

3. إيجاد عبارة $[H_3O^{+}]$ بدلالة C ، τ :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^{+}]V}{C.V} = \frac{[H_3O^{+}]}{C}$$

لدينا :

$$[H_3O^{+}] = \tau.C$$

ومنه :

4. تبيان أنه يمكن كتابة عبارة ثابت الحموضة (K_a) للثنائية (CH_3COOH / CH_3COO^{-}) على الشكل : $K_a = \frac{\tau^2.C}{1-\tau}$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^{-}][H_3O^{+}]}{[CH_3COOH]} \quad / \quad [CH_3COO^{-}] = [H_3O^{+}] = \tau.C$$

لدينا :

$$[CH_3COOH] = C - [CH_3COO^{-}] = C - \tau.C$$

ومنه :

$$K_a = \frac{(\tau.C)(\tau.C)}{C - \tau.C} = \frac{\tau^2.C^2}{C(1-\tau)}$$

$$K_a = \frac{\tau^2.C}{1-\tau}$$

5. أ/ إكمال الجدول :

$C(mol.L^{-1}) \times 10^{-2}$	17,8	8,77	1,78	1,08
$\tau(\times 10^{-2})$	1,0	1,4	3,1	4,0
$A = 1/C(L.mol^{-1})$	5,62	11,40	56,18	92,60
$B = \tau^2 / 1 - \tau$	$1,0 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-4}$	10×10^{-4}	$16,7 \times 10^{-4}$

ب/ تمثيل البيان $A = f(B)$ في الصفحة الموالية

ج/ استنتاج ثابت الحموضة K_a للثنائية (CH_3COOH / CH_3COO^{-}) :

$$A = aB \dots \dots (1)$$

لدينا : البيان مستقيم يمر بالمبدأ معادلته

$$a = \frac{\Delta A}{\Delta B} \quad \text{حيث } a \text{ يمثل ميل البيان}$$

$$a = \frac{70}{12,9} = 5,43 \times 10^4 \quad \text{أي :}$$

13.5

$$K_a = \frac{\tau^2 \cdot C}{1 - \tau} \Leftrightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{K_a} \times \frac{\tau^2}{(1 - \tau)}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{K_a} \times \frac{\tau^2}{(1 - \tau)} \dots\dots\dots (2)$$

ومن جهة أخرى لدينا العلاقة النظرية :

أي :

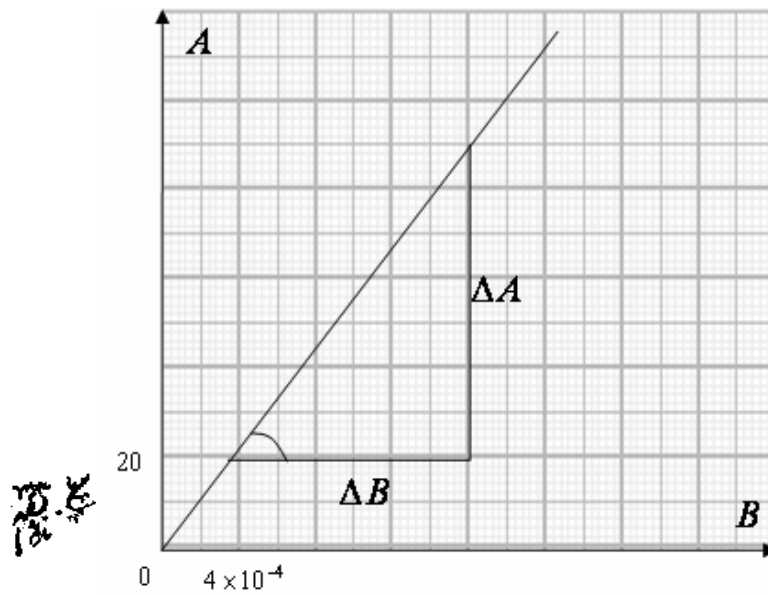
$$K_a = \frac{1}{a}$$

ومنه بالمطابقة بين (1) و (2) نجد :

$$K_a = \frac{1}{5,43 \times 10^4} ,$$

$$K_a \approx 1,84 \times 10^{-5}$$

ت، ع :



