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.

الحـــــل

1- المزدوجتان المشاركتان في التحول:

المزدوجة الأولى: $NH_{4\,aq}^{+}/NH_{3aq}$

المزدوجة الثانية: $H_3O^{+}_{(aq)}/H_2O(l)$

2- نصفا المعادلتين البروتونيتين:

$$H_3O^{+}=H_2O+H^{+}$$

$$NH_3 + H^{+} = NH_4^{+}$$

3- معادلة التفاعل

$$NH_{3aq} + H_3O^{+}_{aq} \rightarrow NH_{4\,aq}^{+} + H_2O(l)$$

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.

الحـــــل

1- التعليل:

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

$$HBt=Bt^{-}+H^{+}$$

فإن المزدوجة HBt/Bt^{-} مزدوجة قاعدة/حمض.

Moutamadris.ma

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: $NH^+_{4\,aq}/NH_{3aq}$

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

المعادلة: $NH^+_{4\,aq} + HO_{aq} \rightarrow NH_{3aq} + H_2O(l)$

Moutamadris.ma

3- الأيونات المتفرجة:

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: $n_i(NH_4^+) - x_{max} \geqslant 0,1mol$ أي $x_{max} \leqslant 0,1mol$

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

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^+

ذوبان كلورور الأمونيوم في الماء.

$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_{4\,aq}^+ + Cl^-_{aq}$

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

- ذوبان هيدروكسيد الصوديوم في الماء:

$NaOH \xrightarrow{\text{ماء}} Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$

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

تمرين 4 أيونات السيانور

نعتبر التفاعل بين أيونات السيانور وأيونات الأكسونيوم وفق المعادلة:

$$CN^-_{(aq)} + H_3O^+ \rightarrow HCN_{(aq)} + H_2O(l)$$

1- عين المزدوجتين قاعدة/حمض المتفاعلتين.

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

Moutamadris.ma

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 $C_2=1,0.10^{-1}mol.L^{-1}$ لتتفاعل الأيونات CN^- كليا.

الحل

1- المزدوجتان المتفاعلتان:

$HCN_{(aq)}/CN^-_{(aq)}$ و $H_3O^+_{(aq)}/H_2O(l)$

2/ 2.1- حساب C_1:

ذوبان KCN في الماء يتم وفق المعادلة:

$$KCN(s) \xrightarrow{\text{ماء}} K^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

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

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

تطبيق عددي: $C_1 = \frac{3,0}{0,5 \times 65,1}$ ؛ $C_1=4,6.10^{-2}mol.L^{-1}$

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^+ →	$HCN_{(aq)}$ +	$H_2O(l)$
	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

Moutamadris.ma

لدينا: $n_i(CN^-)=4,6.10^{-2}mol$ و $n_i(H_3O^+)=C_2.V_2$.

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

ومنه: $x_{max}=n_i(CN^-)$ أي: $x_{max}=4,6.10^{-2}mol$

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: $V_2=\frac{4,6.10^{-2}}{1,0.10^{-1}}$ ؛ $V_2=4,6.10^{-1}L$

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 $C=2,50.10^{-1}mol.L^{-1}$.

3.1- حدد المزدوجتين المتفاعلتين واكتب معادلة التفاعل.

3.2- أنشئ الجدول الوصفي للتحول الكيميائي وحدد قيمة التقدم الأقصى وعين المتفاعل المحد.

3.3- احسب التركيز النهائي لأيونات البنزوات.

