

## قمرین 1

نحضر محلولاً مائياً لحمض الميثانويك تركيزه المولي  $c = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ، وذلك بإضافة الحمض الحالص إلى الماء المقطر.

$$pK_A(HCOOH / HCOO^-) = 3,74$$

1- ما الخطوات التي يجب اتباعها لتحديد منحى التطور التلقائي لمجموعة كيميائية؟

2- في أي منحى تتطور المجموعة؟

## حل

1- الخطوات التي يجب اتباعها لتحديد المنحى التلقائي لتطور مجموعة كيميائية :

- كتابة معادلة التفاعل

- حساب خارج التفاعل في الحالة البدئية

- مقارنة خارج التفاعل وثابتة التوازن

• إذا كان  $K < Q_{r,i}$  فإن المجموعة تتطور في المنحى المباشر لمعادلة التفاعل.

• إذا كان  $K > Q_{r,i}$  فإن المجموعة تتطور في المنحى غير المباشر لمعادلة التفاعل.

• إذا كان  $K = Q_{r,i}$  فإن المجموعة لا تتطور (حالة توازن).

2- تحديد منحى تطور المجموعة

- معادلة ذوبان الحمض في الماء



$$Q_{r,i} = \frac{[HCOO^-]_i [H_3O^+]_i}{[HCOOH]_i}$$

- تحديد قيمة خارج التفاعل في الحالة البدئية.

$Q_{r,i} = 0$  لأن تركيز النوعين  $HCOO^-$  و  $H_3O^+$  منعدم في الحالة البدئية.

- حساب ثابتة التوازن المقرونة بمعادلة التفاعل (I)

$$K = \frac{[HCOO^-]_{eq} [H_3O^+]_{eq}}{[HCOOH]_{eq}} = K_A = 10^{-pK_A}$$

$$K = 10^{-3,74} \approx 1,8 \cdot 10^{-4}$$

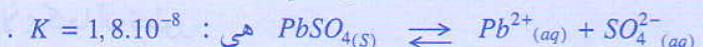
لدينا :  $K < Q_{r,i}$  ، وبالتالي تتطور المجموعة الكيميائية في المنحى المباشر لمعادلة التفاعل، أي منحى تفكك الحمض.

## قمرین 2

نرجح حجماً  $V_1 = 100 \text{ mL}$  من محلول  $S_1$  لنترات الرصاص  $Pb(NO_3)_2$  تركيزه المولي  $c_1 = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

من محلول  $S_2 = 400 \text{ mL}$  لكبريتات الصوديوم  $Na_2SO_4$  تركيزه المولي  $c_2 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

ثابتة التوازن المقرونة بمعادلة التفاعل التالي :

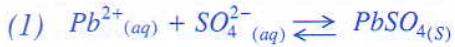


حيث  $K = 1,8 \cdot 10^{-8}$  هي بين أنه يتكون راسب لكبريتات الرصاص.

## حل

تحديد منحى تطور المجموعة الكيميائية

تفاعل أيونات الرصاص  $Pb^{2+}_{(aq)}$  مع أيونات الكبريتات  $SO_4^{2-}_{(aq)}$  وفق المعادلة (I).



$$K' = \frac{1}{[Pb^{2+}]_{eq}[SO_4^{2-}]_{eq}} = \frac{1}{K} = \frac{1}{1,8 \cdot 10^{-8}} \approx 5,6 \cdot 10^7$$

$$Q_{r,i} = \frac{1}{[Pb^{2+}]_i [SO_4^{2-}]_i}$$

$$[SO_4^{2-}] = \frac{c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} \quad \text{و} \quad [Pb^{2+}]_i = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2}$$

$$Q_{r,i} = \frac{(V_1 + V_2)^2}{(c_1 \cdot V_1) \cdot (c_2 \cdot V_2)} = \frac{(500 \cdot 10^{-3})^2}{(3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1) \cdot (5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4)} \approx 4,2 \cdot 10^5$$

لدينا  $K' < Q_{r,i}$  ، إذن تتطور المجموعة الكيميائية في المنحى المباشر لمعادلة التفاعل (1) ، أي منحى ترسيب كبريتات الرصاص.

### ćمرين (3)

نصف  $2g = m$  من الزنك إلى حجم  $100mL = V$  من محلول مائي لكبريتات النحاس (II) ذي التركيز المولي  $c = 0,1 mol \cdot L^{-1}$  نحرك الخليط، فنلاحظ اختفاء اللون الأزرق المميز للأيونات  $Cu^{2+}_{(aq)}$ .

