

سلسلة تمارين حول : حالة توازن مجموعة كيميائية

(1) تمرين رقم 1 ص 73 (المفيد في الكيمياء)

1-1- اعط خارج التفاعل للمعادلة التالية:



2-1: كيف يكتب هذا التعبير إذا كان B هو الماء مستعملا كمذيب؟

3-1 : أعط تعريف ثابتة التوازن المقرونة بمعادلة التفاعل الكيميائي.

4-1: أعط تعريف نسبة التقدم النهائي لتفاعل كيميائي

5-1: بم تتعلق نسبة التقدم النهائي لتفاعل كيميائي؟

الإجابة:

$$Q_r = \frac{[C] \times [D]^3}{[A]^2 \times [B]}$$

1-1: خارج التفاعل:

2-1: يكتب هذا B هو الماء مستعملا كمذيب كما يلي: $Q_r = \frac{[C] \times [D]^3}{[A]^2}$. المذيب لا يظهر في تعبير خارج التفاعل وكذلك الأجسام الصلبة.

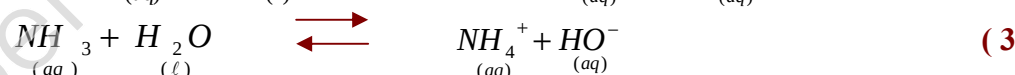
3-1: ثابتة التوازن في الحالة الأولى: $K = \frac{[C]_{\acute{e}q} \times [D]^3_{\acute{e}q}}{[A]^2_{\acute{e}q} \times [B]_{\acute{e}q}}$ وفي الحالة الثانية: $K = \frac{[C]_{\acute{e}q} \times [D]^3_{\acute{e}q}}{[A]_{\acute{e}q}^2}$

4-1: نسبة التقدم النهائي لتفاعل كيميائي هي : $\tau = \frac{X_f}{X_{\max}}$

تتعلق نسبة التقدم النهائي لتفاعل كيميائي بالشروط البدنية للتفاعل وبثابتة التوازن K .

(2) تمرين رقم 2 ص 73 (المفيد فى الكيمياء)

نعتبر معادلات التفاعلات التالية :



أعط بالنسبة لكل معادلة خارج التفاعل .

الإجابة:

$$Q_r = \frac{[HCO_2^-] \times [C_6H_5CO_2H]}{[HCO_2H] \times [C_6H_5CO_2^-]} \quad (1)$$

$$Q_r = \frac{[C_2H_5CO_2^-] \times [H_3O^+]}{[C_2H_5CO_2H]} \quad (2)$$

$$Q_r = \frac{[NH_4^+] \times [HO^-]}{[NH_2]} \quad (3)$$

(3) تمرين رقم 3ص 73 (المفيد في الكيمياء)

(1) اكتب معادلة ترسيب كلورور الفضة $AqCl$ وكبريتات الفضة $AqCl_2$ ومعادلة ذوبان فوسفات الفضة Aq_3PO_4 .

(2) أعط في كل حالة خارج التفاعل .



جدول تقدم التفاعل بين $S_2O_8^{2-}$ و I^- :

$G = 2,03 \times 10^{-4} S$: **فوجد** $c = 5 \times 10^{-3} mol/l$

(2) حدد تراكيز الأنواع الأيونية المتدخلة في هذا التفاعل.

(4) احسب ثابتة التوازن K المقرونة بمعادلة هذا التفاعل.

$\lambda_{H_3O^+} = 3,5 \times 10^{-2} S.m^2 / mol$ **نعتي:**

$$\lambda_{C_6H_5COO^-} = 3,23 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2 / \text{mol}$$

الإجابة:

$$\begin{array}{ccc} C_6H_5COOH + H_2O & \rightleftharpoons & C_6H_5COO^- + H_3O^+ \\ (aq) & (l) & (aq) \quad (aq) \end{array}$$

$C_6H_5COOH + H_2O \xrightleftharpoons{(aq)} C_6H_5COO^- + H_3O^+$				معادلة التفاعل	
كميات المادة				التقدم ب: $m.mol$	الحالة
n_1	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
$n_1 - x_{eq}$	بوفرة	x_{eq}	x_{eq}	x_{eq}	عند التوازن

