

تمرين 1 | التفاعل بين الأمونياك وحمض الكلوريدريك

- يتحول الأمونياك السائل بوجود حمض الكلوريدريك إلى أيون الأمونيوم.
- 1- ما المزدوجتان قاعدة/حمض المشاركتان في هذا التحول؟
  - 2- اكتب نصفي المعادلتين البروتونيتين.
  - 3- اكتب معادلة التفاعل.

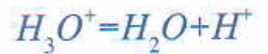
الحل

1- المزدوجتان المشاركتان في التحول:

المزدوجة الأولى:  $NH_4^+ / NH_3(aq)$

المزدوجة الثانية:  $H_3O^+ / H_2O(l)$

2- نصفا المعادلتين البروتونيتين:



3- معادلة التفاعل



تمرين 2 | تفاعل حمض قاعدة مع B.B.T

أزرق البروموتيمول (B.B.T) كاشف ملون، لون صيغته الحمضية  $HBt$  أصفر، ولون صيغته القاعدية  $Bt^-$  أزرق.

- 1- لماذا الصيغتان  $HBt$  و  $Bt^-$  تُكوّنان مزدوجة قاعدة/حمض؟
- 2- اكتب معادلة التفاعل بين أزرق البروموتيمول وحمض الكلوريدريك وحدد لون الخليط.
- 3- اكتب معادلة التفاعل بين أزرق البروموتيمول وهيدروكسيد الصوديوم وحدد لون الخليط.

الحل

1- التعليل:

بما أن التحول من الصيغة  $HBt$  إلى الصيغة  $Bt^-$  يتم وفق نصف المعادلة البروتونية التالية:



فإن المزدوجة  $HBt/Bt^-$  مزدوجة قاعدة/حمض.

## 2- معادلة التفاعل ولون الخليط:

لدينا نصف المعادلة الأولى:  $H_3O^+ = H_2O + H^+$

ونصف المعادلة الثانية:  $Bt^- + H^+ = HBt$

إذا معادلة التفاعل هي:  $H_3O^+ + Bt^-_{(aq)} \rightarrow HBt_{(aq)} + H_2O(l)$

وبما أن الصيغة  $HBt$  هي التي تتكون خلال التحول، فإن الخليط له لون أصفر.

## 3- معادلة التفاعل ولون الخليط:

لدينا نصف المعادلة الأولى:  $HO^- + H^+ = H_2O$

ونصف المعادلة الثانية:  $HBt = Bt^- + H^+$

إذا معادلة التفاعل هي:  $HO^- + HBt_{(aq)} \rightarrow Bt^-_{(aq)} + H_2O(l)$

وبما أن الصيغة  $Bt^-$  هي التي تتكون خلال التحول، فإن الخليط له لون أزرق.

### تمرين 3 - أيونات متفرجة

نجعل في أنبوب اختبار حجما  $V$  من محلول مائي لكلورور الأمونيوم يتفاعل مع حجم  $V'$  من محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم.

1- ما الصيغة الكيميائية لكلورور الأمونيوم في المحلول المائي؟

2- عين المزدوجتين قاعدة/حمض المتفاعلتين واكتب معادلة التفاعل.

3- ما الأيونات المتفرجة؟

4- ما اسم الناتج وما كمية مادته عند نهاية التفاعل علما أن كمية المادة البدئية لكلورور الأمونيوم هي  $0,1mol$ ، وكمية المادة البدئية لهيدروكسيد الصوديوم هي  $0,2mol$ .

## الحل

### 1- الصيغة الكيميائية:

صيغة كلورور الأمونيوم في المحلول هي:  $NH_4^+_{aq} + Cl^-_{aq}$

2- تعيين المزدوجتين ومعادلة التفاعل:

المزدوجة الأولى:  $NH_4^+_{aq}/NH_3_{aq}$

المزدوجة الثانية:  $H_2O(l)/HO^-_{(aq)}$

المعادلة:  $NH_4^+_{aq} + HO^-_{aq} \rightarrow NH_3_{aq} + H_2O(l)$

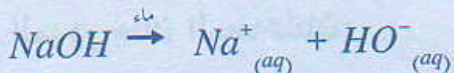
### 3- الأيونات المتفرجة:

ذوبان كلورور الأمونيوم في الماء.



$$n(NH_4Cl) = n(NH_4^+) = n(Cl^-)$$

- ذوبان هيدروكسيد الصوديوم في الماء:



$$n(NaOH) = n(Na^+) = n(HO^-)$$

الأيونات غير المشاركة في التفاعل الحمضي القاعدي هي أيونات الصوديوم  $Na^+$  وأيونات الكلورور  $Cl^-$ .