//

1. حساب التركيز $[H_3O^+]$ في المحلول :

$$\begin{aligned} [H_3O^+] &= 10^{-pH} \\ [H_3O^+] &= 10^{-4,18} , \quad \boxed{[H_3O^+] = 6,6 \times 10^{-5} \text{ mol / L}} \end{aligned}$$

2. كتابة معادلة تفاعل الكاشف مع الماء : $HIn_{(aq)} + H_2O_{(l)} = In^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$

3. - تحديد نسبة التقدم النهائي τ_f للتفاعل الحادث :

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V}{C \cdot V} = \frac{[H_3O^+]_f}{C}$$

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_0} = \frac{6,6 \times 10^{-5}}{2,9 \times 10^{-4}} , \quad \boxed{\tau_f \approx 0,23}$$

أي :

- التفاعل غير تام، لأن $\tau_f < 1$.

4. - كتابة عبارة ثابت الحموضة K_i للثنائية HIn/In بدلالة C_0 و τ_f :

لدينا :

$$K_i = \frac{[In^-]_f [H_3O^+]_f}{[HIn]_f} \quad \left/ \quad \begin{aligned} [In^-]_f &= [H_3O^+]_f = \tau_f \cdot C_0 \\ [HIn]_f &= C_0 - \tau_f \cdot C_0 \end{aligned} \right.$$

$$K_i = \frac{\tau_f^2 \cdot C_0}{1 - \tau_f}$$

ومنه :

$$K_i = \frac{(0,23)^2 \times 2,9 \times 10^{-4}}{1 - 0,23} , \quad \boxed{K_i = 1,99 \times 10^{-5}}$$

- قيمته :

5. التعرف على الكاشف :

لكي نميز الكاشف من بين الكواشف المدونة في الجدول، نحسب الـ pK_i :

$$pK_i = -\log K_i$$

أي :

$$pK_i = -\log 1,99 \times 10^{-5} , \quad pK_i = 4,7$$

ومنه الكاشف هو : أخضر البروموكريزول

//

1. أ/ كتابة معادلة تفاعل المعايرة : $H_3O^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

ب/ إحداثي نقطة التكافؤ E : $(V_{bE} = 10 \text{ mL} , pH_E = 7)$

ج/ - الكاشف الملون الذي تعرفنا عليه في الجزء (I) غير مناسب لهذه المعايرة.

- الكاشف الملون المناسب هو : أزرق البروموتيمول

التعليل : نقطة التكافؤ تقع ضمن مجال تغيره اللوني (6,0 - 7,6).

2. - حساب التركيز C_a :

لدينا : عند التكافؤ يكون

$$C_a V_a = C_b \cdot V_{bE}$$

$$C_a = \frac{C_b V_{bE}}{V_a} = \frac{10^{-2} \times 0,010}{0,010} ,$$

$$\boxed{C_a = 10^{-2} \text{ mol / L}}$$

ومنه :

$$C = 1000 C_a$$

- استنتاج التركيز C للمحلول التجاري (المحلول الأم) :

أي :

$$C = 10^3 \times 10^{-2} ,$$

$$\boxed{C = 10 \text{ mol / L}}$$

/I

- تعريف الحمض وفق نظرية برونشتد : هو كل فرد كيميائي يعطي بروتون هيدروجين H^+ في تحول كيميائي.
- كتابة الثنائيتين (أساس/ حمض) الداخلتين في التفاعل : (CH_3COOH / CH_3COO^-) ، (H_3O^+ / H_2O)
- كتابة عبارة ثابت التوازن (K) الموافق :

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_f [H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f}$$

/II

- استنتاج التركيز المولي النهائي لشوارد الهيدرونيوم في محلول حمض الإيثانويك :
- جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	n_0	زيادة	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	زيادة	x	x
نهائية	x_{\max}	$n_0 - x_{\max}$	زيادة	x_{\max}	x_{\max}

حيث : $n_0 = C.V = 2,7 \times 10^{-3} \times 0,1 = 2,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$

- حساب كلا من التقدم النهائي x_f و التقدم الأعظمي x_{\max} :

$$x_f = [H_3O^+]_f V = 2,0 \times 10^{-4} \times 0,1 = 1,99 \times 10^{-5} \text{ mol} , \quad x_f = 2,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$x_{\max} = n_0 = 2,7 \times 10^{-4} \text{ mol} , \quad x_{\max} = 2,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

- حساب قيمة النسبة النهائية (τ_f) لتقدم التفاعل :

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

$$\tau_f = \frac{2,0 \times 10^{-5}}{2,7 \times 10^{-4}} ,$$

$$\tau_f = 7,4\%$$

ت، ع :

- الاستنتاج : تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء محدود (غير تام).

