

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض ¹
الدرس : (VI : التطور التلقائي لمجموعة كيميائية نحو حالة التوازن.	
أستاذ المادة : مصطفى قشيش	المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة

(1) معيار التطور التلقائي: منطوقة معيار التطور التلقائي

* تجربة: تحديد منحى تطور مجموعة (تفاعل حمض - قاعدة) النشاط التجريبي 1 ص 97

- نمزج في ثلاث كؤوس (1) و(2) و(3) محلول حمض الميثانويك $HCOOH_{(aq)}$ ومحلول ميثانوات الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)})$ ومحلول حمض الإيثانويك $CH_3COOH_{(aq)}$ ومحلول إيثانوات الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)})$ ، لها التركيز نفسه $C=0,1 \text{ mol}.L^{-1}$ ، وذلك حسب الحجم المبينة في الجدول:

الحجم (mL) الخليط	(1)	(2)	(3)
V_1	5	20	10
V_2	5	5	1
V_3	5	1	10
V_4	5	10	10
pH	4,2	3,7	4,8

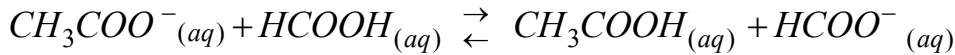
+ V_1 حجم محلول حمض الإيثانويك ،
+ V_2 حجم محلول حمض الميثانويك ،
+ V_3 حجم محلول إيثانوات الصوديوم ،
+ V_4 حجم محلول ميثانوات الصوديوم.

* قياسات:

- نقيس pH كل خليط بعد تعبير جهاز pH - متر، وندون القيم في نفس الجدول.

* استثمار النتائج:

- معادلة التفاعل بين المزدوجتين قاعدة / حمض $HCOOH / HCOO^-$ و CH_3COOH / CH_3COO^-



المعطيات : $pK_{A(HCOOH / HCOO^-)} = 3,8$ و $pK_{A(CH_3COOH / CH_3COO^-)} = 4,8$

- ثابتة التوازن المقرونة بهذه المعادلة عند $25^\circ C$:

$$K = \frac{K_{A(HCOOH / HCOO^-)}}{K_{A(CH_3COOH / CH_3COO^-)}} = \frac{10^{-3,8}}{10^{-4,8}} = 10$$

- تحديد التراكيز البدئية بالنسبة لكل خليط: (نعتبر أن تفاعلات الأنواع الكيميائية مع الماء جد محدودة، أي : $[X] = C$)

$$[CH_3COOH]_i = \frac{n_i(CH_3COOH)}{V_{sol}} = \frac{CV_1}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} +$$

$$[HCOOH]_i = \frac{n_i(HCOOH)}{V_{sol}} = \frac{CV_2}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} +$$

$$[CH_3COO^-]_i = \frac{n_i(CH_3COO^-)}{V_{sol}} = \frac{CV_3}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} +$$

$$[HCOO^-]_i = \frac{n_i(HCOO^-)}{V_{sol}} = \frac{CV_4}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} +$$

2	المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
الدرس : (VI) التطور التلقائي لمجموعة كيميائية نحو حالة التوازن.		
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التاهيلية - تمارة		

- قيمة خارج التفاعل $Q_{r,i}$ في كل خليط في الحالة البدئية :

(3)	(2)	(1)	الخليط
10	40	1	$Q_{r,i}$

$$\Leftrightarrow Q_{r,i} = \frac{[CH_3COOH]_i \cdot [HCOO^-]_i}{[CH_3COO^-]_i \cdot [HCOOH]_i} = \frac{V_1 \cdot V_4}{V_2 \cdot V_3}$$

- حساب قيمتي النسبتين $\frac{[HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f}$ و $\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}$ ، و قيمة خارج التفاعل $Q_{r,f}$ في الحالة النهائية:

$$pH = pK_A + \text{Log} \frac{[base]_f}{[acide]_f} \Rightarrow \frac{[base]_f}{[acide]_f} = 10^{pH - pK_A} \quad \text{لدينا العلاقة:}$$

