تمرين 1

يتفاعل حمض النتروز $HNO_{2(aq)}$ مع الأمونياك $NH_{3(aq)}$.

1- أكتب نصف المعادلة البروتونية لكل منهما،

2- استنتج معادلة التفاعل.

تمرين 2

ذوبان حمض الإيثانويك $CH_3CO_2H_{(aq)}$ في الماء ينتج محلولا حمضيا، بينما ذوبان الأمونياك $NH_{3(aq)}$ في الماء ينتج محلولا قاعديا.

1- أكتب معادلة تفاعل كل من حمض الإيثانويك و الأمونياك مع الماء، محددا في كل حالة المزدوجتين حمض-قاعدة المتدخلتين.

2- لدينا 4 محاليل مائية: محلول حمض الإيثانويك، محلول الأمونياك، محلول إيثانوات الصوديوم، محلول كلورور الأمونيوم.

أ- أكتب صيغة المحلولين الأخيرين.

ب- من بين هذه المحاليل أي محلول يمكنه التفاعل مع محلول الأمونياك؟ علل جوابك و اكتب معادلة التفاعل.

ت- من بين هذه المحاليل أي محلول يمكنه التفاعل مع محلول إيثانوات الصوديوم ؟ علل جوابك و اكتب معادلة التفاعل.

تمرين 3

فوسفات الأمونيوم سماد شائع الاستعمال.

- معطى: المزدوجة حمض-قاعدة التي ينتمي إليها أيون الفوسفات: $HPO_{4(aq)}^{2-} / PO_{4(aq)}^{3-}$

1- أكتب صيغته، ثم معادلة ذوبانه في الماء.

2- بين أن الأيونات المكونة لهذا السماد يمكنها أن تتفاعل فيما بينها وفق تفاعل حمضي-قاعدي.

3- أكتب معادلة هذا التفاعل.

تمرين 4

في دورق توضع الكتلة $m = 0,50\ g$ من هيدروجينوكربونات الصوديوم $NaHCO_{3(s)}$ ، ثم يصب عليها تدريجيا حمض الكلوريدريك $(H_3O_{(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-)$ ذو التركيز المولي $c = 0,10\ mol.L^{-1}$.

- معطيات:

$M(Na) = 23,0\ g.mol^{-1}$ / $M(O) = 16,0\ g.mol^{-1}$ / $M(C) = 12,0\ g.mol^{-1}$ / $M(H) = 1,01\ g.mol^{-1}$

1- أرسم شكل التركيب التجريبي المستعمل.

2- أكتب معادلة ذوبان هيدروجينوكربونات الصوديوم في الماء.

3- حدد المزدوجتين حمض-قاعدة المتدخلتين.

4- أكتب نصف المعادلة البروتونية لكل من المزدوجتين.

5- أكتب معادلة التفاعل الذي يحدث في الدورق. ما هو الغاز الناتج؟

6- أحسب حجم المحلول الحمضي اللازم لاختفاء الكتلة m.

7- أحسب حجم الغاز الناتج علما أن الحجم المولي في شروط التجربة هو $V_m = 24,0\ L.mol^{-1}$.

تمرين 5

لتخفيض قيمة pH مياه المسابح، يمكن استعمال مسحوق يحتوي على هيدروجينوكبريتات الصوديوم $NaHSO_{4(s)}$ بنسبة مئوية كتلية تساوي $17,8\%$.

- معطيات:

$$M(O)=16,0\ g.mol^{-1} /\ M(H)=1,01\ g.mol^{-1}$$
$$M(S)=32,0\ g.mol^{-1}\ /\ M(Na)=23,0\ g.mol^{-1}$$

1- أكتب معادلة ذوبان هيدروجينوكبريتات الصوديوم في الماء.

2- أكتب معادلة تفاعل أيون الهيدروجينوكبريتات مع الماء.

3- تذاب الكتلة $m=500\ g$ من المسحوق في ماء حوض سباحة حجمه $V=50\ m^3$.

حدد التركيز النهائي للأيونات $H_3O^+_{(aq)}$ في ماء المسبح.

تمرين 6

إيثانوات (أو أسيتات) الصوديوم مركب صلب أيوني صيغته $CH_3CO_2Na_{(s)}$.