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \times [H_3O^+] + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [C_6H_5COO^-]$$

من خلال جدول التقدّم لدينا : $n(H_3O^+) = n(C_6H_5COO^-)$

وبذلك تصبح العلاقة السابقة كما يلي :

$$\sigma = \left[\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-} \right] \cdot \frac{x_{eq}}{V}$$

$$[C_6H_5COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_6H_5COO^-}}$$

ومن جهة أخرى نعلم أن : $G = \sigma \frac{S}{\ell}$ إذن: $\sigma = G \frac{\ell}{S}$

إذن العلاقة السابقة تصبح كما يلي :

$$[C_6H_5COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_6H_5COO^-}} = \frac{G \frac{\ell}{S}}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_6H_5COO^-}}$$

$$[C_6H_5COO^-]_{\text{éq}} = [H_3O^+]_{\text{éq}} = \frac{2,03 \times 10^{-4} S \frac{10^{-2} m}{10^{-4} m^2}}{(3,5 \times 10^{-2} + 3,23 \times 10^{-3}) S . m^2 . mol^{-1}} = 0,53 mol / m^3 = 0,53 \times 10^{-3} mol / L$$

$$[C_6H_5COOH] = \frac{n_1 - x_{\acute{e}q}}{V} = \frac{n_1}{V} - \frac{x_{\acute{e}q}}{V} = c - 0,53 \text{ mol / L} = 5.10^{-3} - 0,53.10^{-3} = 4,47 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \quad \text{ولدينا}$$

(3) نسبة التقدم النهائي:

من خلال جدول التقدم ، حمض البنزويك هو المتفاعل المُحدِّد .

إذن : $x_{\max} = n_1$

(4) ثابتة التوازن:

$$K = \frac{[C_6H_5COO^-] \times [H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]} = \frac{(0,53 \times 10^{-3})^2}{(4,47 \times 10^{-3})} = 6,28 \times 10^{-5}$$

7) تمرين رقم 7 ص 73 (المفيد فى الكيمياء)

(1) اكتب معادلة تفاعل الأمونياك مع الماء .

(2) نقيس الموصلية σ لمحلول الأمونياك بالنسبة لتراكيز c مختلفة للأمونياك المذاب ، ونجمع النتائج المحصل عليها في الجدول التالي :

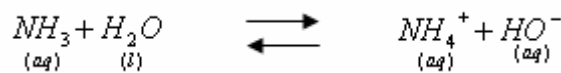
أوجد التركيز المولي الفعلي للأنواع الأيونية المتواجدة في كل محلول .

(3) استنتج من النتائج السابقة نسبة التقدم النهائي. هل تتعلق بتركيز المذاب المستعمل؟

$\lambda_{HO^-} = 19,9 mS.m^2.mol^{-1}$: **نعتي:**

$$\lambda_{NH_4^+} = 7,34 mS.m^2.mol^{-1}$$

الإجابة: (1)



(2) جدول تقدم التفاعل:

تعبير موصلية الخلیط:

$$\sigma = \lambda_{NH_4^+} \times [NH_4^+] + \lambda_{HO^-} \times [HO^-]$$

من خلال جدول التقدم لدينا : $n(NH_4^+) = n(HO^-)$ وبذلك تصبح العلاقة السابقة كما يلي :

$$\sigma = \left[\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{HO^-} \right] \cdot \frac{x_{eq}}{V}$$

$$[NH_4^+]_{eq} = [HO^-]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V} = \frac{\sigma}{\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{HO^-}}$$

$$[NH_3] = \frac{n_1 - x_{eq}}{V} = \frac{n_1}{V} - \frac{x_{eq}}{V} = c - [NH_4^+]$$

تطبيق عددي:

بالنسبة للمحلول الأول :



1 يتفاعل حمض الإيثانويك $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ جزئيا مع أيونات نترت NO_2^- (nitrite) القاعدة المرافقة لحمض نثرو HNO_2 (acide nitreux).

