

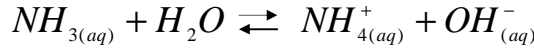
# التفاعلات المقرونة بالتفاعلات حمض قاعدة في محلول مائي

## تمارين مرفقة بالحلول

### فيزياء تارودانت

1

الأمونياك  $NH_3$  غاز شديد الذوبان في الماء، تُكتب معادلة تفككه في الماء كالتالي:



1.1. باعتماد المعادلة الكيميائية أعلاه صنف الأمونياك إلى حمض أو قاعدة؟ علل جوابك.

2.1. يعطي قياس pH عند درجة حرارة  $25^\circ C$  لمحلول الأمونياك تركيزه البدئي  $C=0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  القيمة  $pH=11,2$ .

1.2.1. اجد الأنواع الكيميائية المتواجدة بالمحلول و احسب تراكيزها.

2.2.1. بين أنه يمكن إهمال تركيز أيون الأوكسونيوم أمام باقي تراكيز الأيونات المتواجدة بالمحلول.

3.1. احسب موصلية هذا المحلول.

4.1. حدد قيمة الموصلية التي سنقرؤها على مقياس الموصلية إذا كانت ثابتة الخلية المستعملة هي  $k=1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ .

5.1. أوجد قيمة ثابتة تفاعل الأمونياك مع الماء.

المعطيات: عند درجة الحرارة  $25^\circ C$

$$\lambda_{NH_4^+} = 7,4 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \quad K_e = 10^{-14}$$

$$\lambda_{OH^-} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

2

يحتوي محلول حجمه  $V=100 \text{ mL}$  في الحالة البدئية على  $1 \text{ mmol}$  من حمض الميثانويك و  $2 \text{ mmol}$  من أيون الإيثانوات و  $1 \text{ mmol}$  من أيوت الميثانوات و  $1 \text{ mmol}$  من حمض الإيثانويك. تتطور المجموعة في منحى تكون حمض الإيثانويك.

1.2. اكتب معادلة تفاعل حمض الميثانويك و أيون الإيثانوات محددًا المزدوجتين قاعدة/حمض المتفاعلتين.

2.2. مثل جدول التقدم و حدد قيمة التقدم الأقصى.

3.2. أوجد قيمة التقدم النهائي علما أن ثابتة تفاعل حمض الميثانويك و أيون الإيثانوات هي  $K=10$ .

4.2. احسب تراكيز كل من حمض الميثانويك و أيون الإيثانوات و أيوت الميثانوات و حمض الإيثانويك عند الحالة النهائية.

**3**

يحتوي محلول مائي تجاري  $S_0$  لحمض النتريك، كتلته الحجمية  $\rho=1,4\text{g/cm}^3$  ، على 35g من الحمض الخالص  $\text{HNO}_3$  في كل 100g من هذا المحلول.  
بين أن تركيز المحلول  $S_0$  هو  $C_0=7,78\text{ mol.L}^{-1}$ .

**1.3**

نريد تحضير 10L من محلول مائي  $S_1$  تركيزه  $C_1=5.10^{-2}\text{ mol.L}^{-1}$  انطلاقا من المحلول المركز  $S_0$ .

**2.3**

احسب الحجم اللازم  $V_0$  من المحلول  $S_0$  لإنجاز هذه العملية.

يعطي قياس pH المحلول  $S_1$  القيمة  $\text{pH}=1,3$  ، بين أن حمض النتريك حمض قوي و اكتب معادلة تفككه في الماء.

**3.3**

للحصول على محلول  $S_2$  نفرغ 10mL من المحلول  $S_1$  في حوجلة تحتوي على 90mL من الماء المقطر، ثم نحرك الخليط.  
احسب تركيز و pH المحلول  $S_2$ .

**4.3****4**

نحضر محلولاً مائياً  $S$  لحمض  $\text{AH}$  تركيزه  $C=10^{-2}\text{ mol.L}^{-1}$  . يعطي قياس pH المحلول ، عند درجة الحرارة  $25^\circ\text{C}$  ، القيمة  $\text{pH}=3,4$ .  
بين أن  $\text{AH}$  حمض ضعيف و اكتب معادلة تفككه في الماء.

**1.4**

احسب ثابتة الحمضية  $K_A$  للمزدوجة  $\text{AH/A}^-$  .

**2.4**

عين من بين الأحماض التالية الحمض  $\text{AH}$  و رتب الأحماض المدرجة بالجدول أسفله حسب تزايد قوة الحمض.

**3.4**

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$\text{HCOOH}$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	صيغة الحمض
$1,32.10^{-5}$	$6,31.10^{-5}$	$1,78.10^{-4}$	$1,65.10^{-5}$	ثابتة الحمضية $K_A$

**5**

نعتبر محلولاً  $S_1$  لحمض كلوروايثانويك ( $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ ) و محلولاً  $S_2$  لحمض ثنائي كلوروايثانويك ( $\text{HCCl}_2\text{COOH}$ ) لهما نفس التركيز  $C=10\text{mmol.L}^{-1}$  .  
نعطي على التوالي موصليتي المحلولين  $S_1$  و  $S_2$  :  $\sigma_1=0,167\text{m.S}^{-1}$  ،  $\sigma_2=0,33\text{m.S}^{-1}$  .  
اكتب معادلة تفاعل كل حمض مع الماء.

