حالة توازن مجموعة كيميائية

I ـ خارج التفاعل Q_r .

لدراسة حالة مجموعة كيميائية نستعمل مقدار يميز التحول الحاصل في كل لحظة يسمى خارج التفاعل ونرمز له ب Q_r .

1 ـ حالة مجموعة تحتوي فقط على أنواع مذابة .

نعتبر مجموعة كيميائية تخضع لتحول كيميائي ننمذجه بالمعادلة التالية:

$$aA(aq) + bB(aq) \rightleftharpoons cC(aq) + dD(aq)$$

الأنواع الكيميائية A و B و C و D مذابة في محلول مائي . a و b و c و d معاملات التناسبية أو الستوكيومترية .

يعرف خارج التفاعل المقرون بالتفاعل في المنحى (1) المنحى المباشر بالنسبة لحالة معينة للمجموعة الكيميائية بالعلاقة :

$$Q_r = \frac{[C]^c.[D]^d}{[A]^a.[B]^b}$$

[X] يمثل العدد الذي يقيس التركيز المولي الفعلي للنوع X نعبر عنه ب mol/ℓ في حالة معينة للمجموعة. يمكن أن تكون هذه الحالة بدئية $[X_i]$ أو حالة نهائية $[X_f]$ أو حالة ما [X] لمجمعة أثناء تطورها .

تمرين تطبيقي 1

نعتبر التفاعل بين ثنائي اليود $I_2(aq)$ المذاب في الماء و أيونات تيومبريتات $S_2O_3^{2-}(aq)$

معادلة التفاعل هي : $I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$

في اللحظة t ، تكون تراكيز الأنواع الكيميائية المذابة هي :

$$[I_2] = 1,0.10^{-3} mol/\ell$$

$$[S_2O_3^{2-}] = 2,0.10^{-3} mol/\ell$$

$$[I^-] = 5,0.10^{-2} mol/\ell$$

$$[S_4O_6^{2-}] = 2,0.10^{-4} mol/\ell$$

أحسب خارج التفاعل المقرون بالتحول الحاصل في المنحى المباشر (1)؟

جميع الأنواع الكيميائية مذابة في الماء ، إذن خارج التفاعل ، عند اللحظة t المقرون بالتحول الحاصل في المنحى المباشر هو :

$$Q_r = \frac{[I^-]^2.[S_4O_6^{2-}]}{[I_2].[S_2O_3^{2-}]^2} = 125$$

يعبر عن خارج التفاعل بعدد دون وحدة .

تمرين تطبيقي 2

نعتبر التفاعل بين حمض الإيثانويك والماء ننمذجه بالمعادلة التالية :

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

1 ـ أعط تعبير خارج التفاعل المقرون بالتحول في المنحى المباشر (1).

$$Q_r = \frac{[CH_3COO^-].[H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

2 ـ نجد في اللحظة t :

$$\left[CH_3COO^-\right]_t = \left[H_3O^+\right]_t = 1,2.10^{-4}\,mol/\ell$$
$$\left[CH_3COOH\right]_t = 9,6.10^{-4}\,mol/\ell$$

أحسب خارج هذا التفاعل في اللحظة t

$$Q_r = 1,5.10^{-5}$$

ملحوظة :

عن خارج التفاعل بدون وحدة .

2 ـ حالة مجموعة تحتوي على أجسام صلبة .

نعتبر تفاعل أكسدة فلز النحاس بأيونات الفضة $Ag^+(aq)$ حسب المعادلة التالية :

$$Cu(s) + 2Ag^+(aq) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

المجموعة غير متجانسة لكونها تضم أجساما صلبة .

في لحظة t تضم المجموعة كل من النوعين الكيميائين المذابين Ag^+ و Cu^{2+} وكذلك الفليزين Ag و Cu .

تركيز الجسم الصلب غير معروف لذا نعوضه بالعدد 1 في خارج التفاعل عند اللحظة t ، وبالتالي يكون خارج التفاعل هو :

$$Q_r = \frac{\left[Cu^{2+}\right]}{\left[Ag^+\right]^2}$$

اصطلاح :

تمرين تطبيقي 3

1 ـ أكتب معادلات ترسيب كلورور الفضة $AgC\ell$ وكبريتات الفضة Ag_2SO_4 ، ومعادلة دوبان فوسفات الفضة Ag_3PO_4 .