نمزج حجما $V = 20,0 \text{ mL}$ من حمض الإيثانويك ذي تركيز $C = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ مع الحجم V نفسه من محلول نترت الصوديوم $(\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{aq}))$ ذي التركيز C نفسه، ثم نقيس موصلية الخليط، بواسطة مقياس المواسلة فنحصل على $\sigma = 1,13 \text{ mS.cm}^{-1}$

أ- ما المزدوجتان قاعدة/حمض المتدخلتان في التحول؟

ب - اكتب معادلة التفاعل بين حمض الإيثانويك وأيونات نترت.

ج - حدد كميات المادة البدئية لجميع المتفاعلات.

د - انشئ الجدول الوصفي للتفاعل.

هـ - اكتب التعبير الحرفي لموصلية الخليط بدلالة التراكيز النهائية للأنواع الأيونية المتواجدة في الخليط.

و- اكتب التعبير الحرفي لثابت التوازن K المرافقة لمعادلة التفاعل بدلالة

التراكيز النهائية لأيونات إيثانوات وأيونات نترت.

ز- استنتج التراكيز النهائية لأيونات إيثانوات وأيونات نترت.

ح- ما قيمة نسبة التقدم النهائي للتفاعل؟

المعطيات: عند 25°C ثابت التوازن : $K = 4,0 \cdot 10^{-2}$

الموصلات المولية الأيونية :

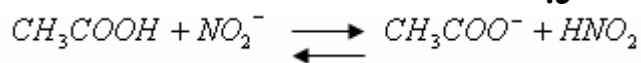
$$\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} = 4,1 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1} ; \lambda_{\text{NO}_2^-} = 7,2 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{Na}^+} = 5,0 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

الإجابة:

أ) المزدوجتان حمض قاعدة المتدخلتان هما: $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$ و $\text{HNO}_2 / \text{NO}_2^-$.

ب) معادلة التفاعل الحاصل:



ج) كمية المادة البدئية:

$$n_{(\text{CH}_3\text{COOH})} = C V = 10^{-2} \text{ mol / L} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,2 \text{ mmol}$$

$$n_{(NO_2^-)} = C V = 10^{-2} \text{ mol} / L \times 20 \times 10^{-3} L = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,2 \text{ m.mol}$$

(د) جدول تقدم التفاعل :

$CH_3COOH + NO_2^- \rightleftharpoons CH_3COO^- + HNO_2$					معادلة التفاعل
كميات المادة ب: $m.mol$				التقدم	الحالة
0,2	0,2	0	0	0	الحالة البدئية
$0,2 - x$	$0,2 - x$	x	x	x	حالة التوازن
$0,2 - x_f$	$0,2 - x_f$	x_f	x_f	x_f	الحالة النهائية

(هـ) تعبير موصلية الخليط:

$$\sigma = \lambda_{Na^+} \cdot [Na^+] + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [CH_3COO^-] + \lambda_{NO_2^-} \cdot [NO_2^-]$$

لدينا: $[Na^+] = [NO_2^-]$ (الحيد الكهربي لمحلل نترت الصوديوم)

إن العلاقة السابقة تصبح كما يلي :

$$\sigma = [NO_2^-] \times (\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO_2^-}) + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [CH_3COO^-]$$

(و) ثابتة التوازن :

$$K = \frac{[HNO_2][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH][NO_2^-]}$$

نلاحظ من خلال جدول التقدم أن : $n_{(CH_3COOH)} = n_{(NO_2^-)} = 0,2 - x_f$

ومن جهة أخرى : $n_{(CH_3COO^-)} = n_{(HNO_2)} = x_f$ إذن : $[CH_3COO^-] = [HNO_2]$ و $[CH_3COOH] = [NO_2^-]$

$$K = \frac{[CH_3COO^-]^2}{[NO_2^-]^2}$$

إن ثابتة التوازن تصبح كما يلي:

(ز) إذن لدينا نظمة :

$$(1) \quad K = \frac{[CH_3COO^-]^2}{[NO_2^-]^2}$$

$$(2) \quad \sigma = [NO_2^-] \times (\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO_2^-}) + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [CH_3COO^-]$$

$$[CH_3COO^-] = 0,2 \times [NO_2^-] \text{ ومنه } 4.10^{-2} = \frac{[CH_3COO^-]^2}{[NO_2^-]^2} \text{ إذن (1) تصبح } K = 4.10^{-2}$$

