هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

بسم الله الرحمن الرحيم
السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

الثانية باكالوريا
الكيمياء

حالة توازن مجموعة كيميائية

Etat d'équilibre d'un systeme chimique

الجزء الثاني :
التحولات غير الكلية لمجموعة كيميائية
الوحدة 4
4 س / 5 س

1- خارج التفاعل Q_r :

خارج التفاعل Q_r مقدار يميز مجموعة كيميائية في حالة معينة . وبالتالي تتبع تطور المجموعة .

1-1- تعريف :

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

حيث **توجد المتفاعلات** (A و B) **والنواتج** (C و D) **في محلول مائي** و α ، β ، γ ، δ معاملات تناسبية .

نسمي **خارج التفاعل** Q_r في حالة معينة للمجموعة الكيميائية ، المقدار المعبر عنه بالعلاقة :

$$Q_r = \frac{[C]^{\gamma}.[D]^{\delta}}{[A]^{\alpha}.[B]^{\beta}}$$ **وهو مقدار بدون وحدة**

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

لا تتدخل في تعبير Q_r إلا **التراكيز المولية الفعلية للأنواع المذابة** فقط .

1-2- أمثلة في حالة وسط متجانس :

المحلول المائي خليط متجانس ، يلعب فيه الماء دور المذيب و نأخذ $[H_2O] = 1\ mol.L^{-1}$ **في تعبير خارج التفاعل .**

$$CH_3COOH_{(aq)} + NH_{3(aq)} \leftrightharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$$

خارج التفاعل هو : $$Q_r = \frac{[CH_3COO^-_{(aq)}].[NH_4^+{}_{(aq)}]}{[CH_3COOH_{(aq)}].[NH_{3(aq)}]}$$

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

خارج التفاعل هو : $$Q_r = \frac{[HCOO^-_{(aq)}].[H_3O^+_{(aq)}]}{[HCOOH_{(aq)}]}$$

$$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(aq)} \leftrightharpoons S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)}$$

خارج التفاعل هو : $$Q_r = \frac{[S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}].[I^-_{(aq)}]^2}{[S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}]^2[I_{2(aq)}]}$$

ملحوظة :

نعتبر مجموعة مكونة من **حمض الإيثانويك** و**أيونات الإيثانوات** و**حمض الميثانويك** و **أيونات الميثانوات** ، يمكن لهذه المجموعة أن تتطور في منحيين :

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

✍ منحى تكون حمض الميثانويك (1) :

$$CH_3COOH_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)} \underset{(1)}{\overset{(2)}{\rightleftharpoons}} CH_3COO^-_{(aq)} + HCOOH_{(aq)}$$

خارج التفاعل هو : $Q_{r\,1} = \dfrac{[CH_3COO^-_{(aq)}].[HCOOH_{(aq)}]}{[CH_3COOH_{(aq)}].[HCOO^-_{(aq)}]}$

✍ منحى تكون حمض الإيثانويك (2) :

$$HCOOH_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} HCOO^-_{(aq)} + CH_3COOH_{(aq)}$$

خارج التفاعل هو : $Q_{r\,2} = \dfrac{[HCOO^-_{(aq)}].[CH_3COOH_{(aq)}]}{[CH_3COO^-_{(aq)}].[HCOOH_{(aq)}]}$

بصفة عامة ، يتعلق خارج التفاعل بمنحى كتابة معادلة التفاعل .

بالنسبة لتفاعلين عكوسين ، يساوي خارج تفاعل $Q_{r\,1}$ لمنحى معين مقلوب خارج تفاعل $Q_{r\,2}$

لمنحى التفاعل المعاكس : $Q_{r\,1} = \dfrac{1}{Q_{r\,2}}$.

3-1- أمثلة في حالة وسط غير متجانس :

بالنسبة لجسم صلب X في محلول نأخذ اصطلاحا $[X] = 1$ وبالتالي لا يظهر في تعبير Q_r .

مثال :

✍ أكسدة فلز النحاس $Cu_{(s)}$ بأيونات الفضة $Ag^+_{(aq)}$.

خارج التفاعل هو : $Cu_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \leftrightharpoons Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$ $\quad Q_r = \dfrac{[Cu^{2+}_{(aq)}]}{[Ag^+_{(aq)}]^2}$

✍ ترسيب فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_{2(s)}$.