4. حساب :

أ/ التركيز المولي النهائي لكل من (CH_3COOH) و (CH_3COO^-) :

$$[CH_3COO^-]_f = [H_3O^+]_f = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \text{لدينا :}$$

$$[CH_3COOH]_f = C - [CH_3COO^-]_f = 2,7 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-4} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \quad \text{و :}$$

ب/ - قيمة pK_a للثنائية (CH_3COOH / CH_3COO^-) :

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-]_f [H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f} = \frac{(2,0 \times 10^{-4})^2}{2,5 \times 10^{-3}} = 1,6 \times 10^{-5} \quad \text{لدينا :}$$

$$pK_a = -\log K_a = -\log 1,6 \times 10^{-5} , \quad pK_a = 4,8 \quad \text{ومنه :}$$

- استنتاج النوع الكيميائي المتغلب :

$$pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} \quad \text{لدينا :}$$

$$pH - pK_a < 0 \Rightarrow \log \frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} < 0 \Rightarrow \frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} < 1 \quad \text{و :}$$

ومنه : $[CH_3COOH]_f > [CH_3COO^-]_f$ (الصفة الغالبة هي الصفة الحمضية)

1. أ/ تعريف للأساس وفق نظرية برونشتد : هو كل فرد كيميائي يمكنه تثبيت بروتون هيدروجين H^+ أو أكثر في تحول كيميائي.

ب/ كتابة معادلة التفاعل و إنشاء جدول التقدم : $NH_3 + H_2O_{(l)} = NH_4^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

معادلة التفاعل		$NH_3 + H_2O_{(l)} = NH_4^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	n_0	زيادة	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	زيادة	x	x
نهائية	x_{\max}	$n_0 - x_{\max}$	زيادة	x_{\max}	x_{\max}

ج/ التعبير عن $[NH_3]_f$ و $[NH_4^+]_f$ بدلالة C_b و τ (نسبة التقدم النهائي) :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[OH^-]_f \cdot V}{C_b \cdot V} = \frac{[OH^-]_f}{C_b} \quad \text{لدينا :}$$

$$[NH_4^+]_f = [OH^-]_f = \tau \cdot C_b \quad \text{ومنه :}$$

$$[NH_3]_f = C_b - [NH_4^+]_f = C_b - \tau \cdot C_b = (1 - \tau) \cdot C_b \quad \text{و:}$$

د/ - تبيان أن نسبة التقدم النهائي τ للتفاعل تكتب على الشكل : $\tau = \frac{1}{1 + 10^{pH - pK_a}}$

$$K_a = \frac{[NH_3]_f [H_3O^+]_f}{[NH_4^+]_f} \quad \text{لدينا :}$$

$$K_a = \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} \times [H_3O^+]_f \quad \text{أي :}$$

$$\log K_a = \log \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} + \log [H_3O^+]_f \quad \text{بأخذ لوغاريتم الطرفين :}$$

$$-\log K_a = -\log \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} - \log [H_3O^+]_f \quad \text{وبضرب أطراف المعادلة في -1 ، يكون :}$$

$$pK_a = -\log \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} + pH \quad \text{أي :}$$

$$\log \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} = pH - pK_a \quad \text{أي :}$$

$$\frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} = 10^{pH - pK_a} \quad \text{أي :}$$

$$\frac{C_b - \tau \cdot C_b}{\tau \cdot C_b} = 10^{pH - pK_a} \quad \text{أي :}$$

$$\frac{1}{\tau} - 1 = 10^{pH - pK_a} \quad \text{ومنه :}$$

$$\frac{1}{\tau} = 1 + 10^{pH - pK_a}$$

$$\tau = \frac{1}{1 + 10^{pH - pK_a}}$$

103

$$\tau = \frac{1}{1 + 10^{pH - pK_a}}$$

- حساب قيمة τ :

$$\tau = \frac{1}{1 + 10^{11 - 9,2}} = \frac{1}{1 + 10^{1,8}},$$

$$\tau \approx 1,56\%$$

ت، ع :

$$C_b = \frac{[OH^-]_f}{\tau} \bigg/ [OH^-]_f = \frac{K_e}{[H_3O^+]_f} = \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3} \text{ mol/L} \quad \text{هـ / استنتاج التركيز } C_b :$$

$$C_b = \frac{10^{-3}}{0,0156},$$

$$C_b = 6,4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

ومنه :