والعلاقة (2) تصبح:

$$\sigma = [NO_2^-] \times (\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO_2^-}) + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot 0,2 \times [NO_2^-]$$

$$\sigma = [NO_2^-] \left[(\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO_2^-}) + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot 0,2 \right]$$

أي:

ومنه:

$$[NO_2^-] = \frac{\sigma}{\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO_2^-} + 0,2 \lambda_{CH_3COO^-}} = \frac{1,13 \times 10^{-3} S \div (10^{-2} \times m)}{(5 + 7,2 + 0,2 \times 4,1) \times 10^{-2} S.m^2.mol^{-1}} = \frac{1,13 \times 10^{-1} S.m^{-1}}{13,02 \times 10^{-2} S.m^3.mol^{-1}} \approx 0,87 \text{ mol} / m^3$$

$$[CH_3COO^-] = 0,2 \times [NO_2^-] = 0,2 \times 0,87 = 1,74 \text{ mol} / m^3$$

لنعبّر عن التراكيز ب: mol / L

$$[\text{NO}_2^-] = 0,87 \text{ mol} / \text{m}^3 = 0,87 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,74 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{L}$$

(ح) قيمة نسبة التقدم النهائي:

$$x_f = n_{(\text{CH}_3\text{COO}^-)} : \text{ولدينا من خلال جدول التقدم} \tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$$

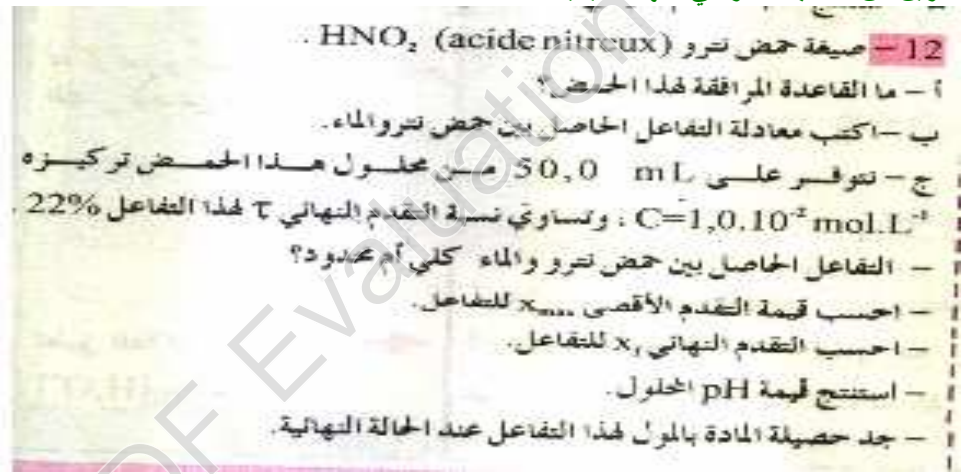
$$\text{ونعلم أن: } [\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{n(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{V_s} \text{ إذن:}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COO}^-) = [\text{CH}_3\text{COO}^-] \times V_s = 1,74 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{L} \times 40 \times 10^{-3} \text{ L} = 0,696 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

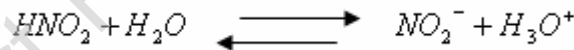
$$x_{\max} = 0,2 \text{ mol} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ : ولدينا}$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{0,696 \times 10^{-4}}{0,2 \times 10^{-3}} = 0,348 \approx 34,8\% \text{ وبالتالي:}$$

تمرين من الكتاب المدرسي منهل الكيمياء



(أ) القاعدة المرافقة للحمض HNO_2 و هي: NO_2^- .



(ب)

(ج) كمية المادة البدئية للحمض:

$$n_{(\text{HNO}_2)} = C \cdot V = 10^{-2} \text{ mol} / \text{L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,5 \text{ m.mol}$$

جدول تقدم التفاعل:

$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+$			معادلة التفاعل	
كميات المادة ب: m.mol			التقدم	الحالة
0,5	بوفرة	0	0	الحالة البدئية
$0,5 - x$	بوفرة	x	x	حالة التوازن
$0,5 - x_f$	بوفرة	x_f	x_f	الحالة النهائية

بما أن نسبة التقدم النهائي أصغر من 100% فإن هذا التفاعل ليس بكلي، فهو تفاعل محدود لأن $\tau = 22\%$ فقط.