**1.5**

أوجد تراكيز الأيونات المتواجدة في كل محلول.

**2.5**

استنتج نسبة التقدم النهائي لهاذين التفاعلين.

**3.5**

احسب ثابتة التفاعل الخاصة بكل تفاعل من هاذين التفاعلين.

**4.5**

بين فيما إذا كانت نسبة التقدم النهائي تتعلق بثابتة التوازن أم لا.

**5.5**

$$\lambda_{(\text{H}_3\text{O}^+)} = 35.10^{-3}\text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}; \lambda_{(\text{ClCH}_2\text{COO}^-)} = 4,22.10^{-3}\text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{(\text{HCCl}_2\text{COO}^-)} = 3,83.10^{-3}\text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

## الأجوبة

1

بما أن الأمونياك يكتسب بروتونا  $H^+$  خلال تفاعله مع الماء إذن فهو حسب تعريف برونشنتد عبارة عن قاعدة.

2.1

1.2.1 الأنواع الكيميائية المتواجدة بالمحلول:  $NH_3; NH_4^+; OH^-; H_3O^+; H_2O$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-11,2} = 6,31 \cdot 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{6,31 \cdot 10^{-12}} = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$
$$[NH_4^+] = [OH^-] = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$
$$[NH_3] = C - [NH_4^+] = 0,1 - 1,58 \cdot 10^{-3} = 9,84 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

2.2.1 نلاحظ أن تركيز أيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$  جد ضعيفة مقارنة مع باقي التراكيز الأخرى، و بالتالي يمكن إهمالها أمامها.

3.1 بإهمال أيونات الأوكسونيوم، نكتب موصلية المحلول كالتالي:

$$\sigma = \lambda_{NH_4^+} \cdot [NH_4^+] + \lambda_{OH^-} \cdot [OH^-] = (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{OH^-}) \cdot [OH^-]$$

ت ع:

$$\sigma = (7,4 \cdot 10^{-3} + 2,0 \cdot 10^{-2}) \cdot 1,58 = 4,33 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$$

4.1 لدينا :

$$G = k \cdot \sigma = 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 4,33 \cdot 10^{-2} = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ S}$$

5.1 لدينا:

$$K = \frac{[NH_4^+]_{eq} [OH^-]_{eq}}{[NH_3]_{eq}}$$

ت ع:

$$K = \frac{(1,58 \cdot 10^{-3})^2}{9,84 \cdot 10^{-2}} = 2,53 \cdot 10^{-5}$$



المزدوجتان المتفاعلتان:



				المعادلة الكيميائية	
				التقدم X mmol	الحالة
كمية المادة (mmol)					
1	2	1	1	0	الحالة البدئية
1-x	2-x	1+x	1+x	x	خلال التحول
1-x <sub>f</sub>	2-x <sub>f</sub>	1+x <sub>f</sub>	1+x <sub>f</sub>	x <sub>f</sub>	الحالة النهائية

$$\begin{cases} 1 - x_{\max 1} = 0 \Rightarrow x_{\max 1} = 1 \text{ mmol} \\ 2 - x_{\max 2} = 0 \Rightarrow x_{\max 2} = 2 \text{ mmol} \end{cases}$$

و بما أن  $x_{\max 1} < x_{\max 2}$  إذن:

$$x_{\max} = x_{\max 1} = 1 \text{ mmol}$$

لدينا:

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

$$K = 10 = \frac{(1+x_f)^2}{(1-x_f)(2-x_f)}$$

إذن:

$$10(1-x_f)(2-x_f) = (1+x_f)^2 \Rightarrow 9x_f^2 - 32x_f + 19 = 0$$

للمعادلة حلان:

$$\begin{cases} x_{f1} = \frac{16 - \sqrt{85}}{9} = 0,753 \text{ mmol} \\ x_{f2} = \frac{16 + \sqrt{85}}{9} = 2,80 \text{ mmol} \end{cases}$$

نعلم أن  $x_f \leq x_{\max}$

و بما أن  $x_{f2} > x_{\max}$  إذن يبقى الحل الوحيد هو  $x_f = x_{f1} = 0,75 \text{ mmol}$

$$[HCOO^-]_{eq} = [CH_3COOH]_{eq} = \frac{1+x_f}{V} = \frac{1,75}{0,1} = 17,5 \text{ mmol.L}^{-1} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

4.2

$$[HCOOH]_{eq} = \frac{1-x_f}{V} = \frac{1-0,75}{0,1} = 2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$$

$$[CH_3COO^-]_{eq} = \frac{2-x_f}{V} = \frac{2-0,75}{0,1} = 12,5 \text{ mmol.L}^{-1} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