1- أكتب معادلة ذوبان إيثانوات الصوديوم في الماء.

2- يمزج الحجم $V_1=25,0\ mL$ من محلول مائي لإيثانوات الصوديوم تركيزه المولي $c_1=2,5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ و الحجم $V_2=75,0\ mL$ من محلول مائي لحمض الكلوريدريك تركيزه المولي $c_2=2,0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

أ- أكتب معادلة التفاعل الحاصل بين المحلولين.

ب- حدد المتفاعل المحد.

ت- حدد التركيب النهائي للمحلول بالمول.

تمرين 7

نترات الأمونيوم سماد شائع الاستعمال. يحصل عليه بتفاعل غاز الأمونياك مع محلول مائي لحمض النتريك حسب المعادلة التالية: $NH_{3(g)}+H_3O^+_{(aq)}\rightarrow NH^+_{4(aq)}+H_2O_{(l)}$

و بعد إزالة الماء يحصل على نترات الأمونيوم الصلب $NH_4NO_{3(s)}$.

- معطيات:

$$M(O)=16,0\ g.mol^{-1} /\ M(N)=14,0\ g.mol^{-1}\ /\ M(H)=1,01\ g.mol^{-1}$$

1- بين أن هذا التفاعل هو تفاعل حمضي-قاعدي محددا الحمض و القاعدة المتفاعلين.

2- حدد المزدوجتين حمض-قاعدة المتدخلتين.

3- أحسب كمية المادة لأيونات الأكسنيوم الموجودة في الحجم $V=1\ 000\ L$ من محلول مائي لحمض النتريك ذي نسبة مئوية كتلية تساوي $60,0\%$ و كثافة تساوي $d=1,37$.

4- أحسب حجم غاز الأمونياك اللازم لاستهلاك جميع أيونات الأكسنيوم علما أن الحجم المولي في شروط التجربة هو $V_m=24,0\ L.mol^{-1}$.

التفاعلات الحمضية-القاعدية

تمرين 1

1- • نصف المعادلة البروتونية لحمض النتروز: $HNO_{2(aq)} \rightleftharpoons NO^-_{2(aq)} + H^+$

• نصف المعادلة البروتونية للأمونياك: $NH_{3(aq)} + H^+ \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)}$

2- معادلة التفاعل: يجمع نصفا المعادلة مع إقصاء البروتون:

$$HNO_{2(aq)} \rightleftharpoons NO^-_{2(aq)} + \cancel{H^+}$$
$$NH_{3(aq)} + \cancel{H^+} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)}$$
$$HNO_{2(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow NO^-_{2(aq)} + NH^+_{4(aq)}$$

تمرين 2

1- • معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء:

المزدوجتان المتدخلتان هما $CH_3CO_2H_{(aq)} / CH_3CO^-_{2(aq)}$ و $H_3O^+_{(aq)} / H_2O_{(l)}$ (الماء يتدخل كقاعدة)

و معادلة التفاعل هي: $CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CH_3CO^-_{2(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

يلاحظ أن هذا التفاعل ينتج أيونات الأكسنيوم $H_3O^+_{(aq)}$ و لذلك يكون المحلول الناتج حمضيا.

• معادلة تفاعل الأمونياك مع الماء:

المزدوجتان المتدخلتان هما $NH^+_{4(aq)} / NH_{3(aq)}$ و $H_2O_{(l)} / HO^-_{(aq)}$ (الماء يتدخل كحمض)

و معادلة التفاعل هي: $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NH^+_{4(aq)} + HO^-_{(aq)}$

يلاحظ أن هذا التفاعل ينتج أيونات الهيدروكسيد $HO^-_{(aq)}$ و لذلك يكون المحلول الناتج قاعديا.

2-

أ- • صيغة محلول إيثانوات الصوديوم: $(Na^+_{(aq)} + CH_3CO^-_{2(aq)})$

• صيغة محلول كلورور الأمونيوم: $(NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)})$

ب- المحلول الذي يمكنه التفاعل مع محلول الأمونياك:

محلول الأمونياك (قاعدة) لا يمكنه التفاعل إلا مع محلول حمض ينتمي لمزدوجة أخرى، و هو محلول حمض الإيثانويك. و معادلة التفاعل هي: $CH_3CO_2H_{(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow CH_3CO^-_{2(aq)} + NH^+_{4(aq)}$

ت- المحلول الذي يمكنه التفاعل مع محلول إيثانوات الصوديوم:

محلول الإيثانوات (قاعدة) لا يمكنه التفاعل إلا مع محلول حمض ينتمي لمزدوجة أخرى، و هو محلول الأمونيوم.