(3)	(2)	(1)	الخليط
4,8	3,7	4,2	$pH_{\acute{e}q}$
1	0,08	0,25	$\frac{[CH_3COO^-]_{\acute{e}q}}{[CH_3COOH]_{\acute{e}q}} = 10^{(pH-4,8)}$
10	0,79	2,5	$\frac{[HCOO^-]_{\acute{e}q}}{[HCOOH]_{\acute{e}q}} = 10^{(pH-3,8)}$
10	10	10	$Q_{r,\acute{e}q} = \frac{[CH_3COOH]_{\acute{e}q} \cdot [HCOO^-]_{\acute{e}q}}{[CH_3COO^-]_{\acute{e}q} \cdot [HCOOH]_{\acute{e}q}}$
10	40	1	$Q_{r,i}$

* ملاحظات:

- خارج التفاعل $Q_{r,f}$ عند الحالة النهائية، يساوي ثابتة التوازن K بالنسبة لكل خليط ($Q_{r,f} = K = 10$):

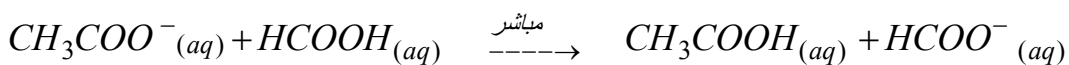
+ لا تتعلق حالة المجموعة عند التوازن بالحالة البدئية

+ تتطور المجموعة تلقائيا نحو حالة التوازن حيث تؤول Q_r إلى ثابتة التوازن K .

** في الخليط (1): لدينا $Q_{r,i} = 1 < K$

$$\frac{[HCOO^-]_i}{[HCOOH]_i} = \frac{V_4}{V_2} = \frac{5}{5} = 1 < \frac{[HCOO^-]_{\acute{e}q}}{[HCOOH]_{\acute{e}q}} = 2,5 \quad \text{و} \quad \frac{[CH_3COO^-]_i}{[CH_3COOH]_i} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{5}{5} = 1 > \frac{[CH_3COO^-]_{\acute{e}q}}{[CH_3COOH]_{\acute{e}q}} = 0,25$$

يعني أن $[CH_3COO^-]$ و $[HCOOH]$ تناقصا، وأن $[HCOO^-]$ و $[CH_3COOH]$ تزايدا، وبالتالي فإن المجموعة قد تطورت في المنحى المباشر:

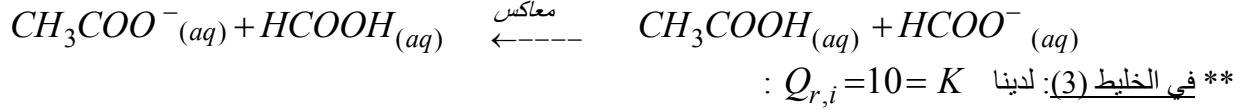


** في الخليط (2): لدينا $Q_{r,i} = 40 > K$

$$\frac{[HCOO^-]_i}{[HCOOH]_i} = \frac{V_4}{V_2} = \frac{10}{5} = 2 > \frac{[HCOO^-]_{\acute{e}q}}{[HCOOH]_{\acute{e}q}} = 0,79 \quad \text{و} \quad \frac{[CH_3COO^-]_i}{[CH_3COOH]_i} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{1}{20} = 0,05 < \frac{[CH_3COO^-]_{\acute{e}q}}{[CH_3COOH]_{\acute{e}q}} = 0,08$$

3	المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
الدرس : (VI) التطور التلقائي لمجموعة كيميائية نحو حالة التوازن.		
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة		

يعني أن $[CH_3COO^-]$ و $[HCOOH]$ تزايداً، وأن $[HCOO^-]$ و $[CH_3COOH]$ تناقصاً، وبالتالي فإن المجموعة قد تطورت في المنحى المعاكس:



$$\frac{[HCOO^-]_i}{[HCOOH]_i} = \frac{V_4}{V_2} = \frac{10}{1} = 10 = \frac{[HCOO^-]_{\acute{e}q}}{[HCOOH]_{\acute{e}q}} \quad \text{و} \quad \frac{[CH_3COO^-]_i}{[CH_3COOH]_i} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{10}{10} = 1 = \frac{[CH_3COO^-]_{\acute{e}q}}{[CH_3COOH]_{\acute{e}q}}$$

يعني أن التراكيز لم تتغير، وبالتالي فإن المجموعة لم تتطور عياناً فهي في حالة توازن.