الحـــــل

1- معادلة الذوبان:

$$C_6H_5COONa(s) \xrightarrow{\text{ماء}} Na^+_{(aq)} + C_6H_5COO^-_{(aq)}$$

2- تعيين المزدوجة قاعدة/حمض وكتابة نصف المعادلة:

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

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

Moutamadris.ma

3/ 3.1- المزدوجتان ومعادلة التفاعل:

المزدوجة الأولى: $C_6H_5COOH_{aq}/C_6H_5COO^-_{aq}$

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

المعادلة:

$$C_6H_5COOH_{aq} + HO^-_{aq} \rightarrow C_6H_5COO^-_{aq} + H_2O(l)$$

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 $C_2H_5CO_2H$: $n_i = \frac{m}{M} = \frac{3,00}{122}$ ؛ $n_i = 2,46.10^{-2}mol$

وبالنسبة لـ HO^-: $n_i = C.V = 2,50.10^{-1} \times 150.10^{-3}$ ؛ $n_i = 3,75.10^{-2}mol$

وحسب الجدول الوصفي لدينا:

بالنسبة لـ $C_2H_5CO_2H$: $n_i(C_6H_5CO_2H) - x_{max} \geqslant 0$

ومنه: $x_{max} \leqslant n_i(C_6H_5CO_2H)$ أي $x_{max} \leqslant 2,46.10^{-2}mol$

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

ومنه: $x_{max} \leqslant n_i(HO^-)$ أي $x_{max} \leqslant 3,75.10^{-2}mol$

يوافق التقدم الأقصى أصغر قيمة لـ x_{max} إذا: $x_{max} = 2,46.10^{-2}mol$

Moutamadris.ma

* المتفاعل المحد هو: حمض البنزويك $C_6H_5CO_2H$.

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

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

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

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

تطبيق عددي: $[C_6H_5CO_2^-] = \frac{2,46.10^{-2}}{150.10^{-3}}$، $[C_6H_5CO_2^-] = 1,64.10^{-1} mol.L^{-1}$

تمرين 6 **حمض الكلوريدريك التجاري**

تحمل البطاقة الوصفية لمحلول حمض الكلوريدريك التجاري المعلومات التالية:

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

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.

الحـــــل

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 المائوية الكتلية.
* M_{HCl}: الكتلة المولية لـــ HCl.

3- معادلة التفاعل:

$$HCl(g) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

Moutamadris.ma

4- تحديد كمية مادة المذاب:

لدينا: $n(HCl)=\frac{m(HCl)}{M(HCl)}$

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

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

و $m(HCl)=p.\rho_{eau}.V.d$ وبالتالي: $n(HCl)=\frac{p.\rho_{eau}.V.d}{M(HCl)}$

تطبيق عددي : $n(HCl)=\frac{0,25\times1\times1\times10^{3}\times1,12}{36,6}$، $n(HCl)=7,67mol$

بما أن وحدة ρ هي g/cm^3 يُعبر عن الحجم V ب cm^3

$1L=10^3cm^3$

تمرين 7 — محلول حمض بروميدريك

1- صيغة حمض البروميدريك هي HBr، اكتب معادلة تفاعل هذا الحمض مع الماء.

2- النسبة الكتلية ل 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 $V_0=10,0mL$ من المحلول S_0 على الماء للحصول على $V=250mL$ من المحلول S؟

نعطي الكتلة الحجمية للماء $\rho_{eau}=1,00.10^3g/L$

2.2- ما تركيب المحلول S بالتركيز المولي؟

3- نضيف للحجم $V_1=15,0mL$ من المحلول S، حجما $V_2=20,0mL$ لمحلول الأمونياك NH_3 تركيزه المولي $C_2=0,10mol.L^{-1}$

اكتب معادلة التفاعل الحاصل وأعط التركيب النهائي للمجموعة الكيميائية.

الحـــــل

1- كتابة المعادلة:

يتفاعل الحمض HBr مع القاعدة H_2O حسب المعادلة:

$$HBr_{aq}+H_2O(\ell)\rightarrow Br^-_{aq}+H_3O^+_{aq}$$

الكثافة:

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

2-

2.1- تركيز المحلول S:

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

مع ρ_0 الكتلة الحجمية للمحلول S_0 بحيث: $\rho_0=d.\rho_{eau}$ نحصل على: $m_0=d.\rho_{eau}.V_0$

Moutamadris.ma

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

إذا كمية مادة حمض البروميدريك المذاب في V_0 هي: $n_0=\frac{m(HBr)}{M(HBr)}=\frac{p.d.\rho_{eau}.V_0}{M(HBr)}$

وبما أن حجم المحلول المحصل عليه هو: $V=250mL$.