ثابتة التوازن المقرونة بمعادلة تفاعل الزنك مع أيونات النحاس (II) ، هي  $K = 4,6 \cdot 10^{36}$

1- اكتب نصفي معادلة تفاعل الأكسدة - اختزال بالنسبة لكل من للمزدوجتين  $Zn^{2+}_{(aq)}$  و  $Cu^{2+}_{(aq)}$  /  $Cu_{(s)}$  و واستنتج المعادلة الحصيلة.

2- احسب خارج التفاعل في الحالة البدئية، ثم حدد كيف تتطور المجموعة.

3- احسب نسبة التقدم النهائي  $\alpha$ . ماذا تستنتج؟

### حل

1- معادلة التفاعل الخاصل ومنحى تطور المجموعة الكيميائية

- اختزال الأيونات  $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$  :  $Cu^{2+}_{(aq)}$

- أكسدة فلز الزنك  $Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$  :  $Zn_{(s)}$

معادلة التفاعل :  $(1) \quad Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

2- خارج التفاعل، في الحالة البدئية، المقرنة بمعادلة التفاعل (1).

$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Cu^{2+}]_i}$$

- في الحالة البدئية يكون تركيز الأيونات  $Zn^{2+}$  منعدماً، أي  $[Zn^{2+}]_i = 0$  وبالتالي  $Q_{r,i} = 0$  .  
لدينا  $K > Q_{r,i}$  ، إذن تتطور المجموعة في المنحى المباشر لمعادلة التفاعل (1) ، أي منحى تكون أيونات الزنك  $Zn^{2+}$  وفلز النحاس.

3- تحديد نسبة التقدم النهائي للتتفاعل

- الجدول الوصفي لتطور المجموعة

$Zn_{(S)}$	$+ Cu^{2+}_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$	$Zn^{2+}_{(aq)}$	$+ Cu_{(S)}$	معادلة التفاعل
كميات المادة (mol)				التقدم	الحالة
بوفرة	$c.V$		0	0	البدئية
بوفرة	$c.V - x_{eq}$		$x_{eq}$	$x_{eq}$	التوازن

$$[Cu^{2+}]_{eq} = \frac{c.V - x_{eq}}{V} \quad \text{و} \quad [Zn^{2+}]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$$

ثابتة التوازن المقرنة بمعادلة التفاعل (1) :

$$K = \frac{[Zn^{2+}]_{eq}}{[Cu^{2+}]_{eq}} = \frac{x_{eq}}{c.V - x_{eq}}$$

نستنتج أن :  $K >> 1$  لأن  $x_{eq} = \frac{c.V.K}{1 + K} = c.V$  ، التقدم الأقصى هو : لأن الأيون  $Cu^{2+}$  هو المتفاعله المحد.

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{c.V}{c.V} = 1 \quad \text{نسبة التقدم النهائي للتفاعل :}$$

1 =  $\tau$  ، إذن التفاعل (1) كلي ، مما يفسر اختفاء اللون الأزرق المميز للأيونات  $Cu^{2+}_{(aq)}$ .

#### ćمرين 4

نتوفر على حجم  $V_1 = 0,25L$  من محلول مائي  $S_1$  لحمض الميثانويك تركيزه المولي  $c_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$

نقيس  $pH_1$  للمحلول  $S_1$  ، عند  $25^\circ C$  ، فنجد :  $pH_1 = 2,9$

1.1/1 - احسب ثابتة التوازن  $K$  المقرنة بمعادلة التفاعل بين حمض الميثانويك والماء.

$$r = \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \quad 1.2$$

2 - نتوفر كذلك على حجم  $V_2 = 0,1L$  من محلول  $S_2$  لحمض الكلوريدريك تركيزه المولي  $c_2 = 1,0 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$

نقيس  $pH_2$  للمحلول  $S_2$  ، عند  $25^\circ C$  ، فنجد :  $pH_2 = 2$

2.1 - احسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل بين حمض الكلوريدريك والماء.

