التطور التلقائي لمجموعة كيميائية

L 'évolution spontanée d'un système chimique

* نعتبر التفاعل المحدود المنمذج بالتفاعل التالي : $\alpha\, A + \beta\, B \leftrightharpoons \gamma\, C + \delta\, D$

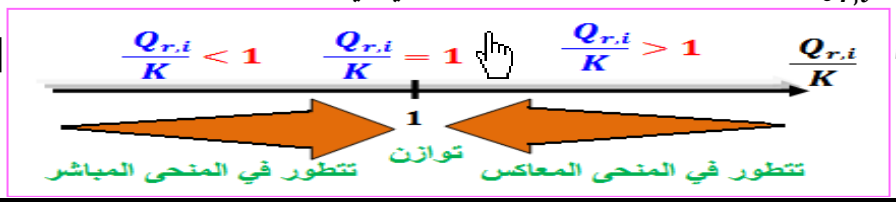
تعبير خارج التفاعل Q_r : $Q_r = \dfrac{[C]^{\gamma}.[D]^{\delta}}{[A]^{\alpha}.[B]^{\beta}}$ وهو مقدار بدون وحدة

حيث $[X]$ يمثل العدد الذي يقيس التركيز المولي الفعلي لـ X ، معبر عنه بالوحدة $mol.L^{-1}$.

تعبير ثابتة التوازن K هو : $K = Q_{r,éq} = \dfrac{[C]^{\gamma}_{éq}.[D]^{\delta}_{éq}}{[A]^{\alpha}_{éq}.[B]^{\beta}_{éq}}$

* لتوقع منحى التطور التلقائي لمجموعة كيميائية نستعمل كمعيار مقارنة خارج التفاعل $Q_{r,i}$ مع ثابتة التوازن K ، حيث تتطور مجموعة كيميائية تلقائيا وفق المنحى الذي يجعل خارج التفاعل $Q_{r,i}$ يؤول نحو ثابتة التوازن K .

- إذا كان $Q_{r,i} < K$: تتطور المجموعة تلقائيا في المنحى المباشر إلى أن يصبح $Q_r = K$.
- إذا كان $Q_{r,i} > K$: تتطور المجموعة تلقائيا في المنحى غير المباشر إلى أن يصبح $Q_r = K$.
- إذا كان $Q_{r,i} = K$: لا تتطور المجموعة تلقائيا وهي في حالة التوازن .



↙ $[A]$ و ↙ $[B]$

↖ $[C]$ و ↖ $[D]$

↖ $[A]$ و ↖ $[B]$

↙ $[C]$ و ↙ $[D]$

تمرين 1 :

اكتب تعبير خارج التفاعل البدئي $Q_{r,i}$ وثابتة التوازن K المقرون بالمعادلات التالية :

$2\,Fe^{3+}_{(aq)} + 2\,I^{-}_{(aq)} \leftrightharpoons 2\,Fe^{2+}_{(aq)} + I_{2(aq)}$ (1)

$2\,Al_{(s)} + 3\,Zn^{2+}_{(aq)} \leftrightharpoons 2\,Al^{3+}_{(aq)} + 3\,Zn_{(s)}$ (2)

$MnO^{-}_{4\,(aq)} + 5Fe^{2+}_{(aq)} + 8H^{+}_{(aq)} \leftrightharpoons Mn^{2+}_{(aq)} + 5Fe^{3+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$ (3)

تمرين 2 :

نعتبر التفاعل : $2S_2O^{2-}_{3(aq)} + I_{2(aq)} \leftrightharpoons S_4O^{2-}_{6(aq)} + 2I^{-}_{(aq)}$

المحلول	كمية المادة البدئية	الحجم
$S_2O_3^{2-}$	$n_1 = 2.10^{-2}mol$	$V_1 = 25\,mL$
I_2	$n_2 = 1.10^{-2}mol$	$V_2 = 25\,mL$
$S_4O_6^{2-}$	$n_3 = 4.10^{-2}mol$	$V_3 = 25\,mL$
I^-	$n_4 = 5.10^{-2}mol$	$V_4 = 25\,mL$

1- اكتب تعبير $Q_{r,i}$ ثم احسب قيمته .

2- حدد منحى تطور المجموعة . نعطي $K = 10^{18}$

تمرين 3 :

نذيب في الماء الخالص كتلة $m = 10\,g$ من ملح كلورور الأمونيوم $NH_4Cl_{(s)}$ فنحصل على $V = 100\,mL$ من محلول هذا الملح .

يمكن لأيونات الأمونيوم NH_4^+ أن تتفاعل مع الماء حسب المعادلة ① $NH^{+}_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$

1- اكتب معادلة تفاعل ذوبان كلورور الأمونيوم في الماء .

2- احسب قيمة خارج التفاعل 1 البدئي $Q_{r,i}$.

3- احسب قيمة ثابتة التوازن K المقرونة بالمعادلة 1 .