2 ـ أعط في كل حالة ، تعبير خارج التفاعل .

3 ـ خارج التفاعل عند حالة التوازن

1 ـ تعريف :

نسمي خارج التفاعل عند التوازن $Q_{r.eq}$ القيمة التي يأخذها خارج التفاعل عندما تكون المجموعة المدروسة في حالة التوازن .

عندما تصل المجموعة إلى حالة التوازن ، تبقى التراكيز المولية الفعلية لمختلف الأنواع الكيميائية المكونة لهذه المجموعة ثابتة خلال الزمن ، وتأخذ قيما $[X]_{eq}$ معينة يمكن تحديدها بطرق مختلفة مثلا قياس المواصلة أو (الموصلية)

نشاط تجريبي : تحديد قيمة خارج التفاعل بقياس الموصلية .

نغمر خلية قياس في حجم V لمحلول S لحمض الإيثانويك تركيزه $C=1,0.10^{-3}mol/\ell$ ، فنجد قيمة موصلية المحلول عند 25°C هي : $\sigma = 5,2mS.m^{-1}$.

1 ـ حدد في حالة التوازن التراكيز المولية الفعلية للأنواع الكيميائية المذابة .

نعطي عند درجة الحرارة 25°C :

$$\lambda_{H_3O^+} = 35,0mS.m^2.mol^{-1}$$

$$\lambda_{CH_3COO^-} = 4,09mS.m^2.mol^{-1}$$

2 ـ استنتج قيمة خارج التفاعل $Q_{r,éq}$ ، عند التوازن .

II ـ ثابتة التوازن المقرونة بتحول كيميائي .

هل تتعلق قيمة خارج التفاعل ، في حالة توازن مجموعة بالحالة البدئية ؟

نشاط تجريبي 2 : تأثير الحالة البدئية على خارج التفاعل في حالة التوازن .

نقيس الموصلية σ لمحاليل حمض الإيثانويك ذات تراكيز مولية مختلفة عند درجة الحرارة 25°C وندون النتائج في الجدول التالي :

$C(mol/\ell)$	$1,0.10^{-2}$	$5,0.10^{-3}$	$2,0.10^{-3}$	$1,0.10^{-3}$
$\sigma(S.m^{-1})$	$16,2.10^{-3}$	$11,4.10^{-3}$	$6,9.10^{-3}$	$4,9.10^{-3}$

1

التفاعل $Q_{r,éq}$ عند التوازن ، بالنسبة لكل محلول .

نعطي :

$$\lambda_{H_3O^+} = 35,0 mS.m^2.mol^{-1}$$

$$\lambda_{CH_3COO^-} = 4,09 mS.m^2.mol^{-1}$$

2 ـ ماذا نستنتج ؟

خلاصة :

عند درجة حرارة معينة ، يكون خارج التفاعل عند التوازن ثابتا أيا كانت الحالة البدئية للمجموعة .

1 ـ تعريف ثابتة التوازن

بالنسبة لتفاعل معين ، يأخذ خارج التفاعل عند التوازن قيمة $Q_{r,éq}$; تسمى ثابتة التوازن K ولاتتعلق إلا بدرجة الحرارة .

تكتب ثابتة التوازن ، بالنسبة لتفاعل في محلول مائي ، منمذج بالمعادلة

$$aA(aq) + bB(aq) \rightleftharpoons cC(aq) + dD(aq)$$

على الشكل التالي : $$K = Q_{r,éq} = \frac{[C]_{éq}^c . [D]_{éq}^d}{[A]_{éq}^a . [B]_{éq}^b}$$

ملحوظة : يعبر عن ثابتة التوازن بعدد بدون وحدة .

2 ـ ثابتة التوازن لتحول كلي

نعتبر أن التفاعل كليا عندما يكون تركيز المتفاعل المحد تقريبا منعدما أو يؤول إلى قيمة جد صغيرة أي عندنا تكون K كبيرة جدا ($K>10^4$) .

في هذه الحالة نستعمل سهما منفردا في المعادلة الحصيلة .

مثال : تفاعل كلورور الهيدروجين مع الماء فاعل كلي :

$$HC\ell(g) + H_2O(\ell) \rightarrow C\ell^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

3 ـ ثابتة التوازن في المنحى غير المباشر

نعتبر التفاعلين اللذين يحدثان في المنحيين (1) و (2) :

$$aA(aq) + bB(aq) \rightarrow cC(aq) + dD(aq) \quad K_1$$

$$cC(aq) + dD(aq) \rightarrow aA(aq) + bB(aq) \quad K_2$$

عند التوازن يكون تعبير ثابتة التوازن بالنسبة لكل تفاعل هو تعبير خارج التفاعل عند التوازن

$$K_1 = Q_{r1,éq} = \frac{[C]_{éq}^c . [D]_{éq}^d}{[A]_{éq}^a . [B]_{éq}^b}$$

$$K_2 = Q_{r2,éq} = \frac{[A]_{éq}^a . [B]_{éq}^b}{[C]_{éq}^c . [D]_{éq}^d}$$

من العلاقتين نستنتج أن : $$K_1 = \frac{1}{K_2}$$

تمرين تطبيقي 3

نعتبر تفاعل ترسيب كلورور الفضة حيث ثابتة توازنه هي $K_1=5,5.10^{10}$. بينما تفاعل ذوبان كلورور الفضة في الماء ثابتة توازنه $K_2=1,8.10^{-10}$.

1 ـ أحسب تراكيز الأنواع الأيونية Ag^+ و $C\ell^-$ الموجودة في كل محلول .

2 ـ ماذا تستنتج ؟

أن التفاعل في المنحى المباشر هو تفاعل كلي . بينما في المنحى غير المباشر أي ذوبان كلورور الفضة في الماء هو تفاعل جد محدود .

III ـ الوسائط المؤثرة على نسبة التقدم النهائي

1 ـ تأثير الحالة البدئية على نسبة التقدم النهائي .

نشاط تجريبي 3

نقيس موصلية أربعة محاليل لحمض الإيثانويك ذات تراكيز مختلفة بواسطة مقياس المواصلة ونحصل على الجدول التالي :

$C(mol/\ell)$	$1,0.10^{-2}$	$5,0.10^{-3}$	$2,0.10^{-3}$	$1,0.10^{-3}$
$\sigma(S.m^{-1})$	$16,2.10^{-3}$	$11,4.10^{-3}$	$6,9.10^{-3}$	$4,9.10^{-3}$

1 ـ أحسب نسبة التقدم النهائي بالنسبة لكل حالة

2 ـ ماذا تستنتج ؟

خلاصة :

تتعلق قيمة نسبة التقدم النهائي بالحالة البدئية للمجموعة ، فكلما كانت التراكيز صغيرة ، كانت نسبة التقدم النهائي كبيرة .

2 ـ تأثير ثابتة التوازن على نسبة التقدم النهائي .

كيف تمكن ثابتة التوازن الكيميائي من توقع نسبة التقدم النهائي لتفاعل ؟

نشاط تجريبي 4 : مقارنة نسبة التقدم النهائي لتفاعلين .

نأخذ محلولين حمضين لهما نفس التركيز $C=1,0.10^{-2}mol/\ell$.

محلول S_1 محلول حمض الإيثانويك و محلول S_2 محلول حمض الميتانويك .

ثابتة التوازن لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء : $K_1=1,6.10^{-5}$

ثابتة التوازن لتفاعل حمض الميثانويك مع الماء : $K_2=1,6.10^{-4}$.

نقيس موصليتي المحلولين S_1 و S_2 فنجد تباعا :

$\sigma_1 = 153\mu S.cm^{-1}$ و $\sigma_2 = 510\mu S.cm^{-1}$

1

S_2 و $_1$ ؟

2 ـ حدد نسبة التقدم النهائي لكل تفاعل ؟

$\lambda_{H_3O^+} = 35,0mS.m^2.mol^{-1}$

$\lambda_{CH_3COO^-} = 4,09mS.m^2.mol^{-1}$

$\lambda_{HCOO^-} = 5,46mS.m^2.mol^{-1}$

خلاصة :

كلما كانت ثابتة التوازن كبيرة ، كانت نسبة التقدم النهائي مرتفعة .