2.2 - هل توجد ثابتة توازن مقرنة بهذا التفاعل ؟

2.3 - نصب المحلول  $S_2$  في المحلول  $S_1$  ، ما هو المنحى التلقائي للتفاعل الحاصل ؟

$$\text{نعطي : } pK_A(HCOOH / HCOO^-) = 3,75$$

#### حل

1.1/1 - معادلة التفاعل حمض - قاعدة الذي يحدث بين حمض الميثانويك والماء



$$K = \frac{[HCOO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]}{[HCOOH]_{eq}} = K_A = 10^{-pK_A} \quad \text{يعبر عن ثابتة التوازن المقرنة بمعادلة التفاعل (1) كالتالي :}$$

$$K = 10^{-3,75} \approx 1,78 \cdot 10^{-4}$$

أي أن :

### 1.2 - حساب النسبة $r$

$$r = \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = \frac{K_A}{[H_3O^+]} \quad \text{لدينا : } K_A = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

$$r = 10^{(pH_1 - pK_A)} = 10^{(2,9 - 3,75)} \approx 0,14 \quad \text{أي أن :}$$

### 2.1/2 - حساب نسبة التقدم النهائي للتفاعل

معادلة التفاعل حمض - قاعدة الذي يحدث بين حمض الكلوريدريك والماء



حساب نسبة التقدم النهائي للتفاعل ننشئ الجدول الوصفي لتطور المجموعة.

				معادلة التفاعل	
				النهاية	البداية
كميات المادة (mol)				النهاية	البداية
$c_2 \cdot V_2$	بوفرة	0	0	0	
$c_2 \cdot V_2 - x_f$	بوفرة	$x_f$	$x_f$	$x_f$	

التقدم الأقصى هو :  $x_{\max} = c_2 \cdot V_2$  لأن الماء موجود بوفرة

حسب الجدول الوصفي ، لدينا في الحالة النهاية :  $[H_3O^+] = [H_3O^+] \cdot V_2$ .

$$\tau = \frac{10^{-2}}{10^{-2}} = \tau ; \quad \text{أي أن : } \tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[H_3O^+]}{c_2} = \frac{10^{-pH_2}}{c_2} \quad \text{نسبة التقدم النهائي للتفاعل هي :}$$

بما أن  $\tau = 1$  ، فإن التحول الحاصل كلي .

2.2 - لا توجد الجموعة في حالة توازن لأن التفاعل  $HCl$  يختفي كليا ، وبالتالي لا يمكن إقران ثابتة التوازن بالمعادلة (2).

### 2.3 - تحديد النحى التلقائي للتفاعل

كمية المادة البدئية للأيونات  $H_3O^+$  الناجمة عن المحلولين  $S_1$  و  $S_2$ .

$$n(H_3O^+) = 10^{-pH_1} \cdot V_1 + 10^{-pH_2} \cdot V_2$$

- التركيز البدئي للأيونات  $H_3O^+$  في الخليط .

$$[H_3O^+]_i = \frac{10^{-pH_1} \cdot V_1 + 10^{-pH_2} \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

$$[H_3O^+]_i = \frac{10^{-2,9} \cdot 250 + 10^{-2} \cdot 100}{250 + 100} \approx 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{يعني :}$$

- عند إضافة المحلول  $S_2$  إلى المحلول  $S_1$  يكون التركيز البدئي في الخليط للتوزيع  $HCOO^-$  و  $HCOOH$

$$r = \frac{[HCOO^-]_i}{[HCOOH]_i} = 0,14 \quad \text{بحيث :}$$

- يعبر عن خارج التفاعل ، في الحالة البدئية ، المقربون معادلة التفاعل (1) بالعلاقة :

$$Q_{r,i} = \frac{[HCOO^-]_i}{[HCOOH]_i} \cdot [H_3O^+]_i = r \cdot [H_3O^+]_i$$

$$Q_{r,i} = 0,14 \cdot 3,75 \cdot 10^{-3} \approx 5,3 \cdot 10^{-4} \quad \text{ومنه :}$$

بما أن  $K > Q_{r,i}$  ، فإن التحول (1) يتطور في المنحى المعاكس لمنحى تفكك الحمض  $HCOOH$  في الماء.

نحضر الخليط التالي عزج :

- حجم  $V_1 = 10,0 \text{ mL}$  من محلول حمض الإيثانويك تركيزه  $c_1 = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- حجم  $V_2 = 5,0 \text{ mL}$  من محلول كلورور الأمونيوم تركيزه  $c_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- حجم  $V_3 = 5,0 \text{ mL}$  من محلول إيثانوات الصوديوم تركيزه  $c_3 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- حجم  $V_4 = 10,0 \text{ mL}$  من محلول الأمونياك تركيزه  $c_4 = 10,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

1- احسب خارج التفاعل في الحالة البدئية.

2- عين منحي تطور المجموعة.

