

حالة توازن مجموعة كيميائية

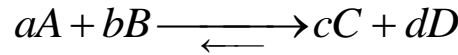
Etat d'équilibre d'un système chimique

**4**

I – خارج التفاعل :

1 – تعريف :

نعتبر التفاعل المحدود و المقرون بالمعادلة التالية :



نسمي خارج التفاعل  $Q_r$  المقدار المعبر عنه بالعلاقة :

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

حيث مثلا  $[C]$  تمثل عدد بدون وحدة يساوي القيمة العددية لتركيز النوع  $C$  المعبر عنه بوحدة  $mol.l^{-1}$ .

❖ ملحوظة :

- تتدخل في تعبير  $Q_r$  تراكيز الأنواع الكيميائية المذابة فقط.

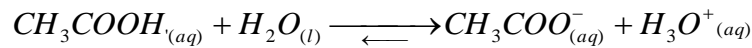
- في محلول يلعب الماء دور المذيب حيث  $[H_2O] = 1$ .

- إذا كان جسم صلب  $X$  في المجموعة الكيميائية فإن  $[X] = 1$

- لا نتطرق للغازات غير المذابة في الماء لأنها تكون طوراً غازياً يعبر عنه بالضغط.

2 – حالة وسط متجانس :

❖ مثال :

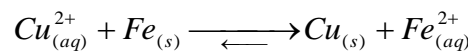


$$Q_r = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

خارج التفاعل :

3 – حالة وسط غير متجانس :

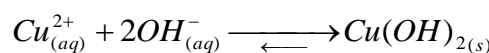
❖ مثال 1 : أكسدة فلز الحديد Fe بأيونات النحاس  $Cu^{2+}$  II :



$$Q_r = \frac{[Fe^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

خارج التفاعل :

❖ مثال 2 : معادلة الترسيب



$$Q_r = \frac{1}{[Cu^{2+}][OH^-]^2}$$

❖ مثال :

سوق أربعاء الغرب

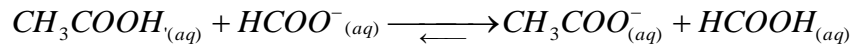
الفيزياء و الكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي

نعتبر مجموعة مكونة من حمض الميثانويك و أيونات الميثانوات و حمض الإيثانويك و أيونات الإيثانوات .

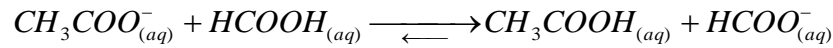
يمكن لهذه المجموعة أن تتطور في منحنيين :

• منحى تكون الميثانويك :



$$Q_{r1} = \frac{[CH_3COO^{-}][HCOOH]}{[CH_3COOH][HCOO^{-}]}$$

• منحى تكون أيونات الميثانوات :



$$Q_{r2} = \frac{[CH_3COOH][HCOO^{-}]}{[CH_3COO^{-}][HCOOH]}$$

$$Q_{r2} = \frac{1}{Q_{r1}}$$

نلاحظ أن :

✓ بصفة عامة :

- يتعلق خارج التفاعل  $Q_r$  بمنحى كتابة المعادلة :  $Q_{r2} = \frac{1}{Q_{r1}}$

- يتعلق خارج التفاعل  $Q_r$  بتقدم التفاعل  $x$  .

❖ تطبيق :

## II - حالة التوازن لمجموعة الكيميائية :

### 1 - تذكير : قياس الموصلية :

تميز الموصلية  $G = \frac{1}{R}$  قدرة المحلول الإلكتروليتي على توصيل التيار الكهربائي و تتعلق بموصلية المحلول  $\sigma$  :  $G = \sigma \cdot \frac{S}{l}$

S : مساحة صفيحة الخلية ب  $m^2$  .

l : المسافة بين صفيحتي الخلية ب m .