*** استنتاج:** منطوقة معيار التطور التلقائي

تتطور مجموعة كيميائية تلقائياً نحو حالة التوازن بحيث يؤول خارج التفاعل Q_r إلى ثابتة التوازن K .
نميز بين ثلاث حالات :

- + إذا كان $Q_{r,i} < K$: تتطور المجموعة في المنحى المباشر حتى تصير $Q_{r,f} = K$.
- + إذا كان $Q_{r,i} > K$: تتطور المجموعة في المنحى المعاكس حتى تصير $Q_{r,f} = K$.
- + إذا كان $Q_{r,i} = K$: لا تتطور المجموعة عياناً، وتوجد في حالة توازن.

(2) تشخيص معيار التطور التلقائي: تفاعل الحسدة - اختزال

تطبيق:

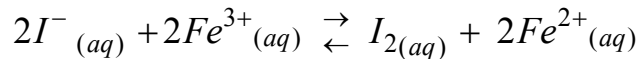
- نحضر في كأس (1) خليطاً بمزج $V_1 = 10 \text{ mL}$ من محلول لثنائي اليود تركيزه $C_1 = 2.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ، و $V_2 = 10 \text{ mL}$ من محلول يودور البوتاسيوم تركيزه $C_2 = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$.

- نحضر في كأس (2) خليطاً بمزج $V_3 = 10 \text{ mL}$ من محلول كبريتات الحديد II تركيزه $C_3 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ ، و $V_4 = 5 \text{ mL}$ من محلول كبريتات الحديد III تركيزه $C_4 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

- نصب في كأس (3) الخليطين السابقين.
- + أعط طبيعة التفاعل الذي يمكن أن يحدث في الكأس (3).
- + اكتب معادلة التفاعل.
- + حدد تعبير خارج التفاعل في الحالة البدئية، ثم احسب قيمته.
- + استنتج منحى تطور المجموعة.
- نعطي : ثابتة التوازن المقرونة بهذا التفاعل هي $K = 1,2.10^5$.

الحل:

+ المزدوجتان اللتان يمكن أن تتدخلتا في التفاعل هما : I_2 / I^- و Fe^{3+} / Fe^{2+} ، إذن يحدث تفاعل أكسدة - اختزال.
+ كتابة معادلة التفاعل :



$$Q_r = \frac{[I_2][Fe^{2+}]^2}{[I^-]^2[Fe^{3+}]^2}$$

+ تعبير خارج التفاعل:

4	المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
الدرس : (VI) التطور التلقائي لمجموعة كيميائية نحو حالة التوازن.		
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة		

+ حساب خارج التفاعل $Q_{r,i}$ في الحالة البدئية :

$$[I^-]_i = \frac{C_2 \cdot V_2}{V} = \frac{0,2 \cdot 10}{35} = 0,0057 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{و} \quad [I_2]_i = \frac{C_1 \cdot V_1}{V} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{35} = 0,57 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[Fe^{3+}]_i = \frac{C_4 \cdot V_4}{V} = \frac{10^{-2} \cdot 5}{35} = 0,0014 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{و} \quad [Fe^{2+}]_i = \frac{C_3 \cdot V_3}{V} = \frac{10^{-2} \cdot 10}{35} = 0,0028 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$Q_r = \frac{[I_2][Fe^{2+}]^2}{[I^-]^2[Fe^{3+}]^2} = \frac{0,57 \cdot (0,0028)^2}{(0,0057)^2 \cdot (0,0014)^2} = 0,7 \quad \text{نجد :}$$

+ بما أن $Q_{r,i} = 0,7 < K$ ، فإن المجموعة تتطور في المنحى المباشر، أي منحى تكوّن ثنائي اليود.