معطيات : ثابتة الحمضية للمزدوجات المتدخلة في التفاعل :

$$pK_{A2} = 9,2 : NH_4^+ / NH_3$$

$$pK_{A1} = 4,8 : CH_3COOH / CH_3COO^-$$

## حل

I - معادلة التفاعل



مباشرة بعد مزج المحاليل الأربع لدينا :

$$n(CH_3COOH)_i = c_1 V_1 = 2,0 \cdot 10^{-2} \cdot 10,0 \cdot 10^{-3} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(NH_4^+)_i = c_2 V_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(CH_3COO^-)_i = c_3 V_3 = 5,0 \cdot 10^{-2} \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(NH_3)_i = c_4 V_4 = 10,0 \cdot 10^{-2} \cdot 10,0 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 3,0 \cdot 10^{-2} L$$

الحجم الكلي للمحلول هو :

$$[CH_3COOH]_i = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{3,0 \cdot 10^{-2}} = 6,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{إذن :}$$

$$[NH_4^+]_i = \frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{3,0 \cdot 10^{-2}} = 8,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[CH_3COO^-]_i = \frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{3,0 \cdot 10^{-2}} = 8,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[NH_3]_i = \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{3,0 \cdot 10^{-2}} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$Q_{r,i} = \frac{[CH_3COO^-]_i \cdot [NH_4^+]_i}{[CH_3COOH]_i \cdot [NH_3]_i} = \frac{8,33 \cdot 10^{-3} \cdot 8,33 \cdot 10^{-3}}{6,67 \cdot 10^{-3} \cdot 3,33 \cdot 10^{-2}} = 0,312 \quad \text{خارج التفاعل في الحالة البدئية هو :}$$

2- منحي تطور المجموعة

لتعيين منحي تطور المجموعة نقارن  $Q_{r,i}$  بثابتة التوازن  $K$ ، المقرنة بمعادلة التفاعل.

$$K = \frac{[NH_4^+]_{eq} \cdot [CH_3COO^-]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq} \cdot [NH_3]_{eq}} = \frac{[CH_3COO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}} \cdot \frac{[NH_4^+]_{eq}}{[NH_3]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}$$

$$K = \frac{K_{A1}}{K_{A2}} = \frac{10^{-pK_{A1}}}{10^{-pK_{A2}}} = \frac{10^{-4,8}}{10^{-9,2}} = 2,51 \cdot 10^4$$

نلاحظ أن  $K < Q_{eq}$  ، إذن حسب معيار التطور التلقائي ، تطور المجموعة في المنحى المباشر لمعادلة التفاعل أي من اليسار نحو اليمين.

## فقرات ⑥

لتكن المجموعة المخلصة بموجز :

-  $c_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$  من محلول حمض الإيثانويك  $CH_3COOH$  تركيزه  $V_1 = 10mL$

-  $c_2 = 5,0 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$  من محلول يحتوي على أيونات الإيثانوات  $CH_3COO^-$  تركيزها  $V_2 = 10mL$

-  $c_3 = 1,0 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$  من محلول حمض الميثانويك  $HCOOH$  تركيزه  $V_3 = 10mL$

-  $c_4 = 5,0 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$  من محلول يحتوي على أيونات الميثانوات  $HCOO^-$  تركيزها  $V_4 = 20mL$

1- اكتب معادلة التفاعل الذي يمكن أن يحدث بين حمض الإيثانويك وأيونات الميثانوات.

2- احسب ثابتة التوازن المقرونة بمعادلة هذا التفاعل.

3- كيف تتطور المجموعة ؟ علل الجواب.

4- أبخر الجدول الوصفي لنطورة المجموعة.

احسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل . ماذا تستنتج ؟

$$r = \frac{[CH_3COO^-]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}}$$

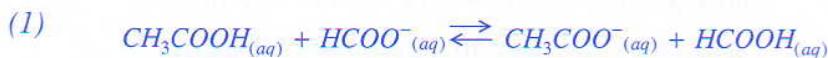
6- احسب  $pH$  الخليط.

$$pK_{A1}(HCOOH / HCOO^-) = 3,8 \quad \text{نعطي :}$$

$$pK_{A2}(CH_3COOH / CH_3COO^-) = 4,8$$

## حل

1- معادلة التفاعل حمض الإيثانويك وأيونات الميثانوات



2- حساب ثابتة التوازن

يعبر عن ثابتة التوازن المقرونة بمعادلة التفاعل (1) كالتالي :

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_{eq} \cdot [HCOOH]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq} \cdot [HCOO^-]_{eq}}$$

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}} \cdot \frac{[HCOOH]_{eq}}{[HCOO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}} = \frac{K_{A2}}{K_{A1}} \quad \text{أو}$$

$$K = \frac{K_{A2}}{K_{A1}} = \frac{10^{-pK_{A2}}}{10^{-pK_{A1}}} = 10^{(pK_{A1} - pK_{A2})} \quad \text{أي أن :}$$