و معادلة التفاعل هي: $CH_3CO^-_{2(aq)} + NH^+_{4(aq)} \rightarrow CH_3CO_2H_{(aq)} + NH_{3(aq)}$

تمرين 3

1- صيغة فوسفات الأمونيوم و معادلة ذوبانه في الماء:

• يتكون هذا المركب الأيوني من أيونات الفوسفات $PO^{3-}_{4(aq)}$ و أيونات الأمونيوم $NH^+_{4(aq)}$ إذن صيغته هي: $(NH_4)_3PO_4$

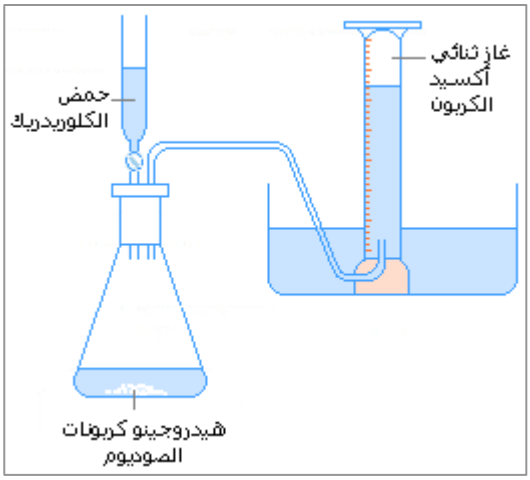
و معادلة ذوبانه في الماء هي: $(NH_4)_3PO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} 3NH^+_{4(aq)} + PO^{3-}_{4(aq)}$

2- بيان أن الأيونات المكونة لهذا السماد يمكنها أن تتفاعل فيما بينها وفق تفاعل حمضي-قاعدي

أيون الأمونيوم $NH_{4(aq)}^{+}$ حمض ينتمي للمزدوجة $NH_{4(aq)}^{+} / NH_{3(aq)}$، بينما أيون الفوسفات قاعدة تنتمي للمزدوجة $HPO_{4(aq)}^{2-} / PO_{4(aq)}^{3-}$، إذن يمكن أن يتفاعلا وفق تفاعل حمضي-قاعدي.

3- معادلة هذا التفاعل: $PO_{4(aq)}^{3-} + NH_{4(aq)}^{+} \rightarrow HPO_{4(aq)}^{2-} + NH_{3(aq)}$

تمرين 4



1- شكل التركيب التجريبي المستعمل:

أنظر الشكل جانبه

2- معادلة ذوبان هيدروجينوكربونات الصوديوم في الماء:

$$NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} Na_{(aq)}^{+} + HCO_{3(aq)}^{-}$$

3- المزدوجتان حمض-قاعدة المتدخلتان:

$H_3O_{(aq)}^{+} / H_2O_{(l)}$ و $\underbrace{(CO_2, H_2O)}_{\text{حمض الكربونيك}} / HCO_{3(aq)}^{-}$

4- نصف المعادلة البروتونية لكل من المزدوجتين:

$$H_3O_{(aq)}^{+} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + H^{+}$$

$$HCO_{3(aq)}^{-} + H^{+} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

5- معادلة التفاعل الذي يحدث في الدورق: $HCO_{3(aq)}^{-} + H_3O_{(aq)}^{+} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

و الغاز المنطلق هو ثنائي أكسيد الكربون.