$\sigma$  : الموصلية ب  $S.m^{-1}$

G : الموصلية ب S (سيمنس)

$$\sigma = k.G$$

حيث k تسمى ثابتة الخلية ب  $m^{-1}$

بالنسبة لمحلول إلكتروليتي مخفف يحتوي على أيونات  $X_i$  تراكيزها المولية  $[X_i]$  نعبر عن موصلية المحلول بالعلاقة :

$$\sigma = \sum_i^n \lambda_{X_i} \cdot [X_i]$$

مع  $\lambda_{X_i}$  : الموصلية المولية الأيونية للأيون : ب  $S.m^2.mol^{-1}$

### 2 - خارج التفاعل فى حالة التوازن :

سوق أربعاء الغرب

الفيزياء و الكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي

$$x_f = x_{eq}$$

عند حالة التوازن نرمز لخارج التفاعل ب  $Q_{r,eq}$  و تقدم التفاعل النهائي ب  $x_{eq}$  حيث :

يمكن تحديد قيمة خارج التفاعل عند التوازن ب  $Q_{r,eq}$  انطلاقا من قياس الموصلية  $G$  أو الموصلية  $\sigma$  أو pH وذلك بالتعبير عن  $Q_{r,eq}$  بدلالة التراكيز أو تقدم التفاعل  $x_{eq}$ .

❖ مثال :

ندرس التفاعل بين محلولين لحمض الإيثانويك ذات تركيزين مختلفين والماء عند درجة حرارة ثابتة بقياس الموصلية  $\sigma$ .

نعطي : - المحلول (S<sub>1</sub>) :  $C_1 = 5.10^{-2} mol.l^{-1}$  و  $\sigma_{eq} = 0,372 mS.cm^{-1}$

- المحلول (S<sub>2</sub>) :  $C_1 = 5.10^{-3} mol.l^{-1}$  و  $\sigma_{eq} = 0,114 mS.cm^{-1}$

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



ننشئ الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة التفاعل	تقدم التفاعل	كمية المادة ب mol			
الحالة البدئية	0	$C_i V$	وفير	0	0
خلال التفاعل	x	$C_i V - x$	وفير	x	x
الحالة النهائية	$X_{eq}$	$C_i V - x_f$	وفير	$X_{eq}$	$X_{eq}$

$$Q_{r,eq} = \frac{[CH_3COO^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}}$$

✓ خارج التفاعل عند التوازن :

$$\sigma_{eq} = \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [CH_3COO^-] + \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+]$$

لدينا الموصلية عند التوازن :

$$[CH_3COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$$

و من خلال الجدول لدينا :

$$\sigma_{eq} = (\lambda_{CH_3COO^-} + \lambda_{H_3O^+}) \frac{x_{eq}}{V}$$

$$x_{eq} = \frac{\sigma_{eq} \cdot V}{\lambda_{CH_3COO^-} + \lambda_{H_3O^+}}$$

$$[CH_3COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = \frac{\sigma_{eq}}{\lambda_{CH_3COO^-} + \lambda_{H_3O^+}}$$

$$[CH_3COOH]_{eq} = C_i - \frac{x_{eq}}{V} = C_i - [H_3O^+]_{eq}$$

✓ بالنسبة للمحلول (S<sub>1</sub>) :

$$[CH_3COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = \frac{0,372 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3}}{(4,09 + 35) \cdot 10^{-3}} = 9,52 \cdot 10^{-4} mol.l^{-1}$$

$$[CH_3COOH]_{1\acute{e}q} = 5.10^{-2} - 9.5.10^{-4} = 4.9.10^{-2} mol.l^{-1}$$

$$Q_{r1,\acute{e}q} = \frac{[CH_3COO^-]_{1\acute{e}q} \cdot [H_3O^+]_{1\acute{e}q}}{[CH_3COOH]_{1\acute{e}q}} = \frac{[H_3O^+]_{1\acute{e}q}^2}{[CH_3COOH]_{1\acute{e}q}} = \frac{(9.52.10^{-4})^2}{4.9.10^{-2}}$$

$$Q_{r1,\acute{e}q} = 1.8.10^{-5}$$

✓ بالنسبة للمحلول (S<sub>2</sub>) :

$$[CH_3COO^-]_{2\acute{e}q} = [H_3O^+]_{2\acute{e}q} = \frac{0.114.10^2.10^{-3}}{(4.09 + 35).10^{-3}} = 2.92.10^{-4} mol.l^{-1}$$

$$[CH_3COOH]_{2\acute{e}q} = 5.10^{-3} - 2.92.10^{-4} = 4.7.10^{-3} mol.l^{-1}$$

$$Q_{r2,\acute{e}q} = \frac{[CH_3COO^-]_{2\acute{e}q} \cdot [H_3O^+]_{2\acute{e}q}}{[CH_3COOH]_{2\acute{e}q}} = \frac{[H_3O^+]_{2\acute{e}q}^2}{[CH_3COOH]_{2\acute{e}q}} = \frac{(2.92.10^{-4})^2}{4.7.10^{-3}}$$

$$Q_{r2,\acute{e}q} = 1.8.10^{-5}$$

$$Q_{r1,\acute{e}q} = Q_{r2,\acute{e}q}$$

نلاحظ أن :

❖ بصفة عامة :

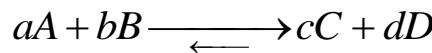
لا تتعلق قيمة خارج التفاعل عند حالة التوازن  $Q_{r,\acute{e}q}$  بالحالة البدئية للمجموعة الكيميائية (التركيز البدئي).

