

1 يتفاعل حمض الإيثانويك CH_3CO_2H 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 $(Na^+(aq) + NO_2^-(aq))$ ذي التركيز C نفسه، ثم نقيس موصلية الخليط، بواسطة مقياس المواصلة 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 لثابتة التوازن K الموافقة 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 $25^\circ C$ ثابتة التوازن: $K = 4,0 \cdot 10^{-2}$.

الموصلات المولية الأيونية:

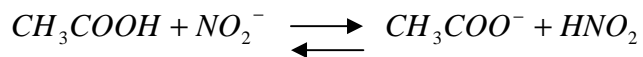
$$\lambda_{CH_3CO_2^-} = 4,1 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1} ; \lambda_{NO_2^-}^0 = 7,2 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

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

الإجابة:

أ) المزدوجتان حمض قاعدة المتدخلتان هما: CH_3COOH / CH_3COO^- و HNO_2 / NO_2^- .

ب) معادلة التفاعل الحاصل:



ج) كمية المادة البدئية:

$$n_{(CH_3COOH)} = C.V = 10^{-2} \text{ mol} / \ell \times 20 \times 10^{-3} \ell = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,2 \text{ m.mol}$$

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

د) جدول تقدم التفاعل:

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

هـ) تعبير موصلية الخليط:

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

لدينا: $[Na^+] = [NO_2^-]$ (الحياد الكهربائي لمحلول نترت الصوديوم)

إذن 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: $[CH_3COOH] = [NO_2^-]$ و $[CH_3COO^-] = [HNO_2]$

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

إذن ثابتة النوازن تصبح كما يلي:

ز) إذن لدينا نظمة:

$$(1) \quad \left[\begin{array}{l} K = \frac{[CH_3COO^-]^2}{[NO_2^-]^2} \\ (2) \quad \sigma = [NO_2^-] \times (\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO_2^-}) + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [CH_3COO^-] \end{array} \right.$$

مع: $K = 4 \cdot 10^{-2}$ إذن (1) تصبح $\frac{[CH_3COO^-]^2}{[NO_2^-]^2} = 4 \cdot 10^{-2}$ ومنه $[CH_3COO^-] = 0,2 \times [NO_2^-]$

والعلاقة (2) تصبح:

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

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

ومنه:

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

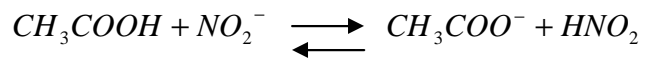
$$[CH_3COO^-] = 0,2 \times [NO_2^-] = 0,2 \times 0,87 = 1,74 mol/m^3$$

- د - انشىء الجدول الوصفي للتفاعل.
- هـ - اكتب التعبير الحرفي لموصلية الخليط بدلالة التراكيز النهائية للأنواع الأيونية المتواجدة في الخليط.
- و- اكتب التعبير الحرفي لثابت التوازن K الموافقة 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 ثابتة التوازن : $K = 4,0 \cdot 10^{-2}$.
- الموصليات المولية الأيونية :
- $\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} = 4,1 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ؛ $\lambda_{\text{NO}_2^-} = 7,2 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$
- $\lambda_{\text{Na}^+} = 5,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

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:

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

$$n_{(\text{NO}_2^-)} = C \cdot V = 10^{-2} \text{ mol} / \ell \times 20 \times 10^{-3} \ell = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,2 \text{ m.mol}$$

د) جدول تقدم التفاعل:

$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NO}_2^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HNO}_2$				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:

$$\sigma = \lambda_{\text{Na}^+} \cdot [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-] + \lambda_{\text{NO}_2^-} \cdot [\text{NO}_2^-]$$

لدينا: $[\text{Na}^+] = [\text{NO}_2^-]$ (الحياد الكهربائي لمحلول نترت الصوديوم)

إذن العلاقة السابقة تصبح كما يلي:

$$\sigma = [\text{NO}_2^-] \times (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{NO}_2^-}) + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

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

$$K = \frac{[CH_3COO^-]^2}{[NO_2^-]^2} \quad \text{إذن ثابتة النوازن تصبح كما يلي:}$$

(ز) إذن لدينا نظمة :

$$(1) \quad \left[\begin{array}{l} K = \frac{[CH_3COO^-]^2}{[NO_2^-]^2} \\ (2) \quad \sigma = [NO_2^-] \times (\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO_2^-}) + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [CH_3COO^-] \end{array} \right.$$

مع : $K = 4 \cdot 10^{-2}$ إذن (1) تصبح $\frac{[CH_3COO^-]^2}{[NO_2^-]^2} = 4 \cdot 10^{-2}$ ومنه $[CH_3COO^-] = 0,2 \times [NO_2^-]$ والعلاقة (2) تصبح:

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

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

ومنه:

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

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

لنعبر عن التراكيز ب: mol / ℓ

$$[NO_2^-] = 0,87 mol / m^3 = 0,87 \times 10^{-3} mol / \ell$$

$$[CH_3COO^-] = 1,74 \times 10^{-3} mol / \ell$$

(ح) قيمة نسبة التقدم النهائي:

$$x_f = n_{(CH_3COO^-)} \quad \tau = \frac{x_f}{x_{max}}$$

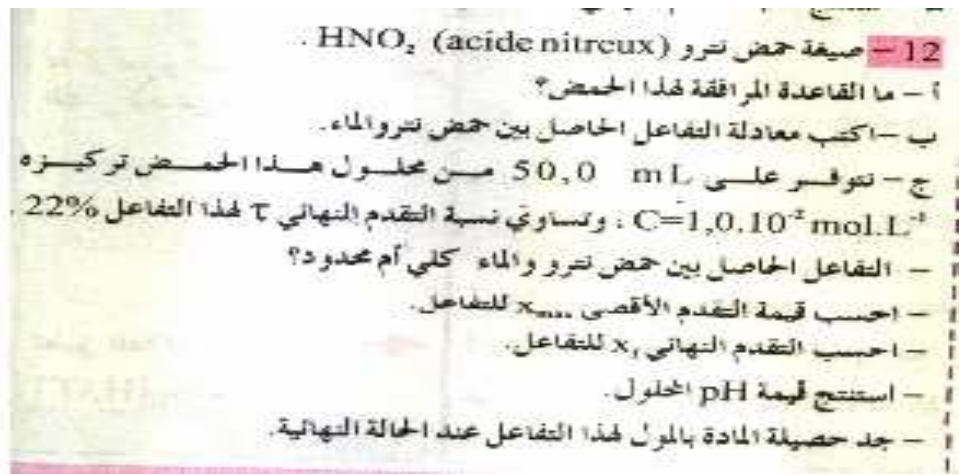
$$[CH_3COO^-] = \frac{n(CH_3COO^-)}{V_S} \quad \text{ونعلم أن:}$$

$$n(CH_3COO^-) = [CH_3COO^-] \times V_S = 1,74 \times 10^{-3} mol / \ell \times 40 \times 10^{-3} \ell = 0,696 \times 10^{-4} mol$$

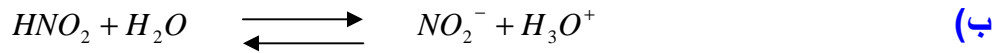
$$x_{max} = 0,2 mol = 0,2 \times 10^{-3} mol \quad \text{ولدينا:}$$

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

تمرين من الكتاب المدرسي منهل الكيمياء



أ) القاعدة المرافقة للحمض HNO₂ هي: NO₂⁻.



ج) كمية المادة البدئية للحمض:

$$n_{(HNO_2)} = C.V = 10^{-2} \text{ mol} / \ell \times 50 \times 10^{-3} \ell = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,5 \text{ m.mol}$$

جدول تقدم التفاعل:

HNO ₂ + H ₂ O		NO ₂ ⁻ + H ₃ O ⁺		التقدم	الحالة
m.mol		كميات المادة ب:			
0,5	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
0,5 - x	بوفرة	x	x	x	حالة التوازن
0,5 - x _f	بوفرة	x _f	x _f	x _f	الحالة النهائية

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

التقدم الأقصى: يوافق الإختفاء الكلي للمتفاعل المحد الذي هو حمض النترو ، 0,5 - x_{max} = 0

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

التقدم النهائي:

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

من خلال جدول التقدم يتضح أن: n_(H₃O⁺) = x_f

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

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

حصة المادة عند نهاية التفاعل:

HNO ₂ + H ₂ O		NO ₂ ⁻ + H ₃ O ⁺		التقدم	الحالة
m.mol		كميات المادة ب:			
0,5	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
0,5 - x _f = 0,39	بوفرة	0,11	0,11	0,11	الحالة النهائية

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

تمرين من الكتاب المدرسي منهل الكيمياء

II - دراسة التحول الكيميائي بقياس pH :

تقيس pH المحلول S عند 25°C ، وتحصل على القيمة $\text{pH} = 2,9$.

أ - حدد عند حالة التوازن، تركيز أيونات الأوكسونيوم $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ في المحلول المخضر S .

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

ج - حدد قيمة التقدم النهائي x_r للتفاعل.

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

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

II - دراسة التحول الكيميائي بقياس الموصلية:

تقيس ، عند 25°C ، موصلية المحلول (S) بواسطة مقياس الموصلية وتحصل على

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

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

ب - عبر عن التقدم النهائي x_r للتفاعل بين الحمض HA والماء، بدلالة σ_{eq} والموصليات المولية الأيونية للأيونات والحجم V_0 .

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 $\Delta\text{pH} = 0,1$.

ويغطي مقياس الموصلية قيمة الموصلية بدقة تناهز تقريبا 1 mS.m^{-1} .

تكون قيمة pH محصورة، إذن، بين 2,8 و 3,0 وقيمة الموصلية محصورة بين

$$43 \text{ mS.m}^{-1} \text{ و } 45 \text{ mS.m}^{-1}$$

يعطى الجدول التالي قيم التقدم النهائي x_r للتفاعل المقابلة لمختلف قيم pH

الموصلية σ_{eq} .

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

استخرج جدول حساب الارتياب النسبي، دقة القياس بالتقنيتين.

انتظر التصحيح على نفس الصفحة في القريب العاجل إن شاء الله.