فإن: $C=\frac{n_0}{V}$ أي : $C=\frac{p.d.\rho_{eau}.V_0}{M(HBr).V}$

تطبيق عددي: $C=\frac{0,470\times 1,47\times 1,00.10^3\times 10,0}{(1+79,9)\times 250,0}$ $C=0,342mol.L^{-1}$

2.2- تركيب المحلول S:

يتفاعل حمض البروميدريك مع الماء فينتج عن ذلك تكون أيونات الأوكسونيوم H_3O^+ والبروموز Br^- بكميات مادة متساوية: $n_0(H_3O^+)=n(Br^-)$

هاتان الكميتان توجدان في الحجم V من المحلول، وبالتالي:

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

تطبيق عددي: $[Br^-]=[H_3O^+]=0,342mol.L^{-1}$

3- معادلة التفاعل الحاصل:

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

$$H_3O^+_{aq}+NH_{3aq}\rightarrow H_2O(\ell)+NH^+_{4\,aq}$$

- تركيب المجموعة الكيميائية عند نهاية التحول:

كميات المادة البدئية:

- بالنسبة ل H_3O^+: $n_1=C.V_1$

تطبيق عددي: $n_1=0,342\times 15,0.10^{-3}$؛ $n_1=5,13.10^{-3}mol$ أو $n_1=5,13mmol$

- بالنسبة ل NH_3: $n_2=C_2.V_2$

تطبيق عددي: $n_2=0,10\times 20,0.10^{-3}$ $n_2=2,0.10^{-3}mol$ $n_2=2,0mmol$

يعطي الجدول التالي تقدم التفاعل:

Moutamadris.ma

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

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

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

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

ومنه تركيب المجموعة الكيميائية:

$n_f(NH_3) = 0mol$ ؛ $n_f(NH_4^+) = x_{max} = 2,0mmol$

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

تمرين 8 **إزالة الرواسب المتوضعة في جهاز تحضير القهوة:**

تتوضع أجسام في أجهزة تحضير القهوة أو في قنوات الماء نتيجة عن تَكَون راسب صلب لكربونات الكالسيوم $CaCO_3(s)$ بسبب تسخين الماء. لإزالة *le tartre*، نستعمل حمض سولفاميك *sulfamique* صيغته $H_2N-SO_3H(s)$.

في مرحلة أولى، نحضر محلولا بإذابة حمض السولفاميك في الماء الدافئ. عند تمرير هذا المحلول في جهاز تحضير القهوة، نلاحظ زوال الراسب الأبيض ل *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.

Moutamadris.ma

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

4- يمكن للأيونات هيدروجينوكربونات 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؟

الحـــــل

1- صيغة القاعدة المرافقة:

القاعدة المرافقة لحمض سيلفاميك H_2N-SO_3H هي:

$H_2N-SO_{3\,aq}^-$.

تكتب صيغة المزدوجة: $H_2N-SO_3H(s)/H_2N-SO_{3\,aq}^-$.

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

2- معادلة التفاعل:

المزدوجتان المتفاعلتان هما:

- $H_2N-SO_3H(s)/H_2N-SO_{3\,aq}^-$ نصف معادلته: $H_2N-SO_3H(s)=H_2N-SO_3^-(aq)+H^+$
- $H_3O^+_{aq}/H_2O(\ell)$ نصف معادلته: $H_3O^+_{aq}=H_2O(\ell)+H^+$

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

نمثل التحولات التي تطرأ على طرفي كل من المزدوجتين:

$H_2N-SO_3H(s)\rightarrow H_2N-SO_{3\,aq}^-+H^+$

و $H_2O(\ell)+H^+\rightarrow H_3O^+$

إذن معادلة التفاعل تكتب:

$H_2N-SO_3H(s)+H_2O(\ell)\rightarrow H_2N-SO_{3\,aq}^-+H_3O^+_{aq}$

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

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.