خارج التفاعل هو : $3Ca^{2+}_{(aq)} + 2PO_4^{3-}_{(aq)} \leftrightharpoons Ca_3(PO_4)_{2(s)}$ $\quad Q_r = \dfrac{1}{[Ca^{2+}_{(aq)}]^3[PO_4^{3-}_{(aq)}]^2}$

تطبيـــــــق :

تحتوي مجموعة كيميائية ، حجمها $V = 20\,mL$ في البداية على $n_i(I^-) = 2.10^{-4}\,mol$ من أيونات اليودور و $n_i(S_2O_8^{2-}) = 5.10^{-5}\,mol$ من بيروكسو ثنائي كبريتات ، فيحدث تفاعل بطيء معادلته : $2I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} \leftrightharpoons I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$.

1- اعط تعبير خارج التفاعل Q_r .

2- عبر عن تراكيز المتفاعلات و النواتج بدلالة تقدم التفاعل x و كميات مادتها البدئية . استنتج تعبير Q_r بدلالة x .

3- احسب $Q_r(t=0)$ و $Q_r(t_{1/2})$ حيث $x(t_{1/2}) = 2,5.10^{-5}mol$.

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

الـحـــــل :

1- خارج التفاعل $Q_r = \dfrac{[I_{2(aq)}].[SO_{4(aq)}^{2-}]^2}{[I_{(aq)}^-]^2[S_2O_{8(aq)}^{2-}]}$

2-

معادلة التفاعل		$2I_{(aq)}^- + S_2O_{8(aq)}^{2-} \leftrightharpoons I_{2(aq)} + 2SO_{4(aq)}^{2-}$			
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة بالمول			
الحالة البدئية	0	0	0	$n_i(S_2O_8^{2-})$	$n_i(I^-)$
خلال التحول	x(t)	x	2x	$n_i(S_2O_8^{2-})$- x	$n_i(I^-) - 2x$
الحالة النهائية	x_f	x_f	$2x_f$	$n_i(S_2O_8^{2-})$- x_f	$n_i(I^-) - 2x_f$

لدينا $[I^-] = \dfrac{n_i(I^-)-2x}{V}$ و $[S_2O_8^{2-}] = \dfrac{n_i(S_2O_8^{2-})-x}{V}$ و $[I_2] = \dfrac{x}{V}$ و $[SO_4^{2-}] = \dfrac{2x}{V}$

إذن $Q_r = \dfrac{\frac{x}{V}.(\frac{2x}{V})^2}{(\frac{n_i(I^-)-2x}{V})^2\,(\frac{n_i(S_2O_8^{2-})-x}{V})} = \dfrac{4\,x^3}{(n_i(I^-)-2x)^2.(n_i(S_2O_8^{2-})-x)}$

3- لدينا $x(t=0) = 0$ إذن $Q_r(t=) = 0$

$$Q_r(t_{1/2}) = \frac{4\,x(t_{1/2})^3}{(n_i(I^-)-2x(t_{1/2}))^2.(n_i(S_2O_8^{2-})-x(t_{1/2}))}$$

$$Q_r\left(t_{1/2}\right) = \frac{4\,(2{,}5.10^{-5})^3}{(2.10^{-4}-2\times2{,}5.10^{-5})^2.(5.10^{-5}-2{,}5.10^{-5})} = 0{,}11$$

4-1- خارج التفاعل عند حالة التوازن :

1-4-1- تعريف :

نسمي **خارج التفاعل عند التوازن** $Q_{r,éq}$ ، القيمة التي يأخذها خارج التفاعل عندما تكون المجموعة المدروسة في **حالة توازن** حيث تبقى التراكيز المولية لجميع الأنواع الكيميائية المكونة لهذه المجموعة **ثابتة** خلال الزمن .

ملحوظة :

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

2-4-1- تحديد $Q_{r,éq}$ بواسطة قياس المواصلة :

تذكير : **المواصلة** G لعمود محلول إلكتروليتي 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

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

نغمر خلية قياس المواصلة في حجم V لمحلول S **لحمض الإيثانويك** تركيزه $C = 5{,}0.10^{-2} mol/L$ ، فنجد قيمة موصلية هذا المحلول ، عند $25°C$ هي : $\sigma = 343\ \mu S.cm^{-1}$.

أ - حدد في حالة التوازن ، التراكيز المولية الفعلية للأنواع الكيميائية المذابة .