### 4- اسم الناتج وكمية مادته عند نهاية التفاعل:

اسم الناتج: الأمونياك  $NH_3$

الجدول الوصفي:

المعادلة		$NH_4^+_{aq} + HO^-_{aq} \rightarrow NH_3_{aq} + H_2O(l)$			
	التقدم	$n(NH_4^+)$	$n(HO^-)$	$n(NH_3)$	$n(H_2O)$
الحالة البدئية	0	$n_i(NH_4^+) = 0,1mol$	$n_i(HO^-) = 0,2mol$	0	وفير
خلال التطور	x	$n_i(NH_4^+) - x$	$n_i(HO^-) - x$	x	وفير
الحالة النهائية	$x_{max}$	$n_i(NH_4^+) - x_{max}$	$n_i(HO^-) - x_{max}$	$x_{max}$	وفير

لدينا:  $x_{max} \leq 0,1mol$  أي  $n_i(NH_4^+) - x_{max} \geq 0,1mol$

و  $x_{max} \leq 0,2mol$  أي  $n_i(HO^-) - x_{max} \geq 0,2mol$

توافق  $x_{max}$  أصغر قيمة أي  $x_{max} = 0,1mol$

وبالتالي فإن كمية  $NH_3$  النهائية هي:  $n_f(NH_3) = x_{max} = 0,1mol$

المتفاعل المحد هو  $NH_4^+$

### تمرين 4- أيونات السيانور

نعتبر التفاعل بين أيونات السيانور وأيونات الأكسونيوم وفق المعادلة:



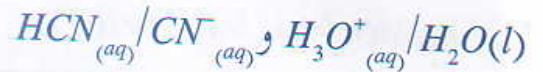
1- عين المزودوجتين قاعدة/حمض المتفاعلتين.

2- نحضر حجما  $V_1 = 500mL$  لأيونات السيانور بإذابة  $m = 3,0g$  من سيانور البوتاسيوم في الماء الخالص.

- 2.1- احسب  $C_1$  التركيز المولي للأيونات  $CN^-$  في المحلول المحضر.  
 2.2- ما الحجم  $V_2$  اللازم استعماله من محلول حمض الكلوريدريك ذي تركيز  $C_2=1,0 \cdot 10^{-1} mol \cdot L^{-1}$  لتفاعل الأيونات  $CN^-$  كلياً.

## الحل

1- المزودجتان المتفاعلتان:



2.1 / 2- حساب  $C_1$ :

ذوبان  $KCN$  في الماء يتم وفق المعادلة:



لدينا:  $C_1 = \frac{n(CN^-)}{V} = \frac{n(KCN)}{V}$

مع:  $n(KCN) = \frac{m}{M}$  نحصل على:  $C_1 = \frac{m}{V \cdot M}$

تطبيق عددي:  $C_1 = \frac{3,0}{0,5 \times 65,1} ; C_1 = 4,6 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$

2.2- تحديد  $V_2$ :

لدينا:  $V_2 = \frac{n_i(H_3O^+)}{C_2}$

لنحدد  $n_i(H_3O^+)$ :

الجدول الوصفي:

المعادلة		$CN^-_{(aq)} + H_3O^+ \rightarrow HCN_{(aq)} + H_2O(l)$			
	التقدم	$n(CN^-)$	$n(H_3O^+)$	$n(HCN)$	$n(H_2O)$
الحالة البدئية	0	$n_i(CN^-)$	$n_i(H_3O^+)$	0	وفير
خلال التطور	$x$	$n_i(CN^-) - x$	$n_i(H_3O^+) - x$	$x$	وفير
الحالة النهائية	$x_{max}$	$n_i(CN^-) - x_{max}$	$n_i(H_3O^+) - x_{max}$	$x_{max}$	وفير

لدينا:  $n_i(H_3O^+) = C_2 \cdot V_2$  و  $n_i(CN^-) = 4,6 \cdot 10^{-2} mol$

عند التفاعل الكلي لأيونات  $CN^-$  نجد حسب الجدول الوصفي:  $n_i(CN^-) - x_{max} = 0$

ومنه:  $x_{max} = n_i(CN^-)$  أي:  $x_{max} = 4,6 \cdot 10^{-2} mol$

إذا حسب:  $n_i(H_3O^+) - x_{max} = 0$

نحصل على:  $n_i(H_3O^+) = x_{max}$  وبالتالي:  $V_2 = \frac{x_{max}}{C_2}$

تطبيق عددي:  $V_2 = 4,6 \cdot 10^{-1} L$  ؛  $V_2 = \frac{4,6 \cdot 10^{-2}}{1,0 \cdot 10^{-1}}$

### تمرين 5 مواد حافظة

يستعمل حمض البنزويك  $C_6H_5-COOH$  وبنزوات الصوديوم  $C_6H_5COONa$  كمواد حافظة وخاصة في المشروبات المسماة "light" يحملان على التوالي الرمز E210 والرمز E211.