نستنتج أن قيمة  $K$  هي :

3- منحى تطور المجموعة الكيميائية

حساب خارج التفاعل في الحالة البدئية

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

يعبر عن خارج التفاعل في الحالة البدئية بالعلاقة :

$$Q_{r,i} = \frac{[CH_3COO^-]_i \cdot [HCOOH]_i}{[CH_3COOH]_i \cdot [HCOO^-]_i}$$

$$Q_{r,i} = \frac{\left(\frac{c_2 \cdot V_2}{V}\right) \cdot \left(\frac{c_3 \cdot V_3}{V}\right)}{\left(\frac{c_1 \cdot V_1}{V}\right) \cdot \left(\frac{c_4 \cdot V_4}{V}\right)} = \frac{(c_2 \cdot V_2) \cdot (c_3 \cdot V_3)}{(c_1 \cdot V_1) \cdot (c_4 \cdot V_4)}$$

$$Q_{r,i} = \frac{(5 \cdot 10^{-3}) \cdot (10) \cdot (10^{-2}) \cdot (10)}{(10^{-2} \cdot 10) \cdot (5 \cdot 10^{-2}) \cdot (20)} = 5,0 \cdot 10^{-2}$$

يعنى :

ما أن  $K < Q_{r,i}$  ، فإن المجموعة تتطور تلقائياً في المنحى المباشر لمعادلة التفاعل (I).

4- الجدول الوصفي لتطور المجموعة

معادلة التفاعل					
كميات المادة (mol)				التقدم	الحالة
$c_1 \cdot V_1$	$c_4 \cdot V_4$	$c_2 \cdot V_2$	$c_3 \cdot V_3$	0	البدئية
$c_1 \cdot V_1 - x_{eq}$	$c_4 \cdot V_4 - x_{eq}$	$c_2 \cdot V_2 + x_{eq}$	$c_3 \cdot V_3 + x_{eq}$	$x_{eq}$	التوازن

تركيز الخليط، بالمول، في الحالة البدئية للمجموعة :

$$n(CH_3COOH)_i = c_1 \cdot V_1 = 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 10^{-4} mol$$

$$n(HCOO^-)_i = c_4 \cdot V_4 = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 10^{-3} mol$$

$$n(CH_3COO^-)_i = c_2 \cdot V_2 = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-5} mol$$

$$n(HCOOH)_i = c_3 \cdot V_3 = 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 10^{-4} mol$$

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_{eq} \cdot [HCOOH]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq} \cdot [HCOO^-]_{eq}}$$

لدينا :

$$K = \frac{(5 \cdot 10^{-5} + x_{eq}) \cdot (10^{-4} + x_{eq})}{(10^{-4} - x_{eq}) \cdot (10^{-3} - x_{eq})} = 10^{-1}$$

أي أن :

$$0,9x_{eq}^2 + 2,6 \cdot 10^{-4}x_{eq} - 5 \cdot 10^{-9} = 0$$

تحصل على :

$$\Delta = b^2 - 4ac = 8,56 \cdot 10^{-8}$$

بحسب :

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = 1,81 \cdot 10^{-5} mol$$

وبالتالي يكون الحالان هما :

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = -3,07 \cdot 10^{-4} mol$$

يقصى الخل الثاني لأن تقدم التفاعل لا يمكن أن يكون سالبا.

المتفاعل المحد هو  $CH_3COOH$  لأن  $n(CH_3COOH)_i < n(HCOO^-)_i$

وبالتالي فإن التقدم الأقصى هو :  $x_{\max} = 10^{-4} \text{ mol}$

نسبة التقدم النهائي للتفاعل، عند التوازن هي :  
عما أن  $1 > \tau$  ، فإن التفاعل (1) غير كلي (محدود).

#### 5 - حساب النسبة $r$

$$r = \frac{x_{eq}}{x_{\max}} = \frac{1,81 \cdot 10^{-5}}{10^{-4}} \approx 0,18 = 18\%$$

$$r = \frac{5 \cdot 10^{-5} + 1,81 \cdot 10^{-5}}{10^{-4} - 1,81 \cdot 10^{-5}} \approx 0,83$$

أي أن :

#### 6 - حساب $pH$ الخلط

لدينا :

$$pH = pK_{A2} + \log \frac{[CH_3COO^-]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}}$$

$$pH = pK_{A2} + \log r = 4,8 + \log 0,83$$

$$pH \approx 4,72$$

أي أن :