عند $25°C$: $\lambda_{H_3O^+} = 35{,}0\ mS.m^2.mol^{-1}$ و $\lambda_{CH_3COO^-} = 4{,}09\ mS.m^2.mol^{-1}$

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة بالمول			
الحالة البدئية	0	0	0	بوفرة	n_0
خلال التحول	x(t)	x	x	بوفرة	$n_0 - x$
الحالة النهائية	x_f	x_f	x_f	بوفرة	$n_0 - x_f$

لدينا $\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{CH_3COO^-}[CH_3COO^-]$

من خلال الجدول الوصفي لدينا $[H_3O^+]_{éq} = [CH_3COO^-]_{éq}$

إذن $\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})[H_3O^+]_{éq}$

وبالتالي $[H_3O^+]_{éq} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}} = \frac{343.10^{-6}.10^2}{(35+4,09).10^{-3}} = 0,88\ mol.m^{-3}$

$$[CH_3COOH_{(aq)}]_{éq} = \frac{n_0 - x_f}{V} = \frac{n_0}{V} - \frac{x_f}{V} = C - [H_3O^+]_{éq} = 5.10^{-2} - 8,8.10^{-4}$$

$$[CH_3COOH_{(aq)}]_{éq} = 4,9.10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

ب - استنتج قيمة خارج التفاعل $Q_{r,éq}$ عند التوازن .

إذن $Q_{r,éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}.[CH_3COO^-]_{éq}}{[CH_3COOH_{(aq)}]_{éq}} = \frac{8,8.10^{-4} \times 8,8.10^{-4}}{4,9.10^{-2}} = 1,58.10^{-5}$

2- ثابتة التوازن المقرونة بتحول كيميائي :

2-1- تأثير الحالة البدئية على خارج التفاعل في حالة التوازن :

نقيس الموصلية σ لمحاليل حمض الإيثانويك ذات تراكيز مولية مختلفة ، عند درجة الحرارة $25°C$ ، فنجد النتائج التالية

$1,0.10^{-3}$	$5,0.10^{-2}$	$1,0.10^{-2}$	C (mol / L)
4,7	10,7	15,3	σ (mS / m)

أ- حدد التركيز المولي لأيونات الأوكسونيوم في كل محلول ، عند التوازن ، واستنتج قيمة خارج التفاعل $Q_{r,éq}$ عند التوازن بالنسبة لكل محلول .

عند $25°C$: $\lambda_{H_3O^+} = 35,0\ mS.m^2.mol^{-1}$ و $\lambda_{CH_3COO^-} = 4,09\ mS.m^2.mol^{-1}$

لدينا $[H_3O^+]_{éq} = [CH_3COO^-]_{éq}$ إذن $\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})[H_3O^+]_{éq}$

وبالتالي $[H_3O^+]_{éq} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}}$ إذن $Q_{r,éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}.[CH_3COO^-]_{éq}}{[CH_3COOH_{(aq)}]_{éq}} = \frac{[H_3O^+]_{éq}^2}{C - [H_3O^+]_{éq}}$

ندون النتائج في الجدول التالي :

$1,0.10^{-3}$	$5,0.10^{-2}$	$1,0.10^{-2}$	C (mol / L)
4,7	10,7	15,3	σ (mS / m)
$0,12.10^{-3}$	$0,27.10^{-3}$	$0,39.10^{-3}$	$[H_3O^+]_{éq}$ (mol / L)
$1,56.10^{-5}$	$1,54.10^{-5}$	$1,58.10^{-5}$	$Q_{r,éq}$

ب- ماذا تستنتج ؟

بصفة عامة ، لا تتعلق قيمة خارج التفاعل عند التوازن $Q_{r,éq}$ بالحالة البدئية للمجموعة الكيميائية .

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

2-2- ثابتة التوازن :

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 بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$\alpha\, A + \beta\, B \rightleftharpoons \gamma\, C + \delta\, D$$

تكتب ثابتة التوازن على الشكل التالي :

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

تتعلق قيمة ثابتة التوازن K فقط **بطبيعة المتفاعلات و بدرجة 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 $K > 10^4$.

3- نسبة التقدم النهائي في حالة التوازن :

3-1- تأثير الحالة البدئية :

نقيس الموصلية σ لثلاث محاليل من **حمض الإيثانويك** ذات تراكيز مختلفة عند درجة الحرارة $25°C$.