- 1- اكتب معادلة ذوبان بنزوات الصوديوم في الماء.
- 2- عين المزدوجة قاعدة/حمض التي تبرز حمض البنزويك واكتب نصف المعادلة البروتونية الموافقة لها.
- 3- نجعل كتلة  $m = 3,00g$  من حمض البنزويك تتفاعل مع  $150mL$  من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $C = 2,50 \cdot 10^{-1} mol \cdot L^{-1}$ .
- 3.1- حدد المزدوجتين المتفاعلتين واكتب معادلة التفاعل.
- 3.2- أنشئ الجدول الوصفي للتحويل الكيميائي وحدد قيمة التقدم الأقصى وعين المتفاعل المحد.
- 3.3- احسب التركيز النهائي لأيونات البنزوات.

### الحل

#### 1- معادلة الذوبان:

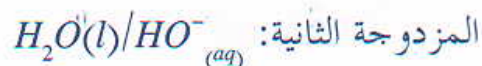


#### 2- تعيين المزدوجة قاعدة/حمض وكتابة نصف المعادلة:

المزدوجة هي:  $C_6H_5COOH_{(aq)} / C_6H_5COO^-_{(aq)}$

نصف المعادلة البروتونية:  $C_6H_5COOH_{(aq)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+$

### 3.1 - المزودوجتان ومعادلة التفاعل:



المعادلة:



### 3.2 - الجدول الوصفي و $x_{max}$ والمتفاعل المحد:

الجدول الوصفي:

المعادلة		$C_6H_5CO_2H_{aq} + HO^-_{aq} \rightarrow C_6H_5CO_2^-_{aq} + H_2O(l)$			
	التقدم	$n(C_6H_5CO_2H)$	$n(HO^-)$	$n(C_6H_5CO_2^-)$	$n(H_2O)$
الحالة البدئية	0	$n_i(C_6H_5CO_2H)$	$n_i(HO^-)$	0	وفير
خلال التطور	$x$	$n_i(C_6H_5CO_2H) - x$	$n_i(HO^-) - x$	$x$	وفير
الحالة النهائية	$x_{max}$	$n_i(C_6H_5CO_2H) - x_{max}$	$n_i(HO^-) - x_{max}$	$x_{max}$	وفير

\* قيمة  $x_{max}$ :

لنحدد كميات المادة البدئية للمتفاعلين:

لدينا بالنسبة لـ  $C_6H_5CO_2H$  :  $n_i = \frac{m}{M} = \frac{3,00}{122}$  ؛  $n_i = 2,46 \cdot 10^{-2} mol$

وبالنسبة لـ  $HO^-$  :  $n_i = C \cdot V = 2,50 \cdot 10^{-1} \times 150 \cdot 10^{-3}$  ؛  $n_i = 3,75 \cdot 10^{-2} mol$

وحسب الجدول الوصفي لدينا:

بالنسبة لـ  $C_6H_5CO_2H$  :  $n_i(C_6H_5CO_2H) - x_{max} \geq 0$

ومنه:  $x_{max} \leq n_i(C_6H_5CO_2H)$  أي  $x_{max} \leq 2,46 \cdot 10^{-2} mol$

وبالنسبة لـ  $HO^-$  :  $n_i(HO^-) - x_{max} \geq 0$

ومنه:  $x_{max} \leq n_i(HO^-)$  أي  $x_{max} \leq 3,75 \cdot 10^{-2} mol$

يوافق التقدم الأقصى أصغر قيمة لـ  $x_{max}$  إذا:  $x_{max} = 2,46 \cdot 10^{-2} mol$

\* المتفاعل المحد هو: حمض البنزويك  $C_6H_5CO_2H$ .