3

1.3 نعتبر حجما V من المحلول التجاري كتلته m:

$$C_0 = \frac{n(HNO_3)}{V} = \frac{m(HNO_3)}{M(HNO_3) \cdot V} = \frac{35m}{100M(HNO_3) \cdot V} = \frac{35\rho \cdot V}{100M(HNO_3) \cdot V}$$

$$C_0 = \frac{35\rho}{100M(HNO_3)}$$

ت ع:

$$C_0 = \frac{35 \cdot 1,4 \cdot 10^3}{100 \cdot 63} = \frac{49 \cdot 10^3}{6,3 \cdot 10^3} = 7,78 \text{ mol.L}^{-1}$$

لدينا: خصائص المحلول النهائي بعد عملية التخفيف:  $V_1=10L$ ;  $C_1=5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .  
نعلم أن كمية مادة  $HNO_3$  المذابة في المحلول تتحفظ أثناء عملية التخفيف:

2.3

$$n_0(HNO_3) = n_1(HNO_3) \Rightarrow C_0 V_0 = C_1 V_1$$

إذن:

$$V_0 = \frac{C_1 V_1}{C_0}$$

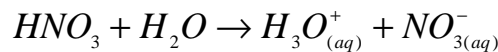
ت ع:

$$V_0 = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10}{7,78} = 0,06427L = 64,27mL$$

3.3

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-1,3} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

و بما أن:  $[H_3O^+] = C_1$  إذن الحمض  $HNO_3$  عبارة عن حمض قوي.  
المعادلة الكيميائية:



لدينا أثناء عملية التخفيف: 4.3

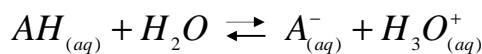
$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2}}{10^{-1}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

و بما أن الحمض قوي فإن:  $[H_3O^+] = C_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  و بالتالي:

$$pH = -\log([H_3O^+]) = 3 - \log(5) = 2,3$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,4} = 3,98.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

بما أن  $[H_3O^+] < C$  إذن الحمض AH حمض ضعيف.  
المعادلة الكيميائية:



.2.4 لدينا:

$$[A^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = 3,98.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[AH]_{eq} = C - [A^-] = 10^{-2} - 3,98.10^{-4} = 9,6.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

إذن:

$$K_A = \frac{[A^-]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[AH]_{eq}} = \frac{(3,98.10^{-4})^2}{9,6.10^{-3}} = 1,65.10^{-5}$$

3.4 نستنتج من الجدول أن هذا الحمض المدروس هو حمض الإيثانويك  $CH_3COOH$  لأن ثابتة حمضيته تساوي  $1,65.10^{-5}$ .

نعلم أنه كلما كانت ثابتة الحمضية كبيرة كلما كان الحمض قويا، و هكذا يمكن ترتيب هذه الأحماض حسب تزايد قوة الحمض كالتالي:



منحى تزايد قوة الحمض

.2.5 لدينا بالنسبة للمحلول  $S_1$   $[ClCH_2COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq}$ 

$$\sigma_1 = \lambda_{ClCH_2COO^-} \cdot [ClCH_2COO^-] + \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+] = (\lambda_{ClCH_2COO^-} + \lambda_{H_3O^+}) \cdot [H_3O^+]_{eq}$$

إذن:

$$[ClCH_2COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = \frac{\sigma_1}{\lambda_{ClCH_2COO^-} + \lambda_{H_3O^+}}$$

ت ع:

$$[ClCH_2COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = \frac{0,167}{4,22.10^{-3} + 35.10^{-3}} = 4,26 \text{ mol.m}^{-3} = 4,26 \text{ mmol.L}^{-1}$$

بنفس الطريقة بالنسبة للمحلول  $S_2$  نجد:

$$[HClCl_2COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = 8,5 \text{ mmol.L}^{-1}$$

3.5

لدينا:

$$\tau_1 = \frac{x_{f1}}{x_{\max 1}} = \frac{[ClCH_2COO^-]_{eq}}{C} = \frac{4,26}{10} = 0,426$$

$$\tau_2 = \frac{x_{f2}}{x_{\max 2}} = \frac{[HCCl_2COO^-]_{eq}}{C} = \frac{8,5}{10} = 0,85$$

4.5

$$K_1 = \frac{[ClCH_2COO^-]_{eq} [H_3O^+]_{eq}}{[ClCH_2COOH]_{eq}} = \frac{(4,26 \cdot 10^{-3})^2}{10^{-2} - 4,26 \cdot 10^{-3}} = 3,16 \cdot 10^{-3}$$

$$K_2 = \frac{[HCCl_2COO^-]_{eq} [H_3O^+]_{eq}}{[HCCl_2COOH]_{eq}} = \frac{(8,5 \cdot 10^{-3})^2}{10^{-2} - 8,5 \cdot 10^{-3}} = 84,16 \cdot 10^{-3}$$

5.5

نلاحظ أن  $\tau_2 > \tau_1$  و  $K_2 > K_1$ ، إذن فنسبة التقدم النهائي تتعلق بثابتة التوازن بالنسبة لنفس التركيز، فكلما كانت ثابتة التوازن كبيرة كلما كانت نسبة التقدم النهائي كبيرة.