6- حجم المحلول الحمضي اللازم لاختفاء الكتلة m:

الجدول الوصفي لتقدم التفاعل:

معادلة التفاعل: $HCO_{3(aq)}^{-} + H_3O_{(aq)}^{+} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$					
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة (mol)			
البدئية	0	وافر	0	$c \cdot V$	n_0
خلال التحول	x	وافر	x	$c \cdot V - x$	$n_0 - x$
النهائية	x_{max}	وافر	x_{max}	$c \cdot V - x_{max}$	$n_0 - x_{max}$

اختفاء الكتلة m يعني أن المتفاعل المحد هو $HCO_{3(aq)}^{-}$، إذن: $n_0 - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = n_0$

الحجم الذي ينبغي صبه من المحلول الحمضي يحقق الشرط: $c \cdot V - x_{max} \geq 0$

يستنتج الحجم الأدنى اللازم لاختفاء الكتلة m: $c \cdot V - x_{max} = 0 \rightarrow c \cdot V = n_0 \rightarrow c \cdot V = \frac{m}{M}$

$$V = \frac{m}{c \cdot M}$$

ت.ع. $V = \frac{0,50\ (g)}{0,10\ (mol.L^{-1}) \times 84,01\ (g.mol^{-1})} = 0,06\ L$ أي $V = 60\ mL$

7- حجم الغاز الناتج:

حسب الجدول كمية المادة للغاز الناتج في الحالة النهائية هي: $n_f(CO_2) = x_{max}$ ← $n_f(CO_2) = \frac{m}{M}$

و حجمه هو إذن: $V_f(CO_2) = \frac{m}{M} \cdot V_m$

ت.ع. $V_f(CO_2) = \frac{0,50\ (g)}{84,01\ (g.mol^{-1})} \times 24,0\ (L.mol^{-1}) = 0,143\ L$

أي $V_f(CO_2) = 143\ mL$

تمرين 5

1- معادلة ذوبان هيدروجينوكبريتات الصوديوم في الماء:

$$NaHSO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + HSO^-_{4(aq)}$$

2- معادلة تفاعل أيون الهيدروجينوكبريتات مع الماء

المزدوجتان المتدخلتان هما: $HSO^-_{4(aq)} / SO^{2-}_{4(aq)}$ و $H_3O^+_{(aq)} / H_2O_{(l)}$

و معادلة التفاعل هي: $HSO^-_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow SO^{2-}_{4(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

3- التركيز النهائي للأيونات $H_3O^+_{(aq)}$ في ماء المسبح:

الجدول الوصفي لتقدم التفاعل:

معادلـــــــة التفاعـــــــل		$HSO^-_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow SO^{2-}_{4(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة (mol)			
البدئية	0	0	0	وافر	n_0
خلال التحول	x	x	x	وافر	$n_0 - x$
النهائية	x_{max}	x_{max}	x_{max}	وافر	$n_0 - x_{max}$

الماء نوع وافر إذن HSO^-_4 هو المتفاعل المحد، و بالتالي: $n_0 - x_{max} = 0$ ← $x_{max} = n_0$

و حسب الجدول كمية المادة للأيونات H_3O^+ الناتجة في الحالة النهائية هي: $n_f(H_3O^+) = x_{max}$

يستنتج تركيزها النهائي: $[H_3O^+]_f = \frac{n_0}{V}$

و علما أن $n_0 = \frac{17,8}{100} \times \frac{m}{M}$ فإن بالتالي: $[H_3O^+]_f = \frac{17,8}{100} \times \frac{m}{M \cdot V}$

ت.ع. $[H_3O^+]_f = \frac{17,8}{100} \times \frac{500(g)}{120,11(g.mol^{-1}) \times 50 \times 10^{-3}(L)} = 1,48.10^{-5} mol.L^{-1}$

تمرين 6

1- معادلة ذوبان إيثانوات الصوديوم في الماء:

$$CH_3CO_2Na_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + CH_3CO^-_{2(aq)}$$

2-

أ- معادلة التفاعل الحاصل بين المحلولين:

المزدوجتان المتدخلتان هما: $CH_3CO_2H_{(aq)} / CH_3CO^-_{2(aq)}$ و $H_3O^+_{(aq)} / H_2O_{(l)}$

و معادلة التفاعل هي: $CH_3CO^-_{2(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

ب- المتفاعل المحد:

الجدول الوصفي لتقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$CH_3CO^-_{2(aq)}$ + $H_3O^+_{(aq)}$ → $CH_3CO_2H_{(aq)}$ + $H_2O_{(l)}$			
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة (mol)			
البدئية	0	وافر	0	$c_2 \cdot V_2$	$c_1 \cdot V_1$
خلال التحول	x	وافر	x	$c_2 \cdot V_2 - x$	$c_1 \cdot V_1 - x$
النهائية	x_{max}	وافر	x_{max}	$c_2 \cdot V_2 - x_{max}$	$c_1 \cdot V_1 - x_{max}$