و/ حساب الناقلية النوعية σ للمحلول :

$$\sigma = [NH_4^+] \lambda_{NH_4^+} + [OH^-] \lambda_{OH^-}$$

لدينا :

$$\sigma = [OH^-]_f (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{OH^-})$$

أي :

$$\sigma = \frac{10^{-3}}{10^{-3}} (7,4 \times 10^{-3} + 19,2 \times 10^{-3}),$$

$$\sigma \approx 0,023 \text{ S/m}$$

ت، ع :

2. أ/ كتابة المعادلة الكيميائية المنمذجة للتفاعل الحادث : $NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow NH_4^+_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

ب/ الحجم اللازم إضافته من محلول حمض كلور الماء حتى يحدث التكافؤ :

لدينا عند التكافؤ :

$$C_a \cdot V_{aE} = C_b \cdot V_b$$

$$V_{aE} = \frac{C_b \cdot V_b}{C_a} = \frac{6,4 \times 10^{-2} \times 0,020}{2/15} = 9,6 \times 10^{-3} \text{ L},$$

$$V_{aE} = 9,6 \text{ mL}$$

ومنه :

ج/ تبيان أنه عند إضافة 5ml من محلول حمض كلور الماء لمحلول الأمونياك نجد pH المزيج يساوي 9,2 :
- عند إضافة 5ml من محلول الحمض تكون نصف كمية الأساس قد استهلكت من طرف الحمض

$$\text{أي : } [NH_4^+] = [NH_3]$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} \bigg/ \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 1$$

ومن العلاقة :

$$pH = pK_a, \quad pK_a = 9,2$$

نجد :

$$pH = 9,2$$

ومنه :



1. تعيين احداثيات نقطة التكافؤ : ($V_{bE} = 25cm^3$ ، $pH_E \approx 8$) .

2. - استنتاج تركيز حمض الإيثانويك :

أي :

$$C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_{bE}$$

$$C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a}$$

$$C_a = \frac{0,02 \times 25}{40},$$

$$C_a = 1,25 \times 10^{-2} mol / L$$

ت، ع :

3. تعيين الـ pK_a للثنائية (CH_3COOH / CH_3COO^-) :

لدينا من البيان : قيمة الـ pH الموافقة لـ $1/2V_{bE}$ هي 4,8 .

ومنه : $pK_a = 4,8$

4. كتابة معادلة تفاعل المعايرة : $CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

5. حساب ثابت التوازن K لهذا التفاعل :

$$K = \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH][OH^-]}$$

$$K = \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH][OH^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]}$$

$$K = \frac{K_a}{K_e} = \frac{10^{-pK_a}}{10^{-14}} = \frac{10^{-4,8}}{10^{-14}} = 10^{9,2}$$

ومنه :

$$K \approx 1,6 \times 10^9$$

6. - حساب نسبة التقدم النهائي لتفاعل المعايرة :

لدينا من أجل $pH = 5$:

$$[H_3O^+] = 10^{-5} mol / L$$

$$[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} mol / L$$

أي :

$$n_{(OH^-)} = [OH^-](V_a + V_b) = 10^{-9} \times (40 + 16) \times 10^{-3} = 5,6 \times 10^{-11} mol$$

ومنه كمية مادة OH^- :

$$x_{eq} = 3,2 \times 10^{-4} - 5,6 \times 10^{-11}$$

أي : (بالرجوع إلى جدول تقدم تفاعل المعايرة)

$$x_{eq} \approx 3,2 \times 10^{-4} mol$$

$$x_{max} = 3,2 \times 10^{-4} mol$$

حيث التقدم الأعظمي :

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{3,2 \times 10^{-4}}{3,2 \times 10^{-4}} = 1$$

أما نسبة تقدم النهائي لتفاعل المعايرة، فهي :

- ما يمكن قوله عن هذا التفاعل : تفاعل تام

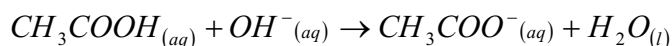
وهو عبارة عن تفاعل حمض ضعيف مع أساس قوي ($pH_E > 7$)

7. الكاشف المناسب لهذا النوع من المعايرة هو : الفينولفتالين

التعليل : نقطة التكافؤ تقع ضمن مجال تغيره اللوني (أنظر الجدول المعطى).