4- استنتج المنحى التلقائي لهذا التحول .

نعطي $pK_A(H_3O^+/H_2O) = 0$ و $pK_A(NH_4^+/NH_3) = 9,2$

5- أعطى قياس pH المحلول القيمة $pH = 4,46$.

5-1- احسب تراكيز الأنواع الأيونية عند التوازن الكيميائي

5-2- استنتج قيمة خارج التفاعل النهائي $Q_{r,f}$.

5-3- علق على درجة تفكك الحمض في الماء .

نعطي $M(Cl) = 35,5\,g.mol^{-1}$ و $M(O) = 16\,g.mol^{-1}$ و $M(N) = 14\,g.mol^{-1}$

تمرين 4 :

نحضر حجما $V = 1\ L$ من **محلول نترات الفضة** حيث تركيز الأيونات Ag^+ هو $C = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
نذيب في هذا المحلول كتلة $m = 1,52\ g$ من **كبريتات الحديد II** $(FeSO_4)$ دون تغير حجم المحلول .

1- اكتب معادلة تفاعل ذوبان $FeSO_4$ في الماء.
2- اكتب معادلة تفاعل أكسدة – اختزال الذي يمكن أن يحدث بين المزدوجتين Ag^+/Ag و Fe^{3+}/Fe^{2+} .
3- اعط تعبير وقيمة خارج التفاعل البدئي $Q_{r,i}$ قبل حدوث التحول المشار إليه في السؤال (2) .
4- ثابتة التوازن ، عند $25°C$ ، هي $K = 3,2$. حدد المنحى التلقائي للتحول .
5- أنشئ جدول التقدم واستنتج التقدم النهائي x_f .
6- احسب تراكيز الأنواع الكيميائية عند التوازن واستنتج نسبة التقدم النهائي للتفاعل .

نعطي بـ : $M(Cl) = 35,5\ g.mol^{-1}$
و $M(O) = 16$ و $M(N) = 14$ و $M(S) = 32$

تمرين 5 :

نمزج حجوم المحاليل التالية :

* $V_1 = 40mL$ من **محلول فلورور الهيدروجين** $(HF_{(aq)})$ تركيزه $C_1 = 0,2\ mol.L^{-1}$.
* $V_2 = 10mL$ من **محلول فلورور الصوديوم** $(Na^+ + F^-)$ تركيزه $C_2 = 0,1\ mol.L^{-1}$.
* $V_3 = 25mL$ من **محلول حمض الميثانويك** $(HCOOH)$ تركيزه $C_3 = 0,1\ mol.L^{-1}$.
* $V_4 = 25mL$ من **محلول ميثانوات الصوديوم** $(Na^+ + HCOO^-)$ تركيزه $C_4 = 0,2\ mol.L^{-1}$.

التفاعل يتم بين **فلورور الهيدروجين** و**أيون الميثانوات** .

نعطي : $pK_A(HF/F^-) = pK_{A1} = 3,2$ و $pK_A(HCOOH/HCOO^-) = pK_{A2} = 3,8$

نعتبر أن الحمض والقاعدة المكون لكل مزدوجة يتفاعل بشكل جد محدود مع الماء ، لذا يكون تركيزه مساوٍ لتركيز المذاب .

1- اكتب معادلة التفاعل الحاصل .
2- احسب خارج التفاعل في الحالة البدئية $Q_{r,i}$.
3- أوجد تعبير ثابتة التوازن لهذا التحول ثم احسب قيمتها .
4- استنتج منحى تطور المجموعة الكيميائية .
5- أنجز الجدول الوصفي لهذا التحول ، ثم أوجد قيمة التقدم عند التوازن x_{eq} .
6- احسب τ نسبة التقدم النهائي . استنتج .

تمرين 6 :

نضع في كأس حجما $V_1 = 40\ mL$ من **محلول نترات الفضة** تركيزه $C_1 = 0,1\ mol.L^{-1}$ ، ونضيف إليه حجما $V_2 = 40mL$ من **محلول نترات النحاس II** تركيزه $C_2 = 5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

1- احسب التركيزين البدئيين $[Cu^{2+}]_i$ و $[Ag^+]_i$ في الخليط .
2- نغمر في الكأس سلكا من النحاس وآخر من الفضة .
2-1- اكتب معادلة التفاعل الممكن حدوثه والذي يكون فيه فلز النحاس متفاعلا .
ثابتة التوازن المقرونة بهذا التفاعل : $K = 2,2\ 10^{15}$.
2-2- احسب خارج التفاعل في الحالة البدئية .
2-3- حدد منحى تطور المجموعة . ما الملاحظة التجريبية التي ستؤكد ذلك ؟
2-4- حدد تركيز أيونات الفضة عند حالة التوازن علما أن فلز النحاس موجود بوفرة .
2-5- هل يمكن اعتبار التحول كلي ؟