

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.

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

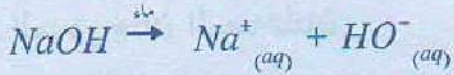
3- الأيونات المتفرجة:

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

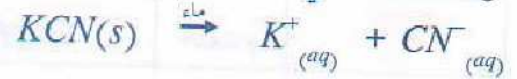
الحل

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

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

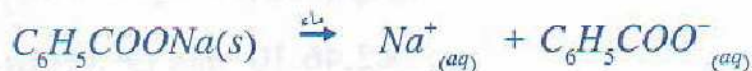
تمرين 5 - مواد حافظة

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:

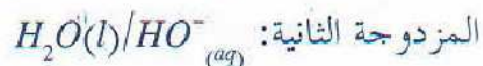
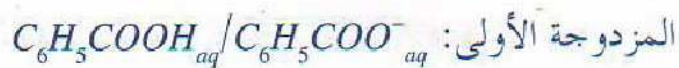


2- تعيين المزدوجة قاعدة/حمض وكتابة نصف المعادلة:

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

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

3.1 - المزدوجتان 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 البداية	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: $n_f(C_6H_5CO_2) = x_{\max}$

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

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

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:

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

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

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

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

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

بما أن وحدة ρ هي g/cm^3 يُعبر عن الحجم V بـ cm^3
 $1L = 10^3 cm^3$

تمرين 7 - محلول حمض بروميدريك

- 1- صيغة حمض البروميدريك هي HBr ، اكتب معادلة تفاعل هذا الحمض مع الماء.
- 2- النسبة الكتلية لـ 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 $\rho_{eau} = 1,00 \cdot 10^3 \text{ g/L}$

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 NH_3 تركيزه المولي $C_2 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$

اكتب معادلة التفاعل الحاصل وأعط التركيب النهائي للمجموعة الكيميائية.

الحل

1- كتابة المعادلة:

يتفاعل الحمض HBr مع القاعدة H_2O 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 ρ_0 الكتلة الحجمية للمحلول S_0 بحيث: $\rho_0 = d \cdot \rho_{eau}$ نحصل على: $m_0 = d \cdot \rho_{eau} \cdot V_0$

الكثافة:

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

- 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:

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

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

تمرين 8 - 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 المتوضّع.

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

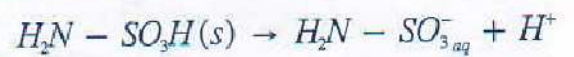
2- معادلة التفاعل:

المزدوجتان المتفاعلتان هما:

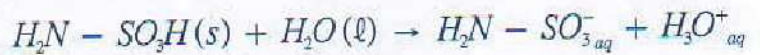


يتم التفاعل بين الحمض H_2N-SO_3H والقاعدة H_2O للمزدوجة $H_3O^+_{aq} / H_2O(l)$.

نمثل التحولات التي تطرأ على طرفي كل من المزدوجتين:



إذن معادلة التفاعل تكتب:

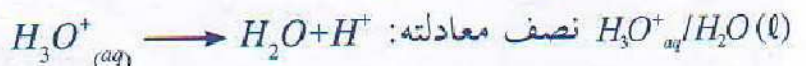


الحمض الذي يوجد عند نهاية التفاعل هو $H_3O^+_{(aq)}$.

3- المزدوجتان حمض-قاعدة:

تتفاعل أيونات $H_3O^+_{(aq)}$ مع أيونات CO_3^{2-} : المزدوجتان حمض

قاعدة الداخلتان في هذا التفاعل هما:



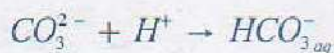
لتحديد صيغة القاعدة المرافقة يُحذف بروتون H^+ من صيغة الحمض.

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: $M(NH_3) = 17,03 \text{ g.mol}^{-1}$ ؛ كثافة محلول حمض النتريك $d = 1,37$

الكتلة الحجمية للماء $\rho = 1,000 \text{ g/cm}^3$ الحجم المولي للغازات عند $20^\circ C$

و $V_m = 24,0 \text{ L} ; 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

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: $HNO_3(\ell) / NO_3^-_{aq}$ و $H_3O^+_{aq} / H_2O(\ell)$



4- حساب كمية مادة الأيونات H_3O^+ :

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

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

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

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

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

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

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

5- حساب الحجم V' للأمونياك اللازم:

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

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

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

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

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

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

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

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: NaHCO_3

النواتج: يؤدي ذوبان NaHCO_3 في الماء إلى تكون:

الأيونات 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 (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: $n_f = \frac{V}{V_m} = \frac{89 \cdot 10^{-3}}{24,0}$

أي $n_f = 3,7 \cdot 10^{-3} mol$

وبالتالي: $x_{max} = 3,7 \cdot 10^{-3} mol$

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: $m = 3,7 \cdot 10^{-3} \times 84$ ؛ $m = 0,31g$

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%