1. - نعم، البيان يدل على أن الحمض ضعيف.
- التعليل : عند نقطة التكافؤ $pH = 8,6 > 7$ ، أي أن التفاعل تم بين حمض ضعيف و أساس قوي.
2. أ/ أكتب معادلة التفاعل بين الحمض و الأساس :



ب/ حساب كسر التفاعل Q_r عند التوازن :

$$Q_{req} = \frac{[CH_3COO^{-}]}{[CH_3COOH][OH^{-}]} \quad \text{لدينا عبارة } Q_r :$$

$$Q_{req} = \frac{[CH_3COO^{-}]}{[CH_3COOH][OH^{-}]} \times \frac{[H_3O^{+}]}{[H_3O^{+}]} \quad \text{والتي يمكن جعلها بالشكل :}$$

$$Q_{req} = \frac{K_a}{K_e} \quad \text{أي :}$$

$$Q_{req} = \frac{10^{-pK_a}}{10^{-14}} = \frac{10^{-4,7}}{10^{-14}} = 10^{9,3} , \quad \boxed{Q_{req} = 2.10^9} \quad \text{ومنه :}$$

3. اعتمادا على البيان :
- أ/ إحداثي نقطة التكافؤ : $(V_b = 20mL , pH = 8,6)$.
- ب/ - استنتاج تركيز الحمض C_s في المحلول (S) :

$$C_s V_s = C_b V_b \quad \text{لدينا عند التكافؤ :}$$

$$C_s = \frac{C_b \cdot V_b}{V_s} \quad \text{ومنه :}$$

$$C_s = \frac{0,1 \times 20}{20} , \quad \boxed{C_s = 0,1mol / L} \quad \text{ت، ع :}$$

$$C = 10C_s \quad \text{- التركيز } C \text{ للخل المدروس :}$$

$$C = 10 \times 0,1 = 1mol / L \quad \boxed{C = 0,1mol / L} \quad \text{أي :}$$

ج) استنتاج كمية مادة الحمض في 100g من الخل التجاري :

$$n = C \cdot V \quad \text{لدينا :}$$

$$n = \frac{C \cdot m}{\rho} = \frac{1 \times 10^2}{1,02 \times 10^3} , \quad \boxed{n = 0,098mol} \quad \text{ومنه :}$$

د/ حساب درجة الخل التجاري :

$$D = M \cdot n$$

$$D = 60 \times 0,098 , \quad D = 5,88$$

ومنه درجة الخل : $6^0 \approx$



1. حساب كتلة الحمض النقي المنحلة في الحجم V من المحلول :

$$n = C.V \quad / \quad n = \frac{m}{M}$$

لدينا :

$$\frac{m}{M} = C.V$$

أي :

$$m = C.M.V \quad , \quad M = M(CH_3COOH) = 60 \text{ g/mol}$$

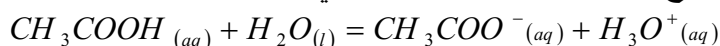
ومنه :

$$m = 1,0 \times 10^{-2} \times 60 \times 0,1 \quad ,$$

$$m = 60 \text{ mg}$$

ت، ع :

2. كتابة معادلة التفاعل المنمذج لانحلال حمض الإيثانويك في الماء :



3. - جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	n_0	زيادة	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	زيادة	x	x
نهائية	x_{\max}	$n_0 - x_{\max}$	زيادة	x_{\max}	x_{\max}

$$n_0 = C.V = 1,0 \times 10^{-2} \times 0,1 = 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{حيث :}$$

- التقدم الأعظمي x_{\max} :

تعريفه : هو التقدم الذي يبلغه التفاعل عندما يختفي المتفاعل المحد.

$$x_{\max} = n_0 = C.V \quad : \quad V \text{ و } C \text{ عبارته بدلالة}$$

4. أ/ عبارة الناقلية النوعية σ للمحلول :

$$\sigma = \frac{G}{k}$$

- بدلالة الناقلية G للمحلول و الثابت k للخلية هي :