3- المزدوجتان حمض-قاعدة:

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

$H_3O^+_{(aq)}$ نصف معادلته: $H_3O^+_{aq}/H_2O(\ell)$ $\longrightarrow H_2O+H^+$

$HCO_{3\,aq}^-$ نصف معادلته: $HCO_{3\,aq}^-/CO_3^{2-}{}_{aq}$ $\rightarrow CO_3^{2-}+H^+$

تحدد معادلة التفاعل انطلاقا من نصفي المعادلة.

Moutamadris.ma

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

$$CO_3^{2-} + H^+ \rightarrow HCO_{3\,aq}^-$$

وبالتالي معادلة التفاعل تكتب: $H_3O^+_{aq} + CO_3^{2-}{}_{aq} \rightarrow H_2O(\ell) + HCO_{3\,aq}^-$

4- معادلة التفاعل:

يتم التفاعل بين الحمض $H_3O^+_{(aq)}$ للمزدوجة $H_3O^+_{aq}/H_2O(\ell)$ والقاعدة $HCO_{3\,aq}^-$ للمزدوجة $(CO_2 + H_2O)/HCO_{3\,aq}^-$.

$$H_3O^+_{aq} \rightarrow H_2O(\ell) + H^+$$

$$HCO_{3\,aq}^- + H^+ \rightarrow CO_2, H_2O_{aq}$$

معادلة التفاعل هي: $H_3O^+_{aq} + HCO_{3\,aq}^- \rightarrow H_2O(\ell) + CO_2, H_2O_{aq}$

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-} ل *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:

$$NH_3(g) + H_3O^+_{aq} \rightarrow NH_{4\,aq}^+ + H_2O(\ell)$$

نستخلص، بعد إزالة الماء، نترات الأمونيوم الصلب.

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

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

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

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

Moutamadris.ma

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

نعطي: $M(NHO_3)=63,0g.mol^{-1}$؛ كثافة محلول حمض النتريك $d=1,37$

الكتلة الحجمية للماء $\rho = 1,000g/cm^3$ الحجم المولي للغازات عند $20^\circ C$ و $1,013.10^5Pa$: $V_m=24,0L$.

الحـــــل

1-البرهنة وتحديد الحمض والقاعدة:

يكتسب الأمونياك $NH_3(g)$ خلال التفاعل بروتونا H^+ ليُكَوِّنَ الأيون $NH_{4\,aq}^+$، ويفقد أيون الأوكسونيوم $H_3O_{aq}^+$ بروتونا H^+ ليُكَوِّنَ الماء $H_2O(\ell)$. إذا بما أن هناك انْتِقَالَ بُروتُونٍ H^+ بين المتفاعلين فإن التفاعل تفاعل حمض-قاعدة.

وحسب تعريف برونشد:

الحمض هو $H_3O_{aq}^+$ والقاعدة هي $NH_3(g)$.

2- إنشاء الجدول الوصفي وتحديد تعبير التقدم الأقصى:

- **الجدول الوصفي:**

المعادلة		$NH_3(g) + H_3O^+(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + H_2O(\ell)$			
	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: $x_{max}=n_i(H_3O^+)$

Moutamadris.ma

3- معادلة التفاعل:

المزدوجتان المتفاعلتان: $HNO_3(\ell)/NO_{3\,aq}^-$ و $H_3O_{aq}^+/H_2O(\ell)$

المعادلة: $HNO_3(\ell) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O_{aq}^+ + NO_{3\,aq}^-$