التقدم الأقصى: يوافق الاختفاء الكلي للمتفاعل المُحد الذي هو حمض النيترو، $0,5 - x_{\max} = 0$

$$x_{\max} = 0,5 \text{ m.mol}$$

التقدم النهائي:

لدينا $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$ إذن: $x_f = \tau \times x_{\max} = 0,22 \times 0,5 = 0,11 \text{ mol}$

من خلال جدول التقدم يتضح أن: $n_{(H_3O^+)} = x_f$

إذن: $[H_3O^+] = \frac{n(H_3O^+)}{V_s} = \frac{x_f}{V_s} = \frac{0,11 \times 10^{-3} \text{ mol}}{50 \times 10^{-3} \text{ L}} = 2,2 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$

ومنه: $pH = -\log[H_3O^+] = -\log(2,2 \times 10^{-3}) \approx 2,66$

حصول المادة عند نهاية التفاعل:

$HNO_2 + H_2O \rightleftharpoons NO_2^- + H_3O^+$					معادلة التفاعل
كميات المادة ب: $m.mol$					الحالة
					التقدم
0,5	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
$0,5 - x_f = 0,39$	بوفرة	0,11	0,11	0,11	الحالة النهائية

$[HNO_2] = \frac{n(HNO_2)}{V_s} = \frac{0,39 \times 10^{-3} \text{ mol}}{50 \times 10^{-3} \text{ L}} = 7,8 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$

تمرين من الكتاب المدرسي منهل الكيمياء

تتبعهما في الفقرة III.

I - دراسة التحول الكيميائي بقياس pH:

نقيس pH المحلول S عند $25^\circ C$ ونحصل على القيمة $pH = 2,9$.

أ - حدد عند حالة التوازن، تركيز أيونات الأوكسونيوم $[H_3O^+]_{eq}$ في المحلول المحض S.

ب - اكتب معادلة التفاعل الموافق للتحول الكيميائي بين حمض الأسيتيلسليك والماء. نرمز للحمض بـ HA.

ج - حدد قيمة التقدم النهائي x_f للتفاعل.

د - حدد قيمة التقدم الأقصى $x_{\max}$ للتفاعل.

هـ - احسب نسبة التقدم النهائي τ للتفاعل. هل التحول المدرس كلي؟

II - دراسة التحول الكيميائي بقياس الموصلية:

نقيس، عند $25^\circ C$ ، موصلية المحلول (S) بواسطة مقياس الموصلية ونحصل على

$\sigma_{eq} = 44 \text{ mS.m}^{-1}$

أ - عبر عن موصلية المحلول σ_{eq} ، بدلالة تراكيز الأيونات وموصلياتها الأولية الأيونية.

- ب- عبر عن التقدم النهائي x_r للتفاعل بين الحمض HA والماء، بدلالة σ_{eq} والموصلية المولية الأيونية للأيونات والحجم V_s .
- ج- استنتج قيمة x_r .
- د- احسب تراكيز الأنواع HA و A^- و H_3O^+ عند التوازن.
- هـ- حدد نسبة التقدم النهائي τ للتفاعل.

III - دقة التقنيات المستعملة:

صاحب القياس بواسطة جهاز pH-متر ارتياب مطلق قدره $\Delta pH = 0,1$ ، ويعطي مقياس الموصلية قيمة الموصلية بدقة تناهز تقريبا $1 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$. تكون قيمة pH محصورة، إذن، بين 2,8 و 3,0 وقيمة الموصلية محصورة بين $43 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ و $45 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$.

سُطِي الجدول التالي قيم التقدم النهائي x_r للتفاعل المقابلة لمختلف قيم pH الموصلية σ_{eq} .

pH = 2,8	pH = 3,0	$G = 43 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$	$G = 45 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$	x_r
$7,9 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$5,8 \cdot 10^{-4}$	

استخرج بدون حساب الارتياب النسبي، دقة القياس بالتقنيتين.

انتظر تصحيح هذا التمرين الأخير على نفس الصفحة إن شاء الله.

SBIRO ABDELKRIM