- بدلالة التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ ، و الناقلية المولية الشاردية $\lambda_{H_3O^+}$ و الناقلية

المولية الشاردية $\lambda_{CH_3COO^-}$ هي :

$$\sigma = [H_3O^+] \lambda_{H_3O^+} + [CH_3COO^-] \lambda_{CH_3COO^-} \quad / \quad [H_3O^+] = [CH_3COO^-]$$

$$\sigma = [H_3O^+] (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})$$

ب/ - استنتاج عبارة $[H_3O^+]_f$ في الحالة النهائية (حالة التوازن) بدلالة G ، k ، $\lambda_{H_3O^+}$ ، $\lambda_{CH_3COO^-}$:

$$[H_3O^+]_f = \frac{\frac{G}{k}}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}}$$

18.5

$$[H_3O^+]_f = \frac{\frac{1,92 \times 10^{-2}}{1,2 \times 10^{-2}}}{35 \times 10^{-3} + 4,1 \times 10^{-3}} = 40,9 \text{ mol/m}^3 \quad , \quad [H_3O^+]_f = 4,1 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \quad \text{- حساب قيمته :}$$

$$pH = -\log[H_3O^+]_f$$

$$pH = -\log 4,1 \times 10^{-4} ,$$

$$pH = 3,4$$

ج/ استنتاج قيمة pH المحلول :

ت، ع :

5. - إيجاد عبارة كسر التفاعل Q_{rf} في الحالة النهائية (حالة التوازن) بدلالة $[H_3O^+]_f$ و التركيز C للمحلول :

$$Q_{rf} = \frac{[CH_3COO^-]_f [H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f}$$

$$[CH_3COO^-]_f = [H_3O^+]_f$$

لدينا :

$$[CH_3COOH]_f = C - [CH_3COO^-]_f$$

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f}$$

ومنه :

- يمثل كسر التفاعل Q_{rf} عند التوازن ثابت الحموضة K_a ، (وكذلك ثابت التوازن K).

6. حساب pK_a للثنائية (CH_3COOH / CH_3COO^-) :

لدينا :

$$pK_a = -\log K_a$$

$$K_a = Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f}$$

حيث :

$$K_a = \frac{(4,1 \times 10^{-4})^2}{1,0 \times 10^{-2} - 4,1 \times 10^{-4}} ,$$

$$K_a = 1,75 \times 10^{-5}$$

أي :

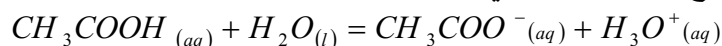
$$pK_a = -\log 1,75 \times 10^{-5}$$

ومنه :

$$pK_a = 4,8$$

108

1. كتابة معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث :



2. أ/ جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	n_0	زيادة	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	زيادة	x	x
نهائية	x_f	$n_0 - x_f$	زيادة	x_f	x_f

ب/ إيجاد قيمة التقدم النهائي x_f :

$$x_f = [H_3O^+]_f \cdot V \Big/ [H_3O^+]_f = 10^{-pH}$$

$$x_f = 10^{-pH} \times V = 10^{-3,4} \times 0,1$$
 , $x_f = 3,98 \times 10^{-5} \text{ mol}$ أي :

ج/ - تبيان أن قيمة قيمة التركيز المولي : $C = 10^{-2} \text{ mol / L}$

لدينا :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{x_f}{C \cdot V}$$

ومنه :

$$C = \frac{x_f}{\tau \cdot V} = \frac{3,98 \times 10^{-5}}{0,039 \times 0,1}$$
 , $C = 10^{-2} \text{ mol / L}$

- استنتاج m قيمة الكتلة المنحلة في المحلول (S) :

لدينا :

$$n = C \cdot V \Big/ n = \frac{m}{M}$$

أي :

$$m = C \cdot M \cdot V \Big/ M = M(CH_3COOH) = 60 \text{ g / mol}$$

ومنه :

$$m = 10^{-2} \times 60 \times 0,1 = 0,060 \text{ g}$$
 , $m = 60 \text{ mg}$

3. - حساب كسر التفاعل الابتدائي Q_{ri} :

$$Q_{ri} = \frac{[CH_3COO^-]_i [H_3O^+]_i}{[CH_3COOH]_i} = 0$$

- كسر التفاعل عند التوازن Q_{rf} : $Q_{rf} : [H_3O^+]_f = [CH_3COO^-]_f$

$$Q_{rf} = \frac{[CH_3COO^-]_f [H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f} \Big/ [CH_3COOH]_f = C - [CH_3COO^-]_f$$

ومنه :

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f}$$

ت، ع :

$$Q_{rf} = \frac{(3,98 \times 10^{-4})^2}{10^{-2} - 3,98 \times 10^{-4}}$$
 , $Q_{rf} = 1,6 \times 10^{-5}$

أو باستعمال العلاقة :

$$Q_{rf} = \frac{\tau^2 \cdot C}{1 - \tau} = \frac{(0,039)^2 \times 10^{-2}}{1 - 0,039} = 1,6 \times 10^{-5}$$

- جهة تطور الجملة الكيميائية : هي جهة تفكك الحمض



4. أ/ البروتوكول التجريبي لهذه المعايرة : - الهدف من المعايرة

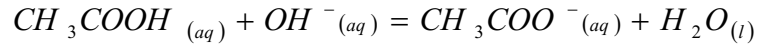
- الأجهزة المستعملة

- خطوات العمل باختصار

- مخطط التجربة

ملاحظة : يمكنك الرجوع إلى الدرس (تجربة معايرة محلول حمض الخل بمحلول هيدروكسيد الصوديوم)

ب/ كتابة معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول :



ج/ حساب قيمة التركيز المولي C للمحلول (S) :

عند التكافؤ يكون :

$$C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_{bE}$$

$$C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a}$$

أي :

$$C_a = \frac{4,0 \times 10^{-3} \times 0,025}{0,010} ,$$

$$C_a = 0,01 \text{ mol/L}$$

ت، ع :

وهي القيمة المعطاة سابقا



د/ إيجاد قيمة pH المزيج لحظة إضافة 12,5mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم :

إن إضافة 12,5mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم والتي تعادل $\frac{V_{bE}}{2}$ ، توافق نقطة نصف التكافؤ

$$pH = pK_a$$

حيث عندها يكون :

$$pH = -\log K_a$$

$$K_a = Q_{rf} = 1,6 \times 10^{-5}$$

ومنه :

$$pH = -\log 1,6 \times 10^{-5}$$

ت، ع :

$$pH = 4,8$$



1. شرح باختصار كيفية تمديد المحلول (S_0)، والزجاجيات الضرورية لذلك :

- الزجاجيات الضرورية لذلك

ماصة 10 mL ، حوجة عيارية سعتها 200 mL

- كيفية تمديد المحلول (S_0) :

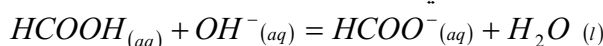
عملية التمديد : $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{أي : } V_2 = \frac{C_1V_1}{C_2} = \frac{C_1V_1}{C_1/10} = 10V_1$$

نأخذ 20 mL من المحلول (S_0) ونضعها في حوجة عيارية سعتها 200 mL ، ثم نضيف الماء المقطر

حتى خط العيار 200 mL (إضافة 180 mL من الماء المقطر).

2. كتابة معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث أثناء المعايرة :



3. تعيين إحداثي نقطة التكافؤ، و استنتاج التركيز المولي للمحلول الممدد (S_1) :

- نقطة التكافؤ من البيان : ($pH = 8,2$ ، 20 mL)

- استنتاج التركيز المولي للمحلول الممدد (S_1) :

$$C_aV_a = C_bV_{bE}$$

$$C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a}$$

$$C_a = \frac{0,02 \times 20}{20} ,$$

$$C_a = 0,02 \text{ mol / L}$$

ت، ع :

4. إيجاد القيمة التقريبية لثابت الحموضة K_A للثنائية ($HCOOH_{(aq)} / HCOO^{-}_{(aq)}$) :

$$pK_a = pH \approx 3,8$$

$$pK_a = -\log K_a$$

$$K_a = 10^{-pK_a} = 10^{-3,8} = 1,58 \times 10^{-4}$$

عند نقطة نصف التكافؤ (من البيان) :

حيث :