### 3 - ثابتة التوازن المقرونة بتفاعل كيميائي :

نقرن بكل معادلة تفاعل ثابتة تسمى ثابتة التوازن K .

في حالة التوازن يأخذ خارج التفاعل  $Q_{r,\acute{e}q}$  قيمة ثابتة التوازن K

$$Q_{r,\acute{e}q} = K$$



$$K = Q_{r,\acute{e}q} = \frac{[C]_{\acute{e}q}^c \cdot [D]_{\acute{e}q}^d}{[A]_{\acute{e}q}^a \cdot [B]_{\acute{e}q}^d}$$

ثابتة التوازن :

❖ بصفة عامة :

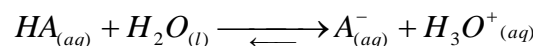
- تتعلق ثابتة التوازن التوازن K بطبيعة المتفاعلات (نوع المتفاعلات).

- تتعلق ثابتة التوازن التوازن K بدرجة الحرارة.

### III - العوامل المؤثرة على نسبة التقدم النهائي $\tau$ لتفاعل كيميائي :

#### 1 - تأثير ثابتة التوازن K :

بالنسبة لتفاعل حمض مع الماء :



$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{x_{\acute{e}q}}{x_{\max}}$$

لدينا نسبة التقدم :

سوق أربعاء الغرب

الفيزياء و الكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي

- يمكن حساب التقدم الأقصى من خلال الجدول :  $x_{\max} = C.V$

- يمكن حساب التقدم النهائي من خلال الجدول :  $x_{\text{eq}} = \frac{\sigma_{\text{eq}}.V}{\lambda_{A^-} + \lambda_{H_3O^+}}$

بالنسبة لمحاليل أحماض مختلفة ذات التركيز نفسه نلاحظ اختلاف قيمة  $\tau$  من تفاعل لآخر، وبما أن ثابتة التوازن تميز معادلة تفاعل الحمض مع الماء فإن قيمة نسبة التقدم النهائي للتفاعل  $\tau$  تتغير مع ثابتة التوازن  $K$ .

محلول حمض	الإيثانويك	الميثانويك	البنزويك
تركيز ب $mol.l^{-1}$	$5.10^{-2}$	$5.10^{-2}$	$5.10^{-2}$
ثابتة التوازن $K$	$1,8.10^{-5}$	$1,8.10^{-4}$	$6,4.10^{-5}$
$\tau$	2 %	6 %	3 %

❖ بصفة عامة :

تتعلق نسبة التقدم النهائي للتفاعل بثابتة التوازن  $K$  الموافق لمعادلة التفاعل :

## 2 - تأثير الحالة البدئية للمجموعة الكيميائية :

يمكن حساب نسبة التقدم النهائي لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء بالنسبة لتركيز بدئية مختلفة :

$$\tau = \frac{x_{\text{eq}}}{x_{\max}} = \frac{[H_3O^+]_{\text{eq}}}{C_i}$$

التركيز البدئي $C_i (mol.l^{-1})$	$5.10^{-2}$	$5.10^{-3}$	$5.10^{-4}$
$\tau$	2 %	6 %	17 %

نلاحظ أن نسبة التقدم النهائي للتفاعل تتغير حسب التركيز البدئي للحمض حيث تزداد نسبة التقدم النهائي كلما قل التركيز أي زيادة تفكك الحمض في الماء.

❖ بصفة عامة :

تتعلق نسبة التقدم النهائي  $\tau$  بالحالة البدئية للمجموعة الكيميائية (التركيز البدئي).

## المعجم العلمي

État d'équilibre

حالة التوازن

Quotient de réaction

خارج التفاعل

Base conjugué

Constante d'équilibre

ثابتو التوازن

Electrolyte