في الحالة البدئية: $n_{01} = c_1 \cdot V_1 = 2,5.10^{-2} \times 25,0 \times 10^{-3} = 6,25.10^{-4} mol$

$n_{02} = c_2 \cdot V_2 = 2,0.10^{-2} \times 75,0 \times 10^{-3} = 1,5.10^{-3} mol$

المعاملات التناسبية متساوية، المتفاعل المحد هو الذي له أقل كمية بدئية. و هو أيون الإيثانوات $CH_3CO_2^-$.

ت- التركيب النهائي للمحلول بالمول:

بما أن $CH_3CO_2^-$ هو المتفاعل المحد، فإن: $c_1 \cdot V_1 - x_{max} = 0 \leftarrow x_{max} = 6,25.10^{-4} mol$

يستنتج التركيب النهائي بتعويض x_{max} بقيمتها في الجدول:

$CH_3CO^-_{2(aq)}$	$H_3O^+_{(aq)}$	$CH_3CO_2H_{(aq)}$	$H_2O_{(l)}$
0	$8,75.10^{-4}$ mol	$6,25.10^{-4} mol$	وافر

تمرين 7

1- بيان أن هذا التفاعل هو تفاعل حمضي-قاعدي مع تحديد الحمض و القاعدة المتفاعلين:

$$NH_{3(g)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

خلال هذا التفاعل أيون الأكسنيوم H_3O^+ فقد بروتونا: فهو حمض، بينما جزيئة الأمونياك NH_3 اكتسبته: فهي قاعدة.

و التفاعل الحاصل هو تفاعل حمضي_قاعدي.

2- المزدوجتان حمض-قاعدة المتدخلتان

المزدوجتان المتدخلتان هما: $NH^+_{4(aq)} / NH_{3(g)}$ و $H_3O^+_{(aq)} / H_2O_{(l)}$

3- كمية المادة لأيونات الأكسنيوم:

كمية المادة البدئية لأيونات الأكسنيوم: $n_0 = n_0(HNO_3) = \dfrac{m(HNO_3)}{M(HNO_3)}$

كتلة حمض النتريك المذابة في المحلول: $m(HNO_3) = \dfrac{60}{100} \cdot m_S$

كتلة المحلول: $m_S = \rho \cdot V = \rho_e \cdot d \cdot V$

يستنتج: $n_0 = \dfrac{60}{100} \cdot \dfrac{\rho_e \cdot d \cdot V}{M(HNO_3)}$

ت.ع. $n_0 = \dfrac{60}{100} \times \dfrac{1000(g.L^{-1}) \times 1,37 \times 1000(L)}{63,01(g.mol^{-1})} = 1,30.10^4\ mol$

4- حجم غاز الأمونياك اللازم لاستهلاك جميع أيونات الأكسنيوم:

الجدول الوصفي لتقدم التفاعل:

$NH_{3(g)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$				معادلـــــــة التفاعـــــــل	
كميات المادة (mol)				تقدم التفاعل	حالة المجموعة
n'_0	n_0	0	وافر	0	البدئية
$n'_0 - x$	$n_0 - x$	x	وافر	x	خلال التحول
$n'_0 - x_{max}$	$n_0 - x_{max}$	x_{max}	وافر	x_{max}	النهائية

استهلاك جميع الأيونات H_3O^+ يعني أن المتفاعل المحد هو H_3O^+، إذن: $n_0 - x_{max} = 0 \leftarrow x_{max} = n_0$

كمية المادة لغاز الأمونياك تحقق الشرط: $n'_0 - x_{max} \geq 0$

يستنتج الحجم الأدنى V لغاز الأمونياك اللازم لاستهلاك جميع الأيونات H_3O^+:

$$n'_0 - x_{max} = 0 \leftarrow n'_0 = n_0 \leftarrow \frac{V}{V_m} = n_0 \leftarrow V = n_0 \cdot V_m$$

ت.ع. $V = 1,30.10^4(mol) \times 24,0(L.mol^{-1}) = 3,12.10^5\ L$ أي $V = 312\ m^3$