ومنه :

$$K_a \approx 1,6 \times 10^{-4}$$

5. استنتاج قيمة التركيز المولي للمحلول الأصلي (S_0) :

$$C_0 = 10 \cdot C_a$$

$$C_0 = 10 \times 0,02 = 0,2 \text{ mol / L}$$

لدينا :

ومنه :

$$C_0 = 0,2 \text{ mol / L}$$



1. أ/ حساب التركيز المولي C_1 للمحلول (S_1) :

$$C_1 = \frac{n}{V} \quad / \quad n = \frac{V_g}{V_M} = \frac{1,2}{24} = 0,05 \text{ mol}$$

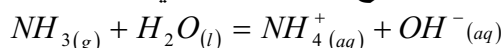
لدينا :

$$C_1 = \frac{0,05}{0,5} = 0,1 \text{ mol/L} ,$$

$$C_1 = 0,1 \text{ mol/L}$$

ومنه :

ب/ كتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحاصل :



2. أ/ جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} = NH_4^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ابتدائية	0	0,05	زيادة	0	0
انتقالية	x	0,05 - x	زيادة	x	x
نهائية	x_f	0,05 - x_f	زيادة	x_f	x_f

$$\tau_{1f} = \frac{x_f}{x_{\max}}$$

ب/ - حساب نسبة التقدم النهائي τ_{1f} :

$$x_f = [OH^-]_f \cdot V = \frac{K_e \cdot V}{[H_3O^+]_f} = \frac{10^{-14}}{10^{-11,1}} \cdot V = \frac{10^{-14}}{10^{-11,1}} \times 0,5 = 6,3 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

حيث :

$$x_{\max} = 0,05 \text{ mol}$$

و:

$$\tau_{1f} = \frac{6,3 \times 10^{-4}}{0,05} = 0,0126$$

,

$$\tau_{1f} \approx 1,3\%$$

ومنه :

- الاستنتاج : النشادر لا يتفاعل كلياً مع الماء (غير تام).

3. أ/ الخطوات العملية المتبعة لتحضير المحلول (S_2) :

نأخذ بواسطة ماصة سعتها 10 mL حجماً V_1 ونضعه في حوجة عيارية سعتها 50 mL ، ثم نكمل بالماء المقطر حتى خط العيار.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{2 \times 10^{-2} \times 0,050}{0,1} , \quad V_1 = 0,01 \text{ L} = 10 \text{ mL}$$

حيث :

$$\tau_{2f} = \frac{x_f}{x_{\max}}$$

ب/ حساب قيمة نسبة التقدم النهائي τ_{2f} للتفاعل :

$$x_f = [OH^-]_f \cdot V = \frac{K_e \cdot V}{[H_3O^+]_f} = \frac{10^{-14}}{10^{-10,8}} \cdot V = \frac{10^{-14}}{10^{-10,8}} \times 0,05 = 3,1 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

حيث :

$$x_{\max} = C_2 \cdot V = 2 \times 10^{-2} \times 0,05 = 10^{-3} \text{ mol}$$

و:

$$\tau_{1f} = \frac{3,1 \times 10^{-5}}{10^{-3}} = 0,031$$

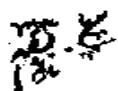
,

$$\tau_{2f} \approx 3,1\%$$

ومنه :

ج/ تأثير الحالة الابتدائية للجملة على نسبة التقدم النهائي للتفاعل :

عملية التمديد ترفع من قيمة نسبة التقدم النهائي $(\tau_{2f} > \tau_{1f})$.



4. حساب قيمة ثابت الحموضة K_a للثنائية (NH_4^+ / NH_3) :

لدينا : $pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$

ومنه : $pK_a = pH - \log \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$

أو : $pK_a = pH + \log \frac{[NH_4^+]_f}{[NH_3]_f}$

حيث : $[NH_4^+] = [OH^-] = \frac{x_f}{V} = \frac{6,3 \times 10^{-4}}{0,5} = 1,26 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$

$[NH_3]_f = C - [NH_4^+]_f = 0,1 - 1,26 \times 10^{-3} = 98,74 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$

و : $pH = 11,1$

ت، ع : $pK_a = 11,1 + \log \frac{1,26 \times 10^{-3}}{98,74 \times 10^{-3}} , \quad pK_a = 9,2$



$K_a = 10^{-pK_a} = 10^{-9,2} ,$

$K_a = 6,3 \times 10^{-10}$