الدرس رقـــــــم 4 الجزء الثاني: التحولات الكلية وغير الكلية	حالة توازن مجموعة كيميائية Etat d'équilibre d'un système chimique	السنة الثانية بكالوريا الأستاذ: أســـــامة سطيع

I. خارج التفاعل Q_r Quotient de réaction

1. تعريف

نعتبر التحول الكيميائي المحدود المعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$\alpha A + \beta B \rightleftarrows \gamma C + \lambda D$$

بحيث A, B, C و D أنواع كيميائية و α, β, γ و λ معاملات ستوكيومترية
نعبر عن خارج التفاعل Q_r عند لحظة معينة بالعلاقة التالية:

$$Q_r = \frac{[C]^{\gamma}.[D]^{\lambda}}{[A]^{\alpha}.[B]^{\beta}}$$

بحيث Q_r مقدار بدون وحدة و $[X]$ يمثل العدد الذي يقيس التركيز المولي الفعلي ل X المعبر عنه بوحدة $mol.L^{-1}$

ملحوظة:

- **تتدخل في تعبير Q_r تراكيز الأنواع الكيميائية المذابة فقط.**
- **لا تعتبر الأنواع الكيميائية الصلبة (s) والغازات (g) في خارج التفاعل حيث تمثل ب 1.**
- **في محلول يلعب فيه الماء دور المذيب يكون $[H_2O] = 1$**

امثلة:

معادلة التفاعل	خارج التفاعل Q_r
$CH_3COOH_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)} \rightleftarrows CH_3COO^-_{(aq)} + HCOOH_{(aq)}$	$Q_r = \frac{[CH_3COO^-].[HCOOH]}{[CH_3COOH].[HCOO^-]}$
$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$	$Q_r = \frac{[CH_3COO^-].[H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2HO^-_{(aq)} \rightleftarrows Cu(OH)_{2\,(s)}$	$Q_r = \frac{1}{[Cu^{2+}].[HO^-]^2}$

2. خارج التفاعل عند التوازن $Q_{r,éq}$

1.2 تعريف

خارج التفاعل عند التوازن $Q_{r,éq}$، هو القيمة التي يأخذها خارج التفاعل عندما تكون المجموعة الكيميائية في حالة توازن حيث تبقى التراكيز المولية الفعلية للأنواع الكيميائية ثابتة خلال الزمن ويعبر عن بالعلاقة التالية:

$$Q_{r,éq} = \frac{[C]^{\gamma}_{éq}.[D]^{\lambda}_{éq}}{[A]^{\alpha}_{éq}.[B]^{\beta}_{éq}}$$

ملحوظة: يمكن تحديد هذه التراكيز بواسطة تقنيات مختلفة: قياس المواصلة – قياس ***Hp*** - المعايرة .....

2.2 تحديد خارج التفاعل عند التوازن بواسطة قياس المواصلة

1. تذكير

المواصلة G لعمود محلول الكتروليتي هي $G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$ و $G = \sigma.\frac{S}{L}$ حيث S مساحة صفيحة خلية القياس و L *المسافة بين صفيحتي*

الخلية* و σ *موصلية المحلول مع* $\sigma = \sum \lambda_i.[X_i]$ و λ_i *الموصلية المولية الأيونية

2. تطبيق 1

نغمر خلية قياس المواصلة المكونة من صفحتي النحاس في محلول مائي لحمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه $C = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ ثم نقيس التوتر $U = 2\ V$ وشدة التيار $I = 0,76\ mA$
المعطيات:

$$\lambda_{H_3O^+} = 35\ mS.m^2.mol^{-1} \text{ و } \lambda_{CH_3COO^-} = 4,09\ mS.m^2.mol^{-1}$$

1. احسب المواصلة G؟

2. علما ان المسافة بين صفيحتي النحاس هي $L = 8\ cm$ ومساحة الصفيحة المغمورة في المحلول هي $S = 20\ cm^2$. احسب موصلية الجزء من المحلول المحصور بين الصفيحتين؟
3. أنشئ الجدول الوصفي وحدد في حالة التوازن التراكيز المولية الفعلية للأنواع الكيميائية المذابة؟
4. احسب خارج التفاعل عند التوازن؟

II. ثابتة التوازن المقرونة بتحول كيميائي

1. ثابتة التوازن K Constante d'équilibre

نقرن بكل معادلة تفاعل ثابتة تسمى ثابتة التوازن K. في حالة التوازن يأخذ خارج التفاعل $Q_{r,éq}$ قيمة ثابتة التوازن K أي $K = Q_{r,éq}$.

بالنسبة لتفاعل في محلول مائي المعبر عنه

$$\alpha A + \beta B \rightleftarrows \gamma C + \lambda D$$

ثابتة التوازن:

$$K = Q_{r,éq} = \frac{[C]_{éq}^{\gamma} . [D]_{éq}^{\lambda}}{[A]_{éq}^{\alpha} . [B]_{éq}^{\beta}}$$

ملحوظة:

- تتعلق قيمة ثابتة التوازن K فقط بطبيعة المتفاعلات وبدرجة الحرارة
- العلاقة بين ثابتتي التوازن K_1 و K_2 لتفاعلين يحدثان في منحيين متعاكسين هي: $K_1 = \frac{1}{K_2}$
- نعتبر التفاعل كليا إذا كان $K > 10^4$

2. تطبيق 2

نعتبر تفاعل الترسب بين أيونات الفضة وأيونات الكلورور التالي: $Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)}$ بحيث $K = 5,5 . 10^{10}$

1. هل تفاعل الحاصل تفاعل كلي ام محدود؟
2. حدد تعبير K ثابتة التوازن بدلالة التراكيز المولية الفعلية للأنواع الكيميائية؟
3. اكتب معادلة ذوبان كلورور الفضة الصلب في الماء؟
4. احسب ثابتة التوازن K' المقرونة بالتفاعل ذوبان كلورور الفضة في الماء؟
5. هل تفاعل ذوبان كلورور الفضة الصلب في الماء كلي ام محدود؟

III. العوامل المؤثرة على نسبة التقدم النهائي لتفاعل كيميائي

1. تأثير الحالة البدئية

1.1 نشاط 1

نقيس الموصلية σ لثلاث محاليل من حمض الإيثانويك ذات تراكيز مختلفة عند درجة الحرارة 25°C. ندون النتائج في الجدول اسفله

المحاليل	S_1	S_2	S_3
$C\ (mol.L^{-1})$	5.10^{-2}	10^{-2}	5.10^{-3}
$\sigma\ (mS.m^{-1})$	34,3	15,3	10,7

المعطيات:

$$\lambda_{H_3O^+} = 35\ mS.m^2.mol^{-1} \text{ و } \lambda_{CH_3COO^-} = 4,09\ mS.m^2.mol^{-1}$$

1. أكتب معادلة تفاعل حمض الايثانويك في الماء؟
2. أنشئ الجدول الوصفي؟
3. اعط تعبير τ بدلالة C و σ و $\lambda_{H_3O^+}$ و $\lambda_{CH_3COO^-}$؟
4. أحسب نسبة التقدم النهائي τ بالنسبة لكل حالة؟
5. ماذا تستنتج؟

2.1 خلاصة

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

2. تأثير ثابتة التوازن

1.2 نشاط 2

نعتبر التفاعل الكيميائي الحاصل بين النوعين الكيميائيين A و B والمعبر عنه بمعادلة التالية:

$$A_{(aq)} + B_{(aq)} \longrightarrow C_{(aq)} + D_{(aq)}$$

للمتفاعلات نفس التركيز البدئي C أي $n_0(A) = n_0(B)$

1. أنشئ الجدول الوصفي؟

2. بين ان تعبير ثابتة التوازن تكتب كما يلي $K = \frac{\tau^2}{(1-\tau)^2}$ بحيث τ نسبة التقدم النهائي؟
3. استنتج ان $\tau = \frac{1}{1+\frac{1}{\sqrt{K}}}$؟
4. ماذا تستنتج؟

2.2 خلاصة

تتعلق نسبة التقدم النهائي τ بثابتة التوازن K، فكلما كانت ثابتة التوازن كبيرة، كانت نسبة التقدم النهائي مرتفعة.