4- حساب كمية مادة الأيونات H_3O^+:

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

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

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

وحسب النسبة الكتلية المائوية: $m(HNO_3)=p.m$

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

بما أن وحدة ρ هي g/cm^3، نعبر عن الحجم V ب cm^3

$1l=1dam^3$

$=10^3cm^3$

تطبيق عددي: $n_i(H_3O^+) = \frac{0,600 \times 1,37 \times 1,000 \times 1000.10^3}{63,0}$ ؛ $n_i(H_3O^+)=1,30.10^4mol$

5- حساب الحجم V' للأمونياك اللازم:

لدينا: $V'=n_{i\ min}(NH_3).V_m$

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

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

نحصل على: $n_i(NH_3) \geqslant n_i(H_3O^+)$ كمية المادة الدنوية للأمونياك هي $n_{i\ min}(NH_3) = n_i(H_3O^+)$

وبالتالي: $V'=n_i(H_3O^+).V_m$

تطبيق عددي: $V'=1,30.10^4\times 24,0$ ؛ $V'=3,12.10^5L$

تمرين 10 — **تحديد النسبة المائوية لمنتوج تجاري**

يتفاعل حمض الإيثانويك الموجود في الخل مع هيدروجينوكربونات الصوديوم ليعطي تصاعدَ غاز.

لتحديد النسبة المائوية الكتلية لهيدروجينوكربونات الصوديوم لمنتوج تجاري ننجز التجربة التالية:

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

Moutamadris.ma

حجم الغاز المتصاعد المحصل عليه عند نهاية التحول هو $V=89mL$.

1- اكتب الصيغة الكيميائية لهيدروجينوكربونات 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 $V_m=24,0L.mol^{-1}$

5- ما كتلة هيدروجينوكربونات الصوديوم المتفاعل؟

6- استنتج النسبة المائوية الكتلية لهيدروجينوكربونات الصوديوم في المنتوج التجاري.

الحـــــل

1- صيغة المركب ونواتج ذوبانه في الماء:

الصيغة: $NaHCO_3$

النواتج: يؤدي ذوبان $NaHCO_3$ في الماء إلى تكون:

الأيونات Na^+_{aq} و $HCO_{3\,aq}^-$

2- تعيين المزدوجتين:

المزدوجة الأولى: $(CO_2 + H_2O)/HCO_{3\,aq}^-$

المزدوجة الثانية: $CH_3CO_2H_{aq}/CH_3CO_{2\,aq}^-$

3- معادلة التفاعل وتحديد الغاز الناتج:

لدينا نصف المعادلة الأولى: $HCO_{3\,aq}^- + H^+ = CO_2(g) + H_2O(\ell)$

ونصف المعادلة الثانية: $CH_3CO_2H_{aq} = CH_3CO_{2\,aq}^- + H^+$

إذا معادلة التفاعل هي:

$$HCO_{3\,aq}^- + CH_3CO_2H_{aq} \rightarrow CO_2(g) + CH_3CO_{2\,aq}^- + H_2O(\ell)$$

الغاز الناتج هو ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2).

Moutamadris.ma

4- الجدول الوصفي و x_{max}:

• الجدول الوصفي:

المعادلة		$HCO_{3\,aq}^- + CH_3CO_2H_{aq} \rightarrow CO_2(g) + CH_3CO_{2\,aq}^- + H_2O(\ell)$				
	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 هيدروجينوكربونات الصوديوم المتفاعل:

لدينا: $m=n(NaHCO_3).M(NaHCO_3)$

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: $m=x_{max}.M(NaHCO_3)$

تطبيق عددي: $m=3,7.10^{-3}\times84$ ؛ $m=0,31g$

6- استنتاج النسبة المائوية:

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

وبالنسبة ل $100g$ نجد: $\frac{m}{m_0}\times100 = 16\%$

إذا النسبة المائوية الكتلية هي: 16%.

Moutamadris.ma