3.3- حساب التركيز النهائي للأيونات  $C_6H_5CO_2^-$ :

$$\text{لدينا: } [C_6H_5CO_2^-] = \frac{n_f(C_6H_5CO_2^-)}{V}$$

وحسب الجدول الوصفي لدينا عند الحالة النهائية:  $n_f(C_6H_5CO_2^-) = x_{\max}$

$$\text{إذا: } [C_6H_5CO_2^-] = \frac{x_{\max}}{V}$$

$$\text{تطبيق عددي: } [C_6H_5CO_2^-] = \frac{2,46 \cdot 10^{-2}}{150 \cdot 10^{-3}}, [C_6H_5CO_2^-] = 1,64 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

### تمرين 6 - حمض الكلوريدريك التجاري

تحمل البطاقة الوصفية لمحلول حمض الكلوريدريك التجاري المعلومات التالية:

$$\text{«HCl ; } d=1,12 \text{ ; } p=25\% \text{ en masse ; } M_{HCl}=36,5 \text{ g.mol}^{-1}\text{»}$$

- 1- هل يحتوي المحلول على غاز كلورور الهيدروجين؟
- 2- ما مدلول المعلومات المدونة على البطاقة؟
- 3- اكتب معادلة التفاعل قاعدة/حمض بين غاز كلورور الهيدروجين والماء.
- 4- حدد كمية مادة المذاب اللازمة لتحضير 1L من المحلول.

### الحل

1- محتوى المحلول:

لا يحتوي المحلول المائي لحمض الكلوريدريك على غاز كلورور الهيدروجين وإنما يحتوي على  $H_3O^+_{aq}$  و  $Cl^-_{aq}$ .

2- مدلول المعلومات:

\*  $HCl$ : صيغة كلورور الهيدروجين.

\*  $d$ : كثافة المحلول (مقدار بدون وحدة).

\*  $p$ : النسبة المئوية الكتلية.

\*  $M_{HCl}$ : الكتلة المولية لـ  $HCl$ .

3- معادلة التفاعل:



#### 4- تحديد كمية مادة المذاب:

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} \text{ لدينا}$$

مع:  $m(\text{HCl}) = p \cdot m$  حيث  $m = \rho \cdot V$  كتلة الحجم  $V$  من المحلول

وحسب كثافة المحلول:  $\rho = d \cdot \rho_{\text{eau}}$  نستخلص:  $m = \rho_{\text{eau}} \cdot V \cdot d$

$$n(\text{HCl}) = \frac{p \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V \cdot d}{M(\text{HCl})} \text{ وبالتالي } m(\text{HCl}) = p \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V \cdot d$$

$$n(\text{HCl}) = 7,67 \text{ mol}, n(\text{HCl}) = \frac{0,25 \times 1 \times 1 \times 10^3 \times 1,12}{36,6} \text{ : تطبيق عددي}$$

بما أن وحدة  $\rho$  هي  $\text{g/cm}^3$  يُعبر عن الحجم  $V$  بـ  $\text{cm}^3$   
 $1\text{L} = 10^3 \text{cm}^3$

#### تمرين 7 - محلول حمض بروميدريك

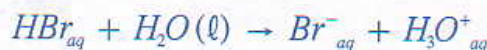
- 1- صيغة حمض البروميدريك هي  $\text{HBr}$ ، اكتب معادلة تفاعل هذا الحمض مع الماء.
- 2- النسبة الكتلية لـ  $\text{HBr}$  بالنسبة لمحلول  $S_0$  هي:  $p = 47,0\%$ ، وكثافة  $S_0$  بالنسبة للماء  $d = 1,47$ .

- 2.1- ما التركيز  $C$  لمحلول  $S$  تم تحضيره بإضافة الحجم  $V_0 = 10,0 \text{mL}$  من المحلول  $S_0$  على الماء للحصول على  $V = 250 \text{mL}$  من المحلول  $S$ ؟  
 نعطي الكتلة الحجمية للماء  $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \cdot 10^3 \text{g/L}$
- 2.2- ما تركيب المحلول  $S$  بالتركيز المولي؟
- 3- نضيف للحجم  $V_1 = 15,0 \text{mL}$  من المحلول  $S$ ، حجما  $V_2 = 20,0 \text{mL}$  لمحلول الأمونياك  $\text{NH}_3$  تركيزه المولي  $C_2 = 0,10 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 اكتب معادلة التفاعل الحاصل وأعط التركيب النهائي للمجموعة الكيميائية.

### الحل

#### 1- كتابة المعادلة:

يتفاعل الحمض  $\text{HBr}$  مع القاعدة  $\text{H}_2\text{O}$  حسب المعادلة:



2-

#### 2.1- تركيز المحلول $S$ :

كتلة الحجم  $V_0$  من المحلول  $S_0$  هي:  $m_0 = \rho_0 \cdot V_0$

مع  $\rho_0$  الكتلة الحجمية للمحلول  $S_0$  بحيث:  $\rho_0 = d \cdot \rho_{\text{eau}}$  نحصل على:  $m_0 = d \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V_0$

الكثافة:

$$d = \frac{m}{m_{\text{eau}}} = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$$



- يحتوي الحجم  $V_0$  من المحلول  $S_0$  على الكتلة  $m(HBr) = p \cdot m_0$

$$n_0 = \frac{m(HBr)}{M(HBr)} = \frac{p \cdot d \cdot \rho_{eau} \cdot V_0}{M(HBr)}$$

إذا كمية مادة حمض البروميديريك المذاب في  $V_0$  هي:

وبما أن حجم المحلول المحصل عليه هو:  $V = 250 \text{ mL}$ .

$$C = \frac{n_0}{V} \quad \text{أي} \quad C = \frac{p \cdot d \cdot \rho_{eau} \cdot V_0}{M(HBr) \cdot V}$$

$$C = 0,342 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad C = \frac{0,470 \times 1,47 \times 1,00 \cdot 10^3 \times 10,0}{(1 + 79,9) \times 250,0}$$

تطبيق عددي:

## 2.2- تركيب المحلول S:

يتفاعل حمض البروميديريك مع الماء فينتج عن ذلك تكون أيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$  والبرومور

$$Br^- \text{ بكميات مادة متساوية: } n_0(H_3O^+) = n_0(Br^-)$$

هاتان الكميتان توجدان في الحجم  $V$  من المحلول، وبالتالي:

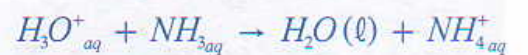
$$[Br^-] = [H_3O^+] = C \quad \text{أي} \quad [Br^-] = [H_3O^+] = \frac{n_0}{V}$$

$$[Br^-] = [H_3O^+] = 0,342 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

تطبيق عددي:

## 3- معادلة التفاعل الحاصل:

الأمونياك  $NH_3$  قاعدة يمكن أن تتفاعل مع أيونات الأوكسونيوم  $H_3O^+$  وفق المعادلة:



- تركيب المجموعة الكيميائية عند نهاية التحول:

كميات المادة البدئية:

$$n_1 = C \cdot V_1 \quad \text{بالنسبة لـ } H_3O^+$$

$$n_1 = 5,13 \text{ mmol} \quad \text{أو} \quad n_1 = 5,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad ; \quad n_1 = 0,342 \times 15,0 \cdot 10^{-3}$$

تطبيق عددي:

$$n_2 = C_2 \cdot V_2 \quad \text{بالنسبة لـ } NH_3$$

$$n_2 = 2,0 \text{ mmol} \quad n_2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad n_2 = 0,10 \times 20,0 \cdot 10^{-3}$$

تطبيق عددي:

يعطي الجدول التالي تقدم التفاعل:

المعادلة	$H_3O^+(aq) + NH_3(aq) \rightarrow H_2O(l) + NH_4^+(aq)$			
الحالة البدئية	$n_1$	$n_2$	وفير	0
الحالة النهائية	$n_1 - x_{max}$	$n_2 - x_{max}$	وفير	$x_{max}$

لدينا:  $x_{max} \leq n_1$  ومنه  $n_1 - x_{max} \geq 0$

و  $x_{max} \leq n_2$  ومنه  $n_2 - x_{max} \geq 0$

بما أن:  $n_2 < n_1$  فإن  $x_{max} = n_2 = 2,0 \text{ mmol}$

ومنه تركيب المجموعة الكيميائية:

$$n_f(NH_4^+) = x_{max} = 2,0 \text{ mmol} \quad ; \quad n_f(NH_3) = 0 \text{ mol}$$

$$n_f(H_3O^+) = n_1 - x_{max} = 3,1 \text{ mol}$$

### 8- تمرين إزالة الرواسب المتوضعة في جهاز تحضير القهوة:

تتوضع أجسام في أجهزة تحضير القهوة أو في قنوات الماء نتيجة عن تكوّن راسب صلب لكاربونات الكالسيوم  $CaCO_3(s)$  بسبب تسخين الماء. لإزالة *le tartre* نستعمل حمض سولفاميك *sulfamique* صيغته  $H_2N-SO_3H(s)$ .  
في مرحلة أولى، نحضر محلولاً بإذابة حمض السولفاميك في الماء الدافئ. عند تمرير هذا المحلول في جهاز تحضير القهوة، نلاحظ زوال الراسب الأبيض لـ *tartre*: تتحول أيونات الكربونات  $CO_3^{2-}$  إلى أيونات هيدروجينو كربونات  $HCO_3^-$ .  
هيدروجينو كربونات الكالسيوم قابل للذوبان في الماء، وفي بعض الحالات نلاحظ تصاعد غاز.

1- أعط صيغة القاعدة المرافقة لحمض سولفاميك (البروتون الداخل في التفاعل هو المكتوب بالأخضر).

اكتب صيغة المزدوجة لحمض سولفاميك.

2- خلال ذوبانه في الماء، يتفاعل حمض سولفاميك مع الماء.

اكتب معادلة هذا التفاعل. ما النوع الكيميائي الحمضي الموجود بعد نهاية التحول؟

3- يتفاعل هذا النوع الكيميائي مع أيونات الكربونات الصادرة من الراسب المتوضع.

ما المزدوجتان حمض قاعدة اللتان تدخلان في هذا التفاعل؟  
اكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة لهذا التحول.

4- يمكن للأيونات هيدروجينو كربونات أن تتفاعل مع أيونات أوكسونيوم. اكتب معادلة التفاعل، هل يسمح هذا التفاعل بتفسير صعود غاز في حالات معينة؟ ما الظروف اللازمة التي تسمح بصعود الغاز؟

## الحل

### 1- صيغة القاعدة المرافقة:

القاعدة المرافقة لحمض سيلفاميك  $H_2N-SO_3H$  هي:



تكتب صيغة المزدوجة:  $H_2N - SO_3H(s) / H_2N - SO_3^-_{aq}$ .

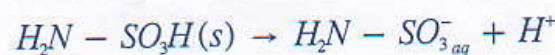
### 2- معادلة التفاعل:

المزدوجتان المتفاعلتان هما:

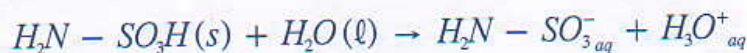


يتم التفاعل بين الحمض  $H_2N-SO_3H$  والقاعدة  $H_2O$  للمزدوجة  $H_3O^+_{aq} / H_2O(l)$ .

نمثل التحولات التي تطرأ على طرفي كل من المزدوجتين:



إذن معادلة التفاعل تكتب:



الحمض الذي يوجد عند نهاية التفاعل هو  $H_3O^+_{aq}$ .

### 3- المزدوجتان حمض-قاعدة:

تتفاعل أيونات  $H_3O^+_{aq}$  مع أيونات  $CO_3^{2-}$ : المزدوجتان حمض قاعدة الداخلتان في هذا التفاعل هما:



لتحديد صيغة القاعدة المرافقة يُحذف بروتون  $H^+$  من صيغة الحمض.

ليتم التفاعل يجب أن يكون أحد المتفاعلين حمض والآخر قاعدة.

فبالنسبة لهذا التمرين يجب أن يلعب  $H_2O$  دور القاعدة لأن  $H_2N-SO_3H$  حمض.

تحدد معادلة التفاعل انطلاقاً من نصفي المعادلة.

تم التحولات في المنحى التالي:  $H_3O^+_{aq} \rightarrow H_2O(l) + H^+$



وبالتالي معادلة التفاعل تكتب:  $H_3O^+_{aq} + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O(l) + HCO_3^-_{aq}$

#### 4- معادلة التفاعل:

يتم التفاعل بين الحمض  $H_3O^+_{(aq)}$  للمزدوجة  $H_3O^+_{aq}/H_2O(l)$  والقاعدة  $HCO_3^-_{aq}$  للمزدوجة  $(CO_2 + H_2O)/HCO_3^-_{aq}$ .



معادلة التفاعل هي:  $H_3O^+_{aq} + HCO_3^-_{aq} \rightarrow H_2O(l) + CO_2, H_2O_{aq}$

ليحدث التفاعل يجب أن يكون كل من المتفاعلين حاضراً في المجموعة الكيميائية.

الأيونات  $HCO_3^-_{aq}$  متواجدة لأنها من نواتج التفاعل بين أيونات  $CO_3^{2-}$  لـ tartre وأيونات  $H_3O^+_{(aq)}$ .

الأيونات  $H_3O^+_{(aq)}$  لا توجد في المجموعة الكيميائية إلا إذا استعمل حمض سولفاميك بكمية وافرة.

#### تمرين 9 - سماد التربة:

نحصل على نترات الأمونيوم الذي يستعمل كسماد للتربة بمزج الأمونياك مع محلول مائي لحمض النتريك في محرك. معادلة التفاعل المنمذج لهذا المحلول هي:



نستخلص، بعد إزالة الماء، نترات الأمونيوم الصلب.

1- بين أن المعادلة تتعلق بتفاعل حمض قاعدة وحدد الحمض والقاعدة.

2- أنشئ الجدول الوصفي وعبر عن التقدم الأقصى باعتبار  $H_3O^+_{aq}$  كمتفاعل محدد.

3- يُحضّر محلول حمض النتريك بتفاعل حمض قاعدة بين حمض النتريك  $HNO_3(l)$  والماء. اكتب معادلة التفاعل.

4- احسب كمية مادة أيونات الأكسونيوم الموجودة في حجم  $V=1000L$  من محلول تمثل فيه النسبة الكتلية المئوية لـ  $HNO_3$  :  $p=60,0\%$ .

5- احسب الحجم  $V'$  للأمونياك  $NH_3(g)$  الدنوي اللازم لتفاعل أيونات الأوكسونيوم كلياً عند درجة الحرارة  $20^\circ C$  وتحت الضغط الجوي.

نعطي:  $M(NH_3) = 17,0 g \cdot mol^{-1}$ ؛ كثافة محلول حمض النتريك  $d = 1,37$   
الكتلة الحجمية للماء  $\rho = 1,000 g/cm^3$  الحجم المولي للغازات عند  $20^\circ C$   
و  $V_m = 24,0 L : 1,013 \cdot 10^5 Pa$ .

## الحل

### 1- البرهنة وتحديد الحمض والقاعدة:

يكتسب الأمونياك  $NH_3(g)$  خلال التفاعل بروتونا  $H^+$  ليكوّن الأيون  $NH_4^+$ ، ويفقد أيون الأوكسونيوم  $H_3O^+$  بروتونا  $H^+$  ليكوّن الماء  $H_2O(l)$ . إذا بما أن هناك انتقال بروتون  $H^+$  بين المتفاعلين فإن التفاعل تفاعل حمض-قاعدة.

وحسب تعريف برونشد:

الحمض هو  $H_3O^+$  والقاعدة هي  $NH_3(g)$ .

### 2- إنشاء الجدول الوصفي وتحديد تعبير التقدم الأقصى:

• الجدول الوصفي:

المعادلة		$NH_3(g) + H_3O^+(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + H_2O(l)$			
	التقدم	$n(NH_3)$	$n(H_3O^+)$	$n(NH_4^+)$	$n(H_2O)$
الحالة البدئية	0	$n_i(NH_3)$	$n_i(H_3O^+)$	$n_i(NH_4^+)$	وفير
خلال التطور	$x$	$n_i(NH_3) - x$	$n_i(H_3O^+) - x$	$x$	وفير
الحالة النهائية	$x_{max}$	$n_i(NH_3) - x_{max}$	$n_i(H_3O^+) - x_{max}$	$x_{max}$	وفير

تعبير التقدم الأقصى:

بما أن  $H_3O^+$  هو المتفاعل الأقصى فإن:  $n_i(H_3O^+) - x_{max} = 0$

ومنه:  $x_{max} = n_i(H_3O^+)$

### 3- معادلة التفاعل:

المزدوجتان المتفاعلتان:  $HNO_3(l) / NO_3^-_{aq}$  و  $H_3O^+_{aq} / H_2O(l)$



### 4- حساب كمية مادة الأيونات $H_3O^+$ :

حسب المعادلة أعلاه لدينا:  $n_i(H_3O^+) = n(HNO_3)$

$$n(HNO_3) = \frac{m(HNO_3)}{V(HNO_3)} \text{ مع}$$

وبما أن كتلة الحجم  $V$  من المحلول هي:  $m = d \cdot \rho_{eau} \cdot V$

وحسب النسبة الكتلية المئوية:  $m(HNO_3) = p \cdot m$

$$n_i(H_3O^+) = \frac{p \cdot d \cdot \rho_{eau} \cdot V}{M(H_3O^+)} \text{ وبالتالي } n(HNO_3) = \frac{p \cdot d \cdot \rho_{eau} \cdot V}{M(HNO_3)}$$

بما أن وحدة  $\rho$  هي  $g/cm^3$ ،  
نعبر عن الحجم  $V$  ب  $cm^3$   
 $1l = 1dam^3$   
 $= 10^3 cm^3$

$$n_i(H_3O^+) = 1,30 \cdot 10^4 mol \text{ ، } n_i(H_3O^+) = \frac{0,600 \times 1,37 \times 1,000 \times 1000 \cdot 10^3}{63,0}$$

### 5- حساب الحجم $V'$ للأمونياك اللازم:

$$V' = n_{i_{min}}(NH_3) \cdot V_m$$

وحسب الجدول الوصفي (السؤال 2) لدينا:  $n_i(NH_3) - x_{max} \geq 0$

$$x_{max} = n_i(H_3O^+) \text{ مع } n_i(NH_3) \geq x_{max}$$

نحصل على:  $n_i(NH_3) \geq n_i(H_3O^+)$  كمية المادة الذرية للأمونياك هي  $n_{i_{min}}(NH_3) = n_i(H_3O^+)$

$$V' = n_i(H_3O^+) \cdot V_m \text{ وبالتالي}$$

$$V' = 3,12 \cdot 10^5 L$$

$$\text{تطبيق عددي: } V' = 1,30 \cdot 10^4 \times 24,0$$

### تمرين 10 - تحديد النسبة المئوية لمنتج تجاري

يتفاعل حمض الإيثانويك الموجود في الخل مع هيدروجينو كربونات الصوديوم ليعطي تصاعد غاز.

لتحديد النسبة المئوية الكتلية لهيدروجينو كربونات الصوديوم لمنتج تجاري ننجز التجربة التالية:

ندخل بأنبوب اختبار مزود بأنبوب تصاعد عينة من المنتج التجاري كتلتها  $m_0 = 2,0g$  ونصب عليها حمض الإيثانويك بإفراط.

- حجم الغاز المتصاعد المحصل عليه عند نهاية التحول هو  $V=89\text{mL}$ .
- 1- اكتب الصيغة الكيميائية لهيدروجينو كربونات الصوديوم الصلب وحدد نواتج ذوبانه في الماء.
  - 2- عين المزدوجتين قاعدة/حمض المتفاعلين في الأنبوب.
  - 3- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول وحدد الغاز الناتج.
  - 4- أنشئ الجدول الوصفي للتحول الكيميائي وحدد التقدم الأقصى. نعطي الحجم المولي في ظروف التجربة  $V_m=24,0\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$
  - 5- ما كتلة هيدروجينو كربونات الصوديوم المتفاعل؟
  - 6- استنتج النسبة المئوية الكتلية لهيدروجينو كربونات الصوديوم في المنتج التجاري.

## الحل

1- صيغة المركب ونواتج ذوبانه في الماء:

الصيغة:  $\text{NaHCO}_3$

النواتج: يؤدي ذوبان  $\text{NaHCO}_3$  في الماء إلى تكون:

الأيونات  $\text{Na}^+_{aq}$  و  $\text{HCO}_3^-_{aq}$

2- تعيين المزدوجتين:

المزدوجة الأولى:  $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})/\text{HCO}_3^-_{aq}$

المزدوجة الثانية:  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{aq}/\text{CH}_3\text{CO}_2^-_{aq}$

3- معادلة التفاعل وتحديد الغاز الناتج:

لدينا نصف المعادلة الأولى:  $\text{HCO}_3^-_{aq} + \text{H}^+ = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$

ونصف المعادلة الثانية:  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{aq} = \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{aq} + \text{H}^+$

إذا معادلة التفاعل هي:



الغاز الناتج هو ثنائي أوكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ).

#### 4- الجدول الوصفي و $x_{max}$ :

• الجدول الوصفي:

المعادلة		$HCO_3^-_{aq} + CH_3CO_2H_{aq} \rightarrow CO_2(g) + CH_3CO_2^-_{aq} + H_2O(l)$				
	التقدم	$n(HCO_3^-)$	$n(CH_3CO_2H)$	$n(CO_2)$	$n(CH_3CO_2^-)$	$n(H_2O)$
الحالة البدئية	0	$n_i(HCO_3^-)$	وفير	0	وفير	وفير
خلال التطور	x	$n_i(HCO_3^-) - x$	وفير	x	وفير	وفير
الحالة النهائية		$n_i(HCO_3^-) - x_{max}$	وفير	$x_{max}$	وفير	وفير

• تحديد قيمة  $x_{max}$ :

لدينا حسب الجدول الوصفي:  $x_{max} = n_f(CO_2)$

وحسب حجم  $CO_2$  الناتج عند نهاية التحول نجد:  $n_f = \frac{V}{V_m} = \frac{89.10^{-3}}{24,0}$

أي  $n_f = 3,7.10^{-3} mol$

وبالتالي:  $x_{max} = 3,7.10^{-3} mol$

#### 5- كتلة هيدروجينو كربونات الصوديوم المتفاعل:

لدينا:  $m = n(NaHCO_3) \cdot M(NaHCO_3)$

مع:  $n(NaHCO_3) = n(HCO_3^-)$

وبما أن الحمض مستعمل بوفرة فإن:  $n_i(HCO_3^-) - x_{max} = 0$

أي:  $n(HCO_3^-) = x_{max}$

وبالتالي:  $m = x_{max} \cdot M(NaHCO_3)$

تطبيق عددي:  $m = 3,7.10^{-3} \times 84$  ؛  $m = 0,31g$

#### 6- استنتاج النسبة المئوية:

تحتوي كتلة العينة  $m_0$  على  $m$  من  $(NaHCO_3)$

وبالنسبة ل 100g نجد:  $\frac{m}{m_0} \times 100 = 16\%$

إذا النسبة المئوية الكتلية هي:  $16\%$ .