ندون النتائج في الجدول :

$5,0.10^{-3}$	$1,0.10^{-2}$	$5,0.10^{-2}$	C (mol / L)
10,7	15,3	34,3	σ (mS / m)

عند $25°C$: $\lambda_{H_3O^+} = 35,0\ mS.m^2.mol^{-1}$ و $\lambda_{CH_3COO^-} = 4,09\ mS.m^2.mol^{-1}$

أ- أنشئ الجدول الوصفي للتفاعل بين حمض الإيثانويك و الماء .

معادلة التفاعل	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة بالمول		
الحالة البدئية	0	n_0	بوفرة	0	0
خلال التحول	x(t)	$n_0 - x$	بوفرة	x	x
الحالة النهائية	x_f	$n_0 - x_f$	بوفرة	x_f	x_f

ب- اعط تعبير τ بدلالة C و σ و $\lambda_{H_3O^+}$ و $\lambda_{CH_3COO^-}$.

لدينا $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ و من خلال الجدول الوصفي لدينا $[H_3O^+]_{éq} = [CH_3COO^-]_{éq} = \frac{x_f}{V}$

إذن $[H_3O^+]_{éq}$ وبالتالي $\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})[H_3O^+]_{éq}$ $= \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}}$

حمض الإيثانويك هو المتفاعل المحد أي $n_0 - x_{max} = 0$ و بالتالي $x_{max} = n_0 = C.V$

إذن $\tau = \frac{[H_3O^+]_{éq}.V}{C.V} = \frac{\sigma}{C.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})}$ ندون النتائج في الجدول التالي :

$5,0.10^{-3}$	$1,0.10^{-2}$	$5,0.10^{-2}$	C (mol / L)
10,7	15,3	34,3	σ (mS / m)
$0,27.10^{-3}$	$0,39.10^{-3}$	$0,88.10^{-3}$	$[H_3O^+]_{éq}$ (mol / L)
0,054	0,039	0,018	τ

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

ج- ماذا تستنتج ؟

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

3-2- تأثير ثابتة التوازن :

نأخذ محلولين حمضين (S_1) و (S_2) لهما نفس التركيز $C = 1,0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

محلول (S_1) **لحمض الإيثانويك** و محلول (S_2) **لحمض الميثانويك** .

المحلول	ثابتة التوازن K	الموصلية σ(µS. Cm^{-1})
S_1	$1,6.10^{-5}$	153
S_2	$1,6.10^{-4}$	510

عند $25°C$: $\lambda_{H_3O^+} = 35,0\ mS.m^2.mol^{-1}$ و $\lambda_{CH_3COO^-} = 4,09\ mS.m^2.mol^{-1}$

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

أ- اكتب معادلة تفاعل كل حمض مع الماء .

حمض الإيثانويك $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

حمض الميثانويك $HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

ب- أنشئ الجدول الوصفي للتفاعل بين الحمض HA و الماء .

معادلة التفاعل		$HA_{(aq)}$ +	$H_2O_{(l)}$ ⇋	$A^-_{(aq)}$ +	$H_3O^+_{(aq)}$
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة بالمول			
الحالة البدئية	0	n_0	بوفرة	0	0
خلال التحول	x(t)	$n_0 - x$	بوفرة	x	x
الحالة النهائية	x_f	$n_0 - x_f$	بوفرة	x_f	x_f

ج- حدد نسبة التقدم النهائي لكل تفاعل .

لدينا $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ و من خلال الجدول الوصفي لدينا $[H_3O^+]_{éq} = [A^-]_{éq} = \frac{x_f}{V}$

إذن $[H_3O^+]_{éq}$ $\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})[H_3O^+]_{éq}$ وبالتالي $[H_3O^+]_{éq} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}}$

الحمض هو المتفاعل المحد أي $n_0 - x_{max} = 0$ و بالتالي $x_{max} = n_0 = C.V$

وبالتالي $\tau = \frac{n_{éq}(H_3O^+)}{n_0(HA)} = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{C} = \frac{\sigma}{C.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})}$

في المحلول (S_1) : $\tau_1 = \frac{\sigma_1}{C.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})}$ **في المحلول** (S_2) : $\tau_2 = \frac{\sigma_2}{C.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-})}$

ندون النتائج في الجدول

الحمض	نسبة التقدم النهائي τ
حمض الإيثانويك	0,039
حمض الميثانويك	0,126

د- ماذا تستنتج ؟

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

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma