تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

https://almanahj.com/ae

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر المتقدم اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/15

* للحصول على جميع أوراق الصف الثاني عشر المتقدم في مادة كيمياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/15chemistry

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر المتقدم في مادة كيمياء الخاصة بـ الفصل الأول اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/15chemistry1

* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الثاني عشر المتقدم اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/grade15

* لتحميل جميع ملفات المدرس الحسن الأحمري اضغط هنا

للتحدث إلى بوت المناهج على تلغرام: اضغط هنا

https://t.me/almanahj_bot

الدرس الأول: مقدمة في الأحماض والقواعد Introduction to Acids and Bases

خواص الأحماض والقواعد Properties of Acids and Bases

الخواص الفيزيائية للأحماض والقواعد:

1) الأحماض طعمها حمضي بينما القواعد طعمها مُر وملمسها زلق (صابوني).

2) الأحماض والقواعد لها القدرة على التوصيل الكهربائي.

الخواص الكيميائية للأحماض والقواعد:

1) محاليل الأحماض تحول ورق تباع الشمس الأزرق إلى الأحمر بينما محاليل القواعد تحول ورق تباع الشمس الأحمر إلى الأزرق.

2) تتفاعل الأحماض مع كل من:

a) تتفاعل مع الفلزات مثل المغنيسيوم والخارصين ليتصاعد منها غاز الهيدروجين كما في المعادلات التالية:

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)}\, H_{2(g)}$$

$$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)}\, H_{2(g)}$$

b) تتفاعل مع كربونات وبيكربونات الفلزات ويتصاعد منها غاز ثاني أكسيد الكربون كما في المعادلات التالية:

$$2CH_3COOH_{(aq)} + Na_2CO_{3(s)} \rightarrow 2CH_3COONa_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \rightarrow CH_3COONa_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

مسائل تدريبية:

1) اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة للتفاعلات بين:

a) الألمنيوم وحمض الكبريتيك.

$$2Al_{(s)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$$

b) كربونات الكالسيوم وحمض الهيدروبروميك.

almanahj.com/ae

$$CaCO_{3(aq)} + 2HBr_{(aq)} \rightarrow CaBr_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

2) اكتب المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل في السؤال 1b.

$$\cancel{Ca^{2+}}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2\cancel{Br^-}_{(aq)} \rightarrow \cancel{Ca^{2+}}_{(aq)} + 2\cancel{Br^-}_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد: تحدد كميات أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد نوع المحلول كما يلي:

1) المحلول الحمضي: هو المحلول الذي يحتوي على أيونات هيدروجين أكثر من أيونات الهيدروكسيد.($OH^- < H^+$)

2) المحلول القاعدي: هو المحلول الذي يحتوي على أيونات هيدروجين أقل من أيونات الهيدروكسيد.($OH^- > H^+$)

3) المحلول المتعادل: هو المحلول الذي يحتوي على عدد متساو من أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد. ($OH^- = H^+$)

التأين الذاتي للماء: عبارة عن انتاج أعداد متساوية من أيون الهيدرونيوم وأيون الهيدروكسيد كما في المعادلة التالية:

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

أيون الهيدرونيوم: عبارة عن أيون هيدروجين مرتبط مع جزيء ماء بواسطة رابطة تساهمية.

– يمكن استخدام الرمزين H^+ أو H_3O^+ بالتبادل أي وضع أحدهما مكان الآخر كما في المعادلة المبسطة للتأين الذاتي:

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

نموذج أرهينيوس The Arrhenius Model

الحمض: هو المادة التي تحتوي على الهيدروجين وتتأين في المحاليل المائية منتجة أيونات الهيدروجين.

مثال: $HCl_{(g)} \rightarrow H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

القاعدة: هي المادة التي تحتوي على مجموعة الهيدروكسيد وتتحلل في المحلول المائي منتجة أيون الهيدروكسيد.

مثال: $NaOH_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

عيوب نموذج أرهينيوس:

توجد مركبات لا تحتوي على أيون الهيدروكسيد مثل الأمونيا NH_3 وكربونات الصوديوم Na_2CO_3 ولكن عند إذابتهما في الماء تعطي أيونات الهيدروكسيد.

نموذج برونستد–لوري The Bronsted–Lowry Model

الحمض: هو المادة المانحة لأيون الهيدروجين.

القاعدة: هو المادة المستقبلة لأيون الهيدروجين.

– لكل حمض قاعدة مرافقة عن طريق نزع أيون هيدروجين من الحمض.($-H^+$)

– لكل قاعدة حمض مرافق عن طريق إضافة أيون هيدروجين للقاعدة.($+H^+$)

الحمض المرافق: هو المركب الذي ينتج عندما تستقبل القاعدة أيون هيدروجين.

القاعدة المرافقة: هو المركب الذي ينتج عندما يمنح الحمض أيون الهيدروجين.

مثال1: كيف يمكن أن يكون أيون HCO_3^- حمضاً وقاعدة في آن واحد.

يكون حمضاً عندما يفقد أيون هيدروجين كما يلي: $HCO_3^- \xrightarrow{-H^+} CO_3^{2-}$

يكون قاعدة عندما يكتسب أيون هيدروجين كما يلي: $HCO_3^- \xrightarrow{+H^+} H_2CO_3$

مثال2: حدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة في كل من التفاعلات التالية:

a) $HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$

قاعدة مرافقة حمض مرافق قاعدة حمض

b) $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

قاعدة مرافقة حمض مرافق حمض قاعدة

المادة المترددة (الأمفوتيرية): هي المادة التي تسلك سلوك الأحماض والقواعد.

almanahj.com/ae

يلاحظ من المثالين السابقين بأن الماء مرة يسلك سلوك القواعد ومرة يسلك سلوك الأحماض.

مسائل تدريبية:

1) حدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة في كل تفاعل مما يلي:

a) $NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

b) $HBr_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$

c) $CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

	الحمض	القاعدة المترافقة	القاعدة	الحمض المرافق
a	NH_4^+	NH_3	OH^-	H_2O
b	HBr	Br^-	H_2O	H_3O^+
c	H_2O	OH^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-

2) نواتج تفاعل حمض وقاعدة هي H_3O^+ و SO_4^{2-}. اكتب معادلة موزونة للتفاعل وحدد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة.

$HSO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

الحمض HSO_4^- والقاعدة المرافقة SO_4^{2-}

القاعدة H_2O والحمض المرافق H_3O^+

الأحماض الأحادية البروتون والمتعددة البروتونات Monoprotic and Polyprotic Acids

الحمض أحادي البروتون: هو الحمض الذي يستطيع أن يمنح أيوناً هيدروجينياً واحداً فقط قابلة للتأين مثل HCl.

الحمض ثنائي البروتون: هو الحمض الذي يحتوي على ذرتي هيدروجين قابلتين للتأين في كل جزيء مثل H_2SO_4.

الحمض المتعدد البروتونات: هو الحمض الذي يحتوي على ثلاث ذرات هيدروجين أو أكثر قابلة للتأين مثل H_3PO_4.

والجدول التالي يوضح أمثلة على الأحماض الأحادية والعديدة البروتونات:

الاسم	الصيغة الكيميائية	الاسم	الصيغة الكيميائية
حمض الهيدروكلوريك	HCl	أيون الكلوريد	Cl^-
حمض النيتريك	HNO_3	أيون النترات	NO_3^-
حمض الكبريتيك	H_2SO_4	أيونات الكبريتات الهيدروجينية	HSO_4^-
أيون الكبريتات الهيدروجينية	HSO_4^-	أيون الكبريتات	SO_4^{2-}
حمض الهيدروفلوريك	HF	أيون الفلوريد	F^-
حمض الهيدروسيانيك	HCN	أيون السيانيد	CN^-
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	أيون الأيثانوات	CH_3COO^-
حمض الفوسفوريك	H_3PO_4	أيون ثنائي هيدروفوسفات	$H_2PO_4^-$
أيون ثنائي هيدروفوسفات	$H_2PO_4^-$	أيون الهيدروفوسفات	HPO_4^{2-}
أيون الهيدروفوسفات	HPO_4^{2-}	أيون الفوسفات	PO_4^{3-}
حمض الكربونيك	H_2CO_3	أيون الكربونات الهيدروجينية	HCO_3^-
أيون الكربونات الهيدروجينية	HCO_3^-	أيون الكربونات	CO_3^{2-}

توضيح: تعتمد قدرة الهيدروجين على التأين على قطبية رابطته كما يلي:

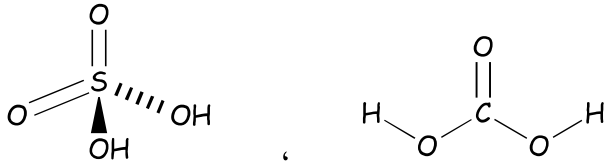
1) حمض الأيثانويك CH_3COOH يعتبر أحادي الهيدروجين لأن الرابطة بين الهيدروجين والأكسجين قطبية لأن الأكسجين اعلى كهروسالبية من الهيدروجين وبالتالي تتأين ذرة الهيدروجين بينما ذرات الهيدروجين الثلاثة المرتبطة بذرة الكربون لا تتأين لوجود فرق قليل في الكهروسالبية بين ذرات الكربون والهيدروجين.

almanahj.com/ae

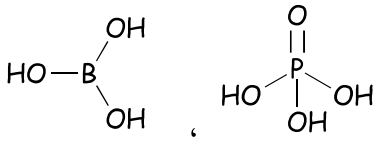
2) حمض الهيدروفلوريك HF يعتبر أحادي الهيدروجين لأن الرابطة بين الهيدروجين والفلور قطبية بسبب الكهروسالبية العالية للفلور وبالتالي تتأين ذرة الهيدروجين.

3) البنزين C_6H_6 لا يعتبر حمضاً على الرغم من احتوائه على هيدروجين بسبب وجود فرق قليل في الكهروسالبية بين ذرات الكربون والهيدروجين وبالتالي تكون الروابط بين الكربون والهيدروجين غير قطبية.

4) حمض الكبريتيك H_2SO_4 وحمض الكربونيك H_2CO_3 تحتوي على ذرتي هيدروجين متصلتين مع ذرتي أكسجين بروابط قطبية قابلة للتأين.



5) حمض الفوسفوريك H_3PO_4 وحمض البوريك H_3BO_3 تحتوي على ثلاث ذرات هيدروجين متصلة مع ثلاث ذرات أكسجين بروابط قطبية قابلة للتأين.



مثال: اكتب معادلة تأين حمض الفوسفوريك الثالث في الماء.

$$H_3PO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$$

$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

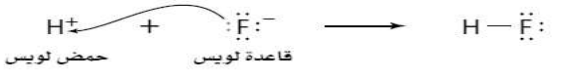
$$HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)}$$

نموذج لويس The Lewis Model

الحمض: مادة مستقبلة لزوج من الإلكترونات.

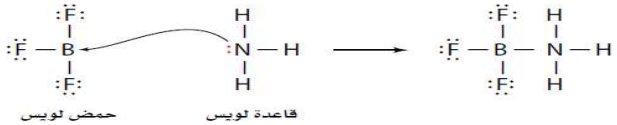
القاعدة: مادة مانحة لزوج من الإلكترونات.

مثال1: يتفاعل أيون الهيدروجين مع أيون الفلوريد لتكوين جزيء فلوريد الهيدروجين كما يلي:



أيون الهيدروجين H^+ يعتبر حمض لأنه يستقبل زوج من الإلكترونات من أيون الفلوريد F^- الذي يعتبر قاعدة.

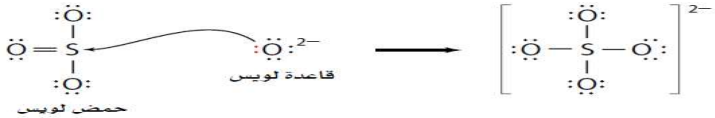
مثال2: يتفاعل غاز ثالث فلوريد البورون مع غاز الأمونيا لتكوين BF_3NH_3 كما يلي:



ذرة البورون في BF_3 لها ستة إلكترونات تكافؤ لذلك تستطيع استقبال زوج من الإلكترونات من قاعدة لويس.

مثال3: يتفاعل غاز ثالث أكسيد الكبريت مع أكسيد المغنيسيوم الصلب كما يلي:

$$SO_{3(g)} + MgO_{(s)} \rightarrow MgSO_{4(s)}$$



جزيء SO_3 يعتبر حمض لأنه يستقبل زوج إلكترونات من قاعدة لويس وهو أيون O^{2-}.

أهمية هذا التفاعل: ينتج ملح كبريتات المغنيسيوم التي تعرف باسم ملح إبسوم $MgSO_4.7H_2O$ الذي يستخدم في تخفيف الآم العضلات ويعتبر مغذ للنباتات.

almanahj.com/ae

والجدول التالي يلخص نماذج أرهينيوس وبرونستد–لوري ولويس للأحماض والقواعد:

النموذج	تعريف الحمض	تعريف القاعدة
أرهينيوس	منتج أيون H^+	منتج أيون OH^-
برونستد–لوري	مانح أيون H^+	مستقبل أيون H^+
لويس	يستقبل زوج من الإلكترونات	يمنح زوج من الإلكترونات

حل أسئلة التقويم مقدمة في الأحماض والقواعد Introduction to Acids and Bases

1) لماذا لا تصنف العديد من أحماض وقواعد لويس على أنها أحماض أو قواعد أرهينيوس أو برونستد–لوري.

لأن أحماض وقواعد أرهينيوس تشترط إنتاج أيون هيدروجين أو أيون هيدروكسيد على التوالي وأحماض وقواعد برونستد–لوري لها علاقة بمنح أو استقبال أيون الهيدروجين على التوالي وهذا لا يوجد في أحماض وقواعد لويس التي تشترط على أن الحمض يستقبل زوجاً من الإلكترونات بينما القاعدة تمنح زوجاً من الإلكترونات.

2) قارن بين الخواص الفيزيائية والكيميائية للأحماض والقواعد.

الخواص الفيزيائية للأحماض والقواعد:

a) الأحماض طعمها حمضي بينما القواعد طعمها مُر وملمسها زلق (صابوني).

b) الأحماض والقواعد لها القدرة على التوصيل الكهربائي.

الخواص الكيميائية للأحماض والقواعد:

a) محاليل الأحماض تحول ورق تباع الشمس الأزرق إلى الأحمر بينما محاليل القواعد تحول ورق تباع الشمس الأحمر إلى الأزرق.

b) تتفاعل الأحماض مع الفلزات ليتصاعد منها غاز الهيدروجين وتتفاعل مع كربونات وبيكربونات الفلزات ويتصاعد منها غاز CO_2 بينما لا يحدث ذلك في القواعد.

3) كيف تحدد تراكيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد ما إذا كان المحلول حمضياً أم قاعدياً أم متعادلاً.

تحدد كميات أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد نوع المحلول كما يلي:

a) المحلول الحمضي: هو المحلول الذي يحتوي على أيونات هيدروجين أكثر من أيونات الهيدروكسيد.($OH^-<H^+$)

b) المحلول القاعدي: هو المحلول الذي يحتوي على أيونات هيدروجين أقل من أيونات الهيدروكسيد.($OH^->H^+$)

c) المحلول المتعادل: هو المحلول الذي يحتوي على عدد متساوي من أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد. ($OH^-=H^+$)

4) لماذا لا يصنف العديد من المركبات التي تحتوي ذرة هيدروجين أو أكثر بوصفها أحماض أرهينيوس.

almanahj.com/ae

لأن بعض المركبات تحتوي على فرق قليل في الكهرسالبية بين ذرة الهيدروجين والذرة المجاورة لها وبالتالي لا تستطيع ذرة الهيدروجين أن تتأين في المحلول.

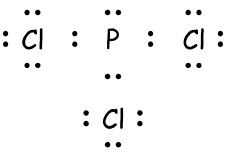
5) حدد الأزواج المترافقة من الأحماض والقواعد في المعادلة التالية:

$$HNO_2 + H_2O \rightleftharpoons NO_2^- + H_3O^+$$

الحمض HNO_2 والقاعدة المرافقة NO_2^-

القاعدة H_2O والحمض المرافق H_3O^+

6) اكتب تركيب لويس لثالث كلوريد الفوسفور PCl_3. هل يعد PCl_3 حمض لويس أم قاعدة لويس أم غير ذلك.



قاعدة لوجود زوج حر من الإلكترونات حول الذرة المركزية.

حل أسئلة المراجعة مقدمة في الأحماض والقواعد Introduction to Acids and Bases

1) قارن بين المحاليل الحمضية والمتعادلة والقاعدية من حيث تركيز الأيونات.

تحدد كميات أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد نوع المحلول كما يلي:

a) المحلول الحمضي: هو المحلول الذي يحتوي على أيونات هيدروجين أكثر من أيونات الهيدروكسيد.($H^+ > OH^-$)

b) المحلول القاعدي: هو المحلول الذي يحتوي على أيونات هيدروجين أقل من أيونات الهيدروكسيد.($H^+ < OH^-$)

c) المحلول المتعادل: هو المحلول الذي يحتوي على عدد متساوي من أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد. ($H^+ = OH^-$)

2) اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل التأين الذاتي للماء. $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

3) صنف كلاً مما يلي إلى حمض أرهينيوس أو قاعدة أرهينيوس:

a) H_2S حمض

b) $RbOH$ قاعدة

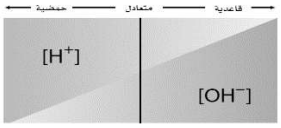
c) $Mg(OH)_2$ قاعدة

d) H_3PO_4 حمض

4) تتكون فقاعات غاز عندما يضيف عالم الأرض بضع قطرات من HCl إلى قطعة من صخر. فماذا قد يستنتج العالم عن طبيعة الغاز والصخر.

وجود غاز CO_2 وأن الصخر يحتوي على كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

5) اشرح ما تعنيه المساحتان المظللتان عن اليمين من الخط العمودي الغامق في الشكل التالي:



المساحة الزرقاء تعني أن المحلول قاعدي وتركيز أيونات الهيدروكسيد مرتفعة بينما المساحة الحمراء تعني أن المحلول حمضي وتركيز أيونات الهيدروجين مرتفعة.

almanahj.com/ae

6) اشرح الفرق بين الحمض الأحادي البروتون والحمض الثنائي البروتون والحمض الثلاثي البروتون واعط مثالاً على كل منها.

الحمض أحادي البروتون: هو الحمض الذي يستطيع أن يمنح أيوناً هيدروجينياً واحداً فقط قابلة للتأين مثل HCl.

الحمض ثنائي البروتون: هو الحمض الذي يحتوي على ذرتي هيدروجين قابلتين للتأين في كل جزيء مثل H_2SO_4.

الحمض المتعدد البروتونات: هو الحمض الذي يحتوي على ثلاث ذرات هيدروجين أو أكثر قابلة للتأين مثل H_3PO_4.

7) لماذا يمكن استعمال H^+ و H_3O^+ بالتبادل في المعادلات الكيميائية.

لأن أيون الهيدرونيوم عبارة عن أيون هيدروجين مرتبط مع جزيء ماء برابطة تساهمية.

8) استعمل الرموز (=, <, >) للتعبير عن العلاقة بين تركيز أيونات H^+ وأيونات OH^- في المحاليل الحمضية والمتعادلة والقاعدية.

a) المحلول الحمضي: ($H^+ < OH^-$). b) المحلول القاعدي: ($H^+ > OH^-$). c) المحلول المتعادل: ($H^+ = OH^-$).

9) اشرح كيف يختلف تعريف حمض لويس عن تعريف حمض برونستد–لوري.

حمض لويس المادة التي تستقبل زوج من الإلكترونات بينما حمض برونستد–لوري هي المادة التي تمنح أيون الهيدروجين.

10) اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل مما يلي:

a) تحلل هيدروكسيد المغنيسيوم الصلب عند وضعه في الماء. $Mg(OH)_{2(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

b) تفاعل فلز المغنيسيوم مع حمض الهيدروبروميك. $Mg_{(s)} + 2HBr_{(aq)} \rightarrow MgBr_{2(aq)} + H_{2(g)}$

c) تأين حمض البروبانويك CH_3CH_2COOH في الماء.

$$CH_3CH_2COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3CH_2COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

d) التأين الثاني لحمض الكبريتيك في الماء.

$$H_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HSO_4^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$HSO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow SO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

الدرس الثاني: قوة الأحماض والقواعد Strength of Acids and Bases

قوة الأحماض Strength of Acids

تقسم الأحماض من حيث قدرتها على التوصيل الكهربائي إلى:

a) أحماض قوية: هي الأحماض التي تتأين كلياً في المحلول المائي.

الأحماض القوية موصلة للتيار الكهربائي(علل) لأنها تنتج أكبر عدد من أيونات الهيدروجين.

الجدول التالي يوضح الأحماض القوية الشائعة ومعادلات تأينها:

اسم الحمض	معادلات التأين
حمض الهيدروكلوريك	$HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
حمض الهيدرويوديك	$HI_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$
حمض البيركلوريك	$HClO_{4(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + ClO_4^-{}_{(aq)}$
حمض النيتريك	$HNO_{3(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$
حمض الكبريتيك	$H_2SO_{4(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + HSO_4^-{}_{(aq)}$

b) أحماض ضعيفة: هي الأحماض التي تتأين جزئياً في المحلول المائي.

الجدول التالي يوضح الأحماض الضعيفة الشائعة ومعادلات تأينها:

اسم الحمض	معادلات التأين
حمض الهيدروفلوريك	$HF_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$
حمض الإيثانويك	$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$
حمض الهيدروكبريتيك	$H_2S_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HS^-_{(aq)}$
حمض الكربونيك	$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$
حمض الهيبوكلوروز	$HClO_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + ClO^-_{(aq)}$

almanahj.com/ae

ملاحظة: الأحماض القوية تكتب بسهم واحد بينما الأحماض الضعيفة تحتوي على سهمي اتزان.

قوة الأحماض والقواعد المرافقة حسب نموذج برونستد–لوري:

في الأحماض القوية: كلما كان الحمض قوياً كانت قاعدته المرافقة ضعيفة.

مثال: $HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + ClO_4^-{}_{(aq)}$

حمض قوي — قاعدة قوية — حمض مرافق ضعيف — قاعدة مرافقة ضعيفة

تكون القاعدة المرافقة ضعيفة أي يتجه الاتزان تقريباً إلى اليمين وبالتالي لها جذب أقل لأيون الهيدروجين من القاعدة.

في الأحماض الضعيفة: كلما كان الحمض ضعيفاً كانت قاعدته المرافقة قوية.

مثال: $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftarrow H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$

حمض ضعيف — قاعدة ضعيفة — حمض مرافق قوي — قاعدة مرافقة قوية

تكون القاعدة المرافقة قوية أي يتجه الاتزان تقريباً إلى اليسار وبالتالي لها جذب أكبر لأيون الهيدروجين من القاعدة.

ثابت تأين الحمض(K_a): عبارة عن قيمة تمثل تراكيز النواتج في البسط والمتفاعلات في المقام.

مثال: اكتب معادلة التأين وتعبير ثابت الاتزان لحمض الهيدروسيانيك.

$$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][CN^-]}{[HCN]}$$

مسائل تدريبية:

1) اكتب معادلات التأين وتعابير ثابت تأين الحمض لكل مما يلي:

a) $HClO_2$

$$HClO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + ClO_2^-{}_{(aq)}$$

$$K_a=\frac{[H_3O^+][ClO_2^-]}{[HClO_2]}$$

b) HNO_2

$$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_2^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$K_a=\frac{[H_3O^+][NO_2^-]}{[HNO_2]}$$

c) HIO

$$HIO_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons IO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$K_a=\frac{[H_3O^+][IO^-]}{[HIO]}$$

2) اكتب معادلة التأين الأولى والثانية لحمض H_2SeO_3.

$$H_2SeO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HSeO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$HSeO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SeO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

3) إذا أعطيت المعادلة الرياضية التالية: $k_a=\frac{[ASO_4^{3-}][H_3O^+]}{[HASO_4^{2-}]}$ فاكتب المعادلة الموزونة للتفاعل.

$$HAsO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons AsO_4^{3-}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

قوة القاعدة Strength of Bases

almanahj.com/ae

تقسم القواعد من حيث قدرتها على التوصيل الكهربائي:

a) القواعد القوية: هي القواعد التي تتأين كلياً في المحلول المائي.

الجدول التالي يوضح القواعد القوية الشائعة ومعادلات تأينها:

اسم القاعدة	معادلات التأين
هيدروكسيد الصوديوم	$NaOH_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
هيدروكسيد البوتاسيوم	$KOH_{(s)} \rightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
هيدروكسيد الروبيديوم	$RbOH_{(s)} \rightarrow Rb^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
هيدروكسيد السيزيوم	$CsOH_{(s)} \rightarrow Cs^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_{2(s)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$
هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_{2(s)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

b) القواعد الضعيفة: هي القواعد التي تتأين جزئياً في المحلول المائي.

الجدول التالي يوضح القواعد الضعيفة الشائعة ومعادلات تأينها:

اسم القاعدة	معادلات التأين
إيثيل أمين	$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
ميثيل أمين	$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
الأمونيا	$NH_{3\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
الأنيلين	$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

ملاحظة: القواعد القوية تكتب بسهم واحد بينما القواعد الضعيفة تحتوي على سهمي اتزان.

ثابت تأين القاعدة(K_b): عبارة عن قيمة تمثل تراكيز النواتج في البسط والمتفاعلات في المقام.

مثال: اكتب معادلة التأين وتعبير ثابت الاتزان لميثيل أمين.

$$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[CH_3NH_3^+][OH^-]}{[CH_3NH_2]}$$

مسائل تدريبية:

1) اكتب معادلات التأين وتعبير ثابت التأين للقواعد التالية:

a) هكسيل أمين $C_6H_{13}NH_2$

$$C_6H_{13}NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_{13}NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][C_6H_{13}NH_3^+]}{[C_6H_{13}NH_2]}$$

b) بروبيل أمين $C_3H_7NH_2$

$$C_3H_7NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_3H_7NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][C_3H_7NH_3^+]}{[C_3H_7NH_2]}$$

c) أيونات الكربونات CO_3^{2-}

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]}$$

d) أيون البيكبريتيت HSO_3^-

$$HSO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2SO_{3(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][H_2SO_3]}{[HSO_3^-]}$$

almanahj.com/ae

2) اكتب معادلة اتزان قاعدة يكون فيها PO_4^{3-} قاعدة في التفاعل الأمامي و OH^- قاعدة في التفاعل العكسي.

$$PO_4^{3-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

حل أسئلة التقويم قوة الأحماض والقواعد Strength of Acids and Bases

1) صف محتويات محاليل مائية مخففة للحمض القوي HI والحمض الضعيف HCOOH.

محلول الحمض القوي HI: يحتوي على جزيء ماء وأيون هيدرونيوم H_3O^+ وأيون اليود I^-.

محلول الحمض الضعيف: يحتوي على جزيء ماء وأيون هيدرونيوم H_3O^+ وأيون الميثانوات $HCOO^-$.

2) ما العلاقة بين قوة الحمض الضعيف وقوة قاعدته المرافقة.

علاقة عكسية أي كلما كان الحمض ضعيف كلما كانت قاعدته المرافقة قوية وكلما كان الحمض قوي كانت قاعدته المرافقة ضعيفة.

3) حدد الأزواج المترافقة للحمض والقاعدة في كل معادلة مما يلي:

a) $HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

الحمض HCOOH والقاعدة المرافقة $HCOO^-$

القاعدة H_2O والحمض المرافق H_3O^+

b) $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

الحمض H_2O والقاعدة المرافقة OH^-

القاعدة NH_3 والحمض المرافق NH_4^+

4) ما الذي يمكن أن تستفيده من معرفة قيمة K_b للأنيلين $C_6H_5NH_2$. $K_b=4.3\times10^{-10}$

القيمة تدل على أن الأنيلين قاعدة ضعيفة.

5) فسر البيانات في الجدول أدناه لوضع سبعة الأحماض بالترتيب حسب زيادة توصيلها للكهرباء.

الحمض	معادلة التأين	$K_a(298K)$
كبريتيد الهيدروجين (التأين الأول)	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$	8.9×10^{-8}
كبريتيد الهيدروجين (التأين الثاني)	$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$	1×10^{-19}
حمض الهيدروفلوريك	$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$	6.3×10^{-4}
حمض الهيدروسيانيك	$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$	6.2×10^{-10}
حمض الإيثانويك	$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$	1.8×10^{-5}
حمض الكربونيك (التأين الأول)	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$	4.5×10^{-7}
حمض الكربونيك (التأين الثاني)	$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$	4.7×10^{-11}

almanahj.com/ae

HS^- , HCO_3^- , HCN , H_2S , H_2CO_3 , CH_3COOH , HF

حل أسئلة المراجعة قوة الأحماض والقواعد Strength of Acids and Bases

1) اشرح الفرق بين حمض قوي وحمض ضعيف.

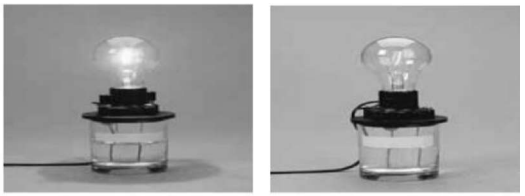
الحمض القوي: هو المادة التي تتفكك كلياً في المحلول المائي.

الحمض الضعيف: هو المادة التي تتفكك جزئياً في المحلول المائي.

2) اشرح لماذا تستعمل أسهم الاتزان في معادلات تأين بعض الأحماض.

تستعمل مع الأحماض الضعيفة ويتجه اتزان التأين نحو اليسار لأن القاعدة المرافقة لديها جذب أكبر لأيون الهيدروجين من القاعدة والقاعدة المرافقة (في التفاعل العكسي) أقوى من القاعدة (في التفاعل الأمامي).

3) أي الكأسين في الشكل أدناه قد تحتوي على محلول حمض الهيبوكلوروز بتركيز 0.1M. وضح إجابتك.



الكأس الأيمن لأن حمض الهيبوكلوروز من الأحماض الضعيفة التي تتأين جزئياً في المحلول المائي ويكون توصيلها للكهرباء منخفض.

4) كيف تقارن بين قوتي حمضين ضعيفين في المختبر؟ وكيف تقوم بذلك من خلال معلومات تحصل عليها من جدول أو كتيب.

عن طريق مقارنة الحمضين من حيث التوصيل الكهربائي في محاليل متساوية المولارية ومقارنتها بثوابت التأين للأحماض الموجودة في الكتب والمراجع العلمية.

5) حدد الأزواج المترافقة في تفاعل H_3PO_4 مع الماء.

$$H_3PO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$$

الحمض H_3PO_4 والقاعدة المرافقة $H_2PO_4^-$

القاعدة H_2O والحمض المرافق $H_3O^+_{(aq)}$

almanahj.com/ae

6) اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_b لتأين الأمونيا في الماء. وكيف يتخذ محلول الأمونيا منظفاً آمناً للنوافذ مع أنه قاعدي.

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

الأمونيا قاعدة ضعيفة وبالتالي فإن محلولها المائي لديه القدرة على تنظيف النوافذ دون إحداث أي ضرر بها.

7) حمض الهيبوكلوروز مطهر صناعي. اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_a لتأين حمض الهيبوكلوروز في الماء.

$$HClO_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + ClO^-_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[H^+][ClO^-]}{[HClO]}$$

8) اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_b لتأين الأنيلين في الماء. الأنيلين قاعدة ضعيفة صيغتها $C_2H_5NH_2$.

$$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[OH^-][C_2H_5NH_3^+]}{[C_2H_5NH_2]}$$

9) تتفاعل القاعدة الضعيفة ZaH_2 مع الماء لتعطي محلولاً تركيز أيون OH^- فيه يساوي 2.68×10^{-4} mol/L والمعادلة الكيميائية للتفاعل هي:

$$ZaH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons ZaH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

إذا كان $[ZaH_2]$ عند الاتزان 0.0997mol/L فما قيمة K_b لـ ZaH_2.

$$K_b = \frac{[OH^-][ZaH_3^+]}{[ZaH_2]} = \frac{[2.68\times10^{-4}][2.68\times10^{-4}]}{0.0997-2.68\times10^{-4}} = 7.22\times10^{-7}$$

10) اختر حمضاً قوياً واشرح كيف تحضر محلولاً مخففاً منه؟ ثم اختر حمضاً ضعيفاً واشرح كيف تحضر محلولاً مركزاً منه.

حمض الهيدروكلوريك حمض قوي يتم تحضير محلول مخفف منه عن طريق إذابة كمية قليلة من الحمض قوي في كمية كبيرة من الماء.

حمض الإيثانويك حمض ضعيف يتم تحضير محلول مركز منه عن طريق إذابة كمية كبيرة من الحمض ضعيف في كمية قليلة من الماء.

الدرس الثالث: أيونات الهيدروجين والرقم الهيدروجيني Hydrogen Ions and pH

ثابت التأين للماء Ion Product Constant for Water

ثابت تأين الماء (K_w): لفظياً: حاصل ضرب تراكيز أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيد في المحاليل المائية المخففة.

رياضياً: $K_w = [H^+][OH^-] = 1\times10^{-14}$

ملاحظة: لا تتغير قيمة ثابت تأين الماء K_w لأنه كلما زاد تركيز $[H^+]$ نقصت تركيز $[OH^-]$ وبالمثل فإن الزيادة في تركيز $[OH^-]$ تقلل من تركيز $[H^+]$.

مثال: إذا كان تركيز أيون H^+ في كوب قهوة عند درجة حرارة 298K يساوي $1\times10^{-5}M$. فما تركيز أيون OH^- في القهوة؟ هل تعد القهوة حمضية أم قاعدية أم متعادلة.

$$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1\times10^{-14}}{[1\times10^{-5}]} = 1\times10^{-9}M$$

القهوة حمضية لأن $[H^+] > [OH^-]$

مسائل تدريبية:

1) فيما يلي قيم تراكيز H^+ و OH^- لأربعة محاليل مائية عند درجة حرارة 298K. احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ لكل محلول ثم حدد ما إذا كان المحلول حمضياً أم قاعدياً أم متعادلاً.

a) $[H^+]=1\times10^{-13}$ M

$$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1\times10^{-14}}{[1\times10^{-13}]} = 0.1M$$

$[H^+] < [OH^-]$ المحلول قاعدي

b) $[OH^-]=1\times10^{-7}$ M

$$[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{1\times10^{-14}}{[1\times10^{-7}]} = 1\times10^{-7}M$$

$[H^+]=[OH^-]$ المحلول متعادل

c) $[OH^-]=1\times10^{-3}$ M

almanahj.com/ae

$$[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{1\times10^{-14}}{[1\times10^{-3}]} = 1\times10^{-11}M$$

$[OH^-] > [H^+]$ المحلول قاعدي

d) $[H^+]=4\times10^{-5}$ M

$$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1\times10^{-14}}{[1\times10^{-5}]} = 1\times10^{-9}M$$

$[H^+] > [OH^-]$ المحلول حمضي

2) احسب عدد أيونات H^+ وعدد أيونات OH^- في 300mL من الماء النقي عند درجة حرارة 298K.

عند 298K: $[H^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}M$

عدد مولات H^+ = المولارية × الحجم باللتر $=1\times10^{-7}\times0.3=3\times10^{-8}mol$

عدد أيونات H^+ = عدد المولات × عدد أفوجادرو $=3\times10^{-8}\times6.02\times10^{23}=1.8\times10^{16}ions$

عدد أيونات H^+ = عدد أيونات $OH^- = 1.8\times10^{16}ions$

الرقم الهيدروجيني pH والرقم الهيدروكسيدي pOH

الرقم الهيدروجيني pH:

لفظياً: هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين.

رياضياً: $pH = -\log[H^+]$

دلالات قيم pH:

1) $pH < 7$ يكون المحلول حمضي.

2) $pH > 7$ يكون المحلول قاعدي.

3) $pH = 7$ يكون المحلول متعادل.

الرقم الهيدروكسيدي pOH:

لفظياً: هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروكسيد.

رياضياً: $pOH=-\log[OH^-]$

دلالات قيم pOH:

1) $pOH < 7$ يكون المحلول قاعدي.

2) $pOH > 7$ يكون المحلول حمضي.

3) $pOH = 7$ يكون المحلول متعادل.

العلاقة بين الأس الهيدروجيني pH والأس الهيدروكسيدي pOH:

$pH + pOH = 14$

مثال1: ما قيمة pH لمحلول متعادل عند درجة حرارة 298K.

في المحلول المتعادل: $[H^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}$

$pH=-\log[H^+]=-\log(1\times10^{-7})=7$

مثال2: احسب pH و pOH لمنظف الأمونيا المنزلية عند درجة حرارة 298K إذا علمت أن تركيز أيون الهيدروكسيد فيه $4\times10^{-3}M$

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(4\times10^{-3})=2.4$

$pH=14-2.4=11.6$

مثال3: ما قيم $[H^+]$ و $[OH^-]$ في دم الشخص السليم الذي لديه $pH=7.4$ على افتراض أن درجة حرارة الدم 298K.

$[H^+]=10^{-pH}=10^{-7.4}=3.9\times10^{-8}$

$[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}=\frac{1\times10^{-14}}{[3.9\times10^{-8}]}=2.6\times10^{-7}M$

almanahj.com/ae

مسائل تدريبية:

1) احسب قيمتي pH للمحلولين التاليين عند درجة حرارة 298K.

a) $[H^+]=1\times10^{-2}$ M

$pH=-\log[H^+]=-\log(1\times10^{-2})=2$

b) $[H^+]=3\times10^{-6}$ M

$pH=-\log[H^+]=-\log(3\times10^{-6})=5.52$

2) احسب قيمتي pH للمحلولين التاليين عند درجة حرارة 298K.

a) $[H^+]=0.0055$ M

$pH=-\log[H^+]=-\log(0.0055)=2.26$

b) $[H^+]=0.000084$ M

$pH=-\log[H^+]=-\log(0.000084)=4.08$

3) احسب قيمة pH لمحلول فيه تركيز $[OH^-]=8.2\times10^{-6}$ M

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(8.2\times10^{-6})=5.09$

$pH=14-5.09=8.91$

4) احسب قيمة pH و pOH للمحاليل المائية ذات التراكيز التالية عند درجة حرارة 298K.

a) $[OH^-]=1\times10^{-6}$ M

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(1\times10^{-6})=6$

$pH=14-6=8$

b) $[OH^-]=6.5\times10^{-4}$ M

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(6.5\times10^{-4})=3.19$

$pH=14-3.19=10.81$

c) $[H^+]=3.6\times10^{-9}$ M

$pH=-\log[H^+]=-\log(3.6\times10^{-9})=8.44$

$pOH=14-8.44=5.56$

d) $[H^+]=2.5\times10^{-2}$ M

$pH=-\log[H^+]=-\log(2.5\times10^{-2})=1.6$

$pOH=14-1.6=12.4$

5) احسب قيم pH و pOH للمحلولين المائيين التاليين عند درجة حرارة 298K.

a) $[OH^-]=0.000033$ M

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(0.000033)=4.48$

$pH=14-4.48=9.52$

b) $[H^+]=0.0095$ M

$pH=-\log[H^+]=-\log(0.0095)=2.02$

$pOH=14-2.02=11.98$

6) احسب قيم pH و pOH لمحلول مائي يحتوي 1×10^{-3}mol من HCl مذاب في 5L من المحلول.

$[HCl]=[H^+]=\frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}}=\frac{1\times10^{-3}}{5}=2\times10^{-4}$M

almanahj.com/ae

$pH=-\log[H^+]=-\log(2\times10^{-4})=3.7$

$pOH=14-3.7=10.3$

7) احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في كل من المحاليل التالية:

a) الحليب pH=6.5

$[H^+]=10^{-pH}=10^{-6.5}=3.16\times10^{-7}$M

$[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}=\frac{1\times10^{-14}}{[3.16\times10^{-7}]}=3.16\times10^{-8}$M

b) عصير الليمون pH=2.37

$[H^+]=10^{-pH}=10^{-2.37}=4.27\times10^{-3}$M

$[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}=\frac{1\times10^{-14}}{[4.27\times10^{-3}]}=2.34\times10^{-12}$M

c) حليب المغنيسيا pH=10.5

$[H^+]=10^{-pH}=10^{-10.5}=3.16\times10^{-11}$M

$[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}=\frac{1\times10^{-14}}{[3.16\times10^{-11}]}=3.16\times10^{-4}$M

d) الأمونيا المنزلية pH=11.9

$[H^+]=10^{-pH}=10^{-11.9}=1.26\times10^{-12}$M

$[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}=\frac{1\times10^{-14}}{[1.26\times10^{-12}]}=7.94\times10^{-3}$M

8) احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في عينة من ماء البحر حيث: pOH=5.6

$[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-5.6}=2.5\times10^{-6}$M

$[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-14}}{[2.5\times10^{-6}]}=4\times10^{-9}$M

المولارية والرقم الهيدروجيني pH للأحماض والقواعد القوية Molarity and the pH of Strong Acids and Strong Bases

تركيز الحمض القوي=$[H^+]$ مضروباً في عدد المولات الموجودة في المعادلة الموزونة.

تركيز القاعدة القوية=$[OH^-]$ مضروباً في عدد المولات الموجودة في المعادلة الموزونة.

مثال1: احسب قيمة الأس الهيدروجيني pH لمحلول حمض الهيدروكلوريك إذا علمت أن تركيز الحمض فيه يساوي $1\times10^{-5}M$.

معادلة التأين: $HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

تركيز الحمض=$[H^+]=1\times10^{-5}M$

$pH=-\log[H^+]=-\log(1\times10^{-5})=5$

مثال2: احسب قيمة الأس الهيدروجيني pH لمحلول مائي يحوي 0.001mol من هيدروكسيد الصوديوم في 500mL من المحلول.

معادلة التأين: $NaOH_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$$[OH^-]=\frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}}=\frac{0.001}{0.5}=2\times10^{-3}M$$

تركيز القاعدة=$[OH^-]=2\times10^{-3}M$

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(2\times10^{-3})=2.7$

$pH=14-2.7=11.2$

المولارية والرقم الهيدروجيني pH للأحماض والقواعد الضعيفة Molarity and the pH of Strong Acids and Strong Bases

مثال: يستعمل حمض الفورميك HCOOH لمعالجة عصارة أشجار المطاط وتحويلها إلى مطاط طبيعي. فإذا كانت قيمة pH لمحلول حمض الميثانويك الذي تركيزه 0.1M يساوي 2.38 فما قيمة K_a للحمض.

معادلة التأين: $HCOOH_{(aq)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

$[HCOO^-]=[H^+]=10^{-pH}=10^{-2.38}=4.17\times10^{-3}M$

$[HCOOH]=0.1-4.17\times10^{-3}=0.096M$

$$K_a=\frac{[HCOO^-][H^+]}{HCOOH}=\frac{[4.17\times10^{-3}][4.17\times10^{-3}]}{0.096}=1.8\times10^{-4}$$

almanahj.com/ae

مسائل تدريبية:

1) احسب K_a للحمضين التاليين:

a) محلول H_3AsO_4 تركيزه 0.22M و pH=1.5

معادلة التأين: $H_3AsO_{4\,(aq)} \rightleftharpoons H_2AsO_4^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

$[H_2AsO_4^-]=[H^+]=10^{-pH}=10^{-1.5}=0.032M$

$[H_3AsO_4]=0.22-0.032=0.188M$

$$K_a=\frac{[H_2AsO_4^-][H^+]}{[H_3AsO_4]}=\frac{[0.032][0.032]}{0.188}=5.45\times10^{-3}$$

b) محلول $HClO_2$ تركيزه 0.04M و pH=1.8

معادلة التأين: $HClO_{2\,(aq)} \rightleftharpoons ClO_2^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

$[ClO_2^-]=[H^+]=10^{-pH}=10^{-1.8}=1.6\times10^{-2}M$

$[HClO_2]=0.04-1.6\times10^{-2}=2.4\times10^{-2}M$

$$K_a=\frac{[ClO_2^-][H^+]}{[HClO_2]}=\frac{[1.6\times10^{-2}][1.6\times10^{-2}]}{2.4\times10^{-2}}=1.1\times10^{-2}$$

2) احسب K_a للأحماض التالية:

a) محلول حمض البنزويك C_6H_5COOH تركيزه 0.0033M و pOH=10.7

معادلة التأين: $C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

$pH=14-10.7=3.3$

$[C_6H_5COO^-]=[H^+]=10^{-pH}=10^{-3.3}=5\times10^{-4}M$

$[C_6H_5COOH]=0.0033-5\times10^{-4}=2.8\times10^{-3}M$

$K_a=\frac{[C_6H_5COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}=\frac{[5\times10^{-4}][5\times10^{-4}]}{2.8\times10^{-3}}=8.9\times10^{-5}$

b) محلول حمض السيانيك HCNO تركيزه 0.1M و pOH=11

معادلة التأين: $HCNO_{(aq)} \rightleftharpoons CNO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

$pH=14-11=3$

$[CNO^-]=[H^+]=10^{-pH}=10^{-3}=1\times10^{-3}M$

$[HCNO]=0.1-1\times10^{-3}=0.099M$

$K_a=\frac{[CNO^-][H^+]}{[HCNO]}=\frac{[1\times10^{-3}][1\times10^{-3}]}{0.099}=1\times10^{-5}$

c) محلول حمض البيوتانويك C_3H_7COOH تركيزه 0.15M و pOH=11.18

معادلة التأين: $C_3H_7COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_3H_7COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

$pH=14-11.18=2.82$

$[C_3H_7COO^-]=[H^+]=10^{-pH}=10^{-2.82}=1.5\times10^{-3}M$

$[C_3H_7COOH]=0.15-1.5\times10^{-3}=0.149M$

almanahj.com/ae

$K_a=\frac{[C_3H_7COO^-][H^+]}{[C_3H_7COOH]}=\frac{[1.5\times10^{-3}][1.5\times10^{-3}]}{0.149}=1.5\times10^{-5}$

3) احسب K_a لمحلول حمض HX الذي تركيزه 0.0091M وله pOH يساوي 11.32 محدداً نوع الحمض بمراجعة جدول ثوابت تأين الأحماض.

معادلة التأين: $HX_{(aq)} \rightleftharpoons X^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

$pH=14-11.32=2.68$

$[X^-]=[H^+]=10^{-pH}=10^{-2.68}=2.1\times10^{-3}M$

$[HX]=0.0091-2.1\times10^{-3}=7\times10^{-3}M$

$K_a=\frac{[X^-][H^+]}{[HX]}=\frac{[2.1\times10^{-3}][2.1\times10^{-3}]}{7\times10^{-3}}=6.3\times10^{-4}$

حمض الهيدروفلوريك (HF).

حل أسئلة التقويم أيونات الهيدروجين والرقم الهيدروجيني Hydrogen Ions and pH

1) لماذا تكون قيمة pH للمحلول الحمضي دائماً أصغر من قيمة pOH للمحلول نفسه؟

لأن مجموع pH و pOH يساوي 14 وفي الوسط الحمضي يجب أن تكون pH أقل من pOH.

2) كيف يمكنك تحديد قيمة pH لمحلول ما إذا علمت قيمة pOH للمحلول نفسه؟

$pH=14-pOH$

3) اشرح معنى K_w في المحاليل المائية؟

لفظياً: حاصل ضرب تراكيز أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيد في المحاليل المائية المخففة.

رياضياً: $K_w=[H^+][OH^-]=1\times10^{-14}$

4) اشرح مستعملاً مبدأ لوتشالييه ما يحدث لـ $[H^+]$ في محلول حمض الإيثانويك الذي تركيزه 0.1M عند إضافة قطرة من محلول NaOH.

$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

زيادة أيون الهيدروكسيد OH^- من قطرات NaOH تؤدي إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في محلول حمض الإيثانويك.

5) اكتب قائمة بالمعلومات الضرورية لحساب قيمة K_a لحمض ضعيف.

الأس الهيدروجيني pH والأس الهيدروكسيدي pOH وتراكيز المتفاعلات والنواتج.

6) إذا علمت أن قيمة pH لحبة طماطم تساوي 4.5 تقريباً فما $[H^+]$ و $[OH^-]$ فيها.

$[H^+]=10^{-pH}=10^{-4.5}=3.16\times10^{-5}M$

$[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}=\frac{1\times10^{-14}}{[3.16\times10^{-5}]}=3.16\times10^{-10}M$

7) حدد قيمة pH لمحلول يحتوي على 1×10^{-9} mol من أيونات OH^- لكل L.

$[OH^-]=\frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}}=\frac{1\times10^{-9}}{1}=1\times10^{-9}M$

almanahj.com/ae

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(1\times10^{-9})=9$

$pH=14-9=5$

8) احسب قيمة pH في المحاليل التالية:

a) 1M HI

$pH=-\log[H^+]=-\log(1)=0$

b) محلول HNO_3 الذي تركيزه 0.05M

$pH=-\log[H^+]=-\log(0.05)=1.3$

c) محلول KOH الذي تركيزه 1M

$pOH=-\log[OH^-]=-\log(1)=0$

$pH=14-0=14$

d) محلول $Mg(OH)_2$ الذي تركيزه $2.4\times10^{-5}M$

$pOH=-\log[2OH^-]=-\log(2\times2.4\times10^{-5})=4.32$

$pH=14-4.32=9.68$

9) ماذا يحدث لكل من $[H^+]$, $[OH^-]$, pH , pOH عندما يصبح المحلول المتعادل أكثر حمضية؟ وماذا يحدث عندما يصبح أكثر قاعدية.

يكون المحلول المتعادل أكثر حمضية عندما يزداد تركيز أيون الهيدروجين H^+ من 10^{-7} إلى 1 ويقل تركيز أيون الهيدروكسيد OH^- من 10^{-7}إلى 10^{-14} والأس الهيدروجيني pH يتغير من 7 إلى 0 والأس الهيدروكسيدي pOH يتغير من 7 إلى 14.

ويكون المحلول المتعادل أكثر قاعدية عندما يقل تركيز أيون الهيدروجين H^+ من 10^{-7} إلى 10^{-14} ويزداد تركيز أيون الهيدروكسيد OH^- من 10^{-7} إلى 1 والأس الهيدروجيني pH يتغير من 7 إلى 14 والأس الهيدروكسيدي pOH يتغير من 7 إلى 0.

حل أسئلة المراجعة أيونات الهيدروجين والرقم الهيدروجيني Hydrogen Ions and pH

1) ما العلاقة بين pOH وتركيز أيون OH^- في محلول.

$pOH=-\log[OH^-]$

75) قيمة pH للمحلول A تساوي 2 وللمحلول B تساوي 5. أي المحلولين أكثر حمضية بناءً على تركيزي أيون H^+ في المحلولين وكم مرة تزيد الحمضية.

المحلول A أكثر حمضية من المحلول B وتزيد الحمضية بمقدار 10^3 أو 1000مرة أكثر حمضية.

2) إذا تناقص تركيز أيونات H^+ في محلول مائي فماذا يجب أن يحدث لتركيز أيونات OH^- ؟ ولماذا.

$[OH^-]$ يزداد لأن $[H^+][OH^-]=K_w$

3) استعمل مبدأ لوتشاتليه لتوضيح ما يحدث للاتزان في التفاعل التالي: $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ عند إضافة بضع قطرات من HCl إلى ماء نقي.

زيادة قطرات من HCl إلى الماء تزيد من تركيز أيون الهيدروجين H^+ وبالتالي ينزاح الاتزان نحو اليسار.

4) ما $[OH^-]$ في محلول مائي عند 298K حيث $[H^+]=5.4\times10^{-3}M$

$$[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{[H^+]}=\frac{1\times10^{-14}}{[5.4\times10^{-3}]}=1.85\times10^{-12}M$$

5) ما قيمة pH و pOH لمحلول مائي عند 298K حيث $[H^+]=5.4\times10^{-3}M$

$pH=-\log[H^+]=-\log(5.4\times10^{-3})=2.27$

$pOH=14-2.27=11.73$

6) لديك محلولان: 0.1M HCl , 0.1M HF أيهما يكون تركيز أيونات H^+ فيه أعلى؟ احسب pH لكل من المحلولين إذا علمت أن $[H^+]=7.9\times10^{-3}M$ في محلول HF.

بالنسبة HCl:

almanahj.com/ae

$pH=-\log[H^+]=-\log(0.1)=1$

بالنسبة HF:

$pH=-\log[H^+]=-\log(7.9\times10^{-3})=2.1$

HCl يكون فيه تركيز أيونات H^+ أكثر.

7) يستعمل حمض الكروميك منظفاً صناعياً للفلزات. احسب قيمة K_a للتأين الثاني لحمض الكروميك H_2CrO_4 إذا كان لديك محلول تركيزه 0.04M من كرومات الصوديوم الهيدروجينية قيمة pH لها تساوي 3.946.

معادلة التأين الأول: $H_2CrO_{4\,(aq)} \rightleftharpoons HCrO_4^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

معادلة التأين الثاني: $HCrO_4^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons CrO_4^{2-}{}_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

$[CrO_4^{2-}]=[H^+]=10^{-pH}=10^{-3.946}=1.13\times10^{-4}M$

$[HCrO_4^-]=0.04-1.13\times10^{-4}=3.99\times10^{-2}M$

$$K_a=\frac{[CrO4^{2-}][H^+]}{[HCrO4^-]}=\frac{[1.13\times10^{-4}][1.13\times10^{-4}]}{3.99\times10^{-2}}=3.2\times10^{-7}$$

الدرس الرابع: التعادل Neutralization

التفاعلات بين الأحماض والقواعد Reactions Between Acids and Bases

تفاعلات التعادل: تفاعل محلول حمض مع محلول قاعدة لإنتاج ملح وماء.

الملح: مركب أيوني يتكون من أيون موجب من قاعدة وأيون سالب من حمض.

مثال1: تفاعل هيدروكسيد المغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك كما يلي:

معادلة الصيغ: $Mg(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

المعادلة الأيونية الكلية: $\cancel{Mg^{2+}}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2\cancel{Cl^-}_{(aq)} \rightarrow \cancel{Mg^{2+}}_{(aq)} + 2\cancel{Cl^-}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

المعادلة الأيونية النهائية: $2OH^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

مثال2: تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك كما يلي:

معادلة الصيغ: $NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

المعادلة الأيونية الكلية: $\cancel{Na^+}_{(aq)} + OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + \cancel{Cl^-}_{(aq)} \rightarrow \cancel{Na^+}_{(aq)} + \cancel{Cl^-}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

المعادلة الأيونية النهائية: $OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

معايرة الأحماض والقواعد Acid–Base Titration

المعايرة: هي طريقة لتحديد تركيز محلول ما وذلك بتفاعل حجم معلوم منه مع محلول تركيزه معلوم.

خطوات المعايرة:

1) يوضع حجم معين من المحلول الحمضي أو القاعدي غير معروف التركيز في كأس زجاجية ثم تغمس أقطاب جهاز pH في هذا المحلول وتقرأ قيمتها الابتدائية للمحلول وتسجل.

2) تملأ السحاحة بمحلول المعايرة المعلوم تركيزه ويسمى هذا المحلول بالمحلول القياسي.

3) نضيف حجم معلوم من المحلول القياسي ببطء إلى المحلول الموجود في الكأس وتخلط معه ثم تقرأ قيمة pH وتسجل بعد كل إضافة وتستمر هذه العملية إلى أن يصل التفاعل إلى نقطة التكافؤ.

almananj.com/ae

نقطة التكافؤ: هي النقطة التي يتساوى عندها عدد مولات H^+ من الحمض مع عدد مولات OH^- من القاعدة.

الكواشف: عبارة عن أصباغ كيميائية تتأثر ألوانها بالمحاليل الحمضية والقاعدية.

نقطة نهاية المعايرة: هي النقطة التي يتغير لون الكاشف عندها.

حساب المولارية من بيانات المعايرة:

مثال: نحتاج إلى محلول قياسي حجمه 18.28mL من NaOH وتركيزه 0.1M للتعادل مع 25mL من محلول حمض الميثانويك HCOOH. احسب مولارية محلول حمض الميثانويك.

$V_B=18.28\div1000=1.83\times10^{-2}L$, $M_B=0.1M$, $V_A=25\div1000=2.5\times10^{-2}L$, $M_A=??$

معادلة تفاعل التعادل: $HCOOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow HCOONa_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

عدد مولات $NaOH = V_B \times M_B = 0.1 \times 1.83\times10^{-2} = 1.83\times10^{-3}mol$

عدد مولات $HCOOH$ = عدد مولات $NaOH = 1.83\times10^{-3}mol$

$$M_A = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{1.83\times10^{-3}}{2.5\times10^{-2}} = 7.32\times10^{-2}M$$

مسائل تدريبية:

1) ما مولارية محلول حمض النيتريك إذا لزم 43.33mL KOH تركيزه 0.1M لمعادلة 20mL من محلول حمض النيتريك.

$V_B=43.33\div1000=4.33\times10^{-2}L$, $M_B=0.1M$, $V_A=20\div1000=2\times10^{-2}L$, $M_A=??$

معادلة تفاعل التعادل: $HNO_{3(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

عدد مولات $KOH = V_B \times M_B = 0.1 \times 4.33\times10^{-2} = 4.33\times10^{-3}mol$

عدد مولات HNO_3 = عدد مولات $KOH = 4.33\times10^{-3}mol$

$$M_A = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{4.33\times10^{-3}}{2\times10^{-2}} = 0.217M$$

2) ما تركيز محلول الأمونيا المستعمل في مواد التنظيف المنزلي إذا تطلب 49.9mL HCl وتركيزه 0.59M لمعادلة 25mL من هذا المحلول.

$V_B=25\div1000=2.5\times10^{-2}L$ $M_B=??$, $V_A=49.9\div1000=4.99\times10^{-2}L$, $M_A=0.59M$

معادلة تفاعل التعادل: $HCl_{(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$

عدد مولات $HCl = V_A\times M_A = 4.99\times10^{-2}\times0.59 = 2.94\times10^{-2}mol$

عدد مولات NH_3 = عدد مولات $HCl = 2.94\times10^{-2}mol$

$$M_B = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{2.94\times10^{-2}}{2.5\times10^{-2}} = 1.18M$$

3) كم mL من NaOH الذي تركيزه 0.5M يمكن أن يتعادل مع 25mL من H_3PO_4 تركيزه 0.1M.

$V_B=??$ $M_B=0.5M$, $V_A=25\div1000=0.025L$, $M_A=0.1M$

معادلة تفاعل التعادل: $H_3PO_{4(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_3PO_{4(aq)} + 3H_2O_{(l)}$

عدد مولات $H_3PO_4 = V_A\times M_A = 0.025\times0.1 = 2.5\times10^{-3}mol$

عدد مولات H_3PO_4 = عدد مولات $NaOH = 3\times2.5\times10^{-3} = 7.5\times10^{-3}mol$

$$V_B = \frac{\text{عدد المولات}}{M_B} = \frac{7.5\times10^{-3}}{0.5} = 0.015L = 15mL$$

تميه الأملاح Salt Hydrolysis

تميه الملح: عملية اكتساب الشق السالب من الملح أيونات الهيدروجين واكتساب الشق الموجب أيونات الهيدروكسيد من الماء عند إذابة الملح في الماء.

تقسم الأملاح كما يلي:

1) الأملاح القاعدية: هي الأملاح التي تكون فيها القاعدة قوية والحمض ضعيف.

مثال: تفاعل حمض الهيدروفلوريك الضعيف مع هيدروكسيد البوتاسيوم (قاعدة قوية) لإنتاج ملح قاعدي من فلوريد البوتاسيوم KF كما يلي:

$$HF_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KF_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

يتحلل الملح KF إلى أيونات البوتاسيوم وأيونات الفلوريد كما يلي: $KF_{(s)} \rightarrow K^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$

نفاعل الأيون القاعدي الضعيف F^- على حسب نظرية برونستد–لوري مع الماء كما يلي:

$$F^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HF_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

2) الأملاح الحمضية: هي الأملاح التي تكون فيها القاعدة ضعيفة والحمض قوي.

مثال: تفاعل حمض الهيدروكلوريك القوي مع الأمونيا (قاعدة ضعيفة) لإنتاج ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl كما يلي:

$$NH_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

يتحلل الملح NH_4Cl إلى أيونات الأمونيوم وأيونات الكلوريد كما يلي: $NH_4Cl_{(s)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$

يتفاعل الأيون الحمضي الضعيف NH_4^+ حسب نظرية برونستد–لوري مع الماء كما يلي:

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3\,(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

3) الأملاح المتعادلة: هي الأملاح التي تكون فيها القاعدة قوية والحمض قوي.

مثال: تفاعل حمض النيتريك القوي مع هيدروكسيد الصوديوم (قاعدة قوية) لإنتاج ملح نترات الصوديوم $NaNO_3$ كما يلي:

$$HNO_{3(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaNO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$$

يتحلل الملح $NaNO_3$ إلى أيونات الصوديوم وأيونات النترات كما يلي: $NaNO_{3(s)} \rightarrow Na^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$

لا يحدث تميه أبداً لأن Na^+ و NO_3^- لا يتفاعلان مع الماء.

almanahj.com/ae

مسائل تدريبية:

1) اكتب معادلات لتفاعلات تميه الأملاح التي تحدث عند إذابة الأملاح التالية في الماء وصنف كلاً منها إلى حمضي أو قاعدي أو متعادل:

a) نترات الأمونيوم.

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

المحلول حمضي.

b) إيثانوات الروبيديوم.

$$CH_3COORb_{(aq)} \rightarrow CH_3COO^-{}_{(aq)} + Rb^+{}_{(aq)}$$

$$CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOH_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

المحلول قاعدي.

c) كبريتات البوتاسيوم.

$$K_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2K^+{}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

$$SO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HSO_4^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

المحلول متعادل.

d) كربونات الكالسيوم.

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow Ca^{2+}{}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$$

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

المحلول قاعدي.

2) اكتب معادلة التفاعل الذي يحدث عند معايرة هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH مع بروميد الهيدروجين HBr. وهل تكون قيمة pH عند نقطة التكافؤ أكبر أو أقل من 7.

almanahj.com/ae

$$NH_4OH_{(aq)} + HBr_{(aq)} \rightarrow NH_4Br_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

$$NH_4Br_{(s)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Br^-{}_{(aq)}$$

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

تكون أيون الهيدرونيوم يدل أن الوسط حمضي لذلك تكون قيمة pH أقل من 7.

المحاليل المنظمة Buffered Solutions

المحلول المنظم: هو المحلول الذي يقاوم التغيرات في قيم pH عند إضافة كميات محددة من الأحماض والقواعد.

طريقة عمل المحلول المنظم: يتكون من خليط من حمض ضعيف مع قاعدته المرافقة أو قاعدة ضعيفة مع حمضها المرافق حيث يعمل خليط الجزيئات والأيونات في المحلول المنظم على مقاومة تغيرات pH عن طريق التفاعل مع أي ايونات هيدروجين أو أيونات هيدروكسيد تضاف إلى المحلول المنظم.

مثال1: محلول مكون من حمض الهيدروفلوريك HF وقاعدته المرافقة F^- اللذان يكونان في حالة اتزان كما في المعادلة التالية:

$$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons F^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

عند إضافة كمية قليلة من حمض مثل HCl فإنه يتفاعل مع القاعدة المرافقة F^- لتكوين الحمض HF فيقل تركيز القاعدة ويزداد تركيز الحمض مما يسبب تغيراً طفيفاً في النسبة بينهما وبذلك لا يتغير تركيز H_3O^+ على نحو كبير ويبقى pH ثابتاً.

عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية مثل NaOH إلى المحلول فإنها تتفاعل مع حمض HF وبذلك يقل تركيزه ويزداد تركيز أيونات F^- وبذلك لا يتغير تركيز H_3O^+ على نحو كبير ويبقى pH ثابتاً.

مثال2: محلول مكون من حمض الإيثانويك CH_3COOH وقاعدته المرافقة CH_3COO^- اللذان يكونان في حالة اتزان كما في المعادلة التالية:

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

عند إضافة كمية قليلة من حمض مثل HCl فإنه يتفاعل مع القاعدة المرافقة CH_3COO^- لتكوين الحمض CH_3COOH فيقل تركيز القاعدة ويزداد تركيز الحمض مما يسبب تغيراً طفيفاً في النسبة بينهما وبذلك لا يتغير تركيز H_3O^+ على نحو كبير ويبقى pH ثابتاً.

عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية مثل $NaOH$ إلى المحلول فإنها تتفاعل مع حمض CH_3COOH وبذلك يقل تركيزه ويزداد تركيز أيونات CH_3COO^- وبذلك لا يتغير تركيز H_3O^+ على نحو كبير ويبقى pH ثابتاً.

مثال3: محلول مكون من قاعدة مثل NH_3 والحمض المرافق NH_4^+ حيث تكون الأيونات OH^- و NH_4^+ في حالة اتزان مع جزيئات القاعدة غير المتأينة كما في المعادلة التالية: $NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

عند إضافة كمية قليلة من حمض مثل HCl فإنه يتفاعل مع القاعدة في المحلول وبذلك يقل تركيزها مما يسبب زيادة تركيز NH_4^+ وتتغير نسبة القاعدة إلى الحمض بشكل طفيف دون أن يكون لذلك تأثير ملموس على تركيز OH^- ويبقى pH ثابتاً.

سعة المحلول المنظم: هي كمية الحمض أو القاعدة التي يستطيع المحلول المنظم أن يستوعبها دون تغير مهم في pH.

اختيار المحلول المنظم: يكون المحلول المنظم أكثر فاعلية عندما يساوي تركيز الحمض تركيز القاعدة المرافقة له أو تكون متساوية.

almanahj.com/ae

حل أسئلة التقويم التعادل Neutralization

1) لماذا تكون المعادلة الأيونية النهائية لتفاعل تعادل أي حمض قوي مع أي قاعدة قوية دائماً هي المعادلة نفسها.

نتيجة لحذف الأيونات المتفرجة التي لا تدخل في التفاعل ويمكن حذفها للحصول على المعادلة الأيونية النهائية لمعادلة حمض قوي مع قاعدة قوية.

2) اشرح الفرق بين نقطة تكافؤ ونقطة نهاية المعايرة.

نقطة التكافؤ: هي النقطة التي يتساوى عندها عدد مولات H^+ من الحمض مع عدد مولات OH^- من القاعدة.

نقطة نهاية المعايرة: هي النقطة التي يتغير لون الكاشف عندها.

3) قارن بين نتائج تجربتين: الأولى إضافة كمية صغيرة من قاعدة إلى محلول غير منظم له pH=7. والثانية عند إضافة الكمية نفسها من القاعدة إلى محلول منظم له pH=7.

pH للمحلول غير المنظم يزداد أكثر من pH للمحلول المنظم.

4) احسب مولارية محلول حمض الهيدروبروميك HBr إذا لزم 30.35mL من NaOH تركيزه 0.1M لمعايرة 25mL من الحمض حتى نقطة التكافؤ.

$V_A=25\div1000=0.025L$, $M_B=0.1M$, $V_B=30.35\div1000=0.03035L$, $M_A=??$

معادلة تفاعل التعادل: $HBr_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaBr_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

عدد مولات $NaOH = V_B \times M_B = 0.03035 \times 0.1 = 3\times10^{-3}mol$

عدد مولات HBr=عدد مولات $NaOH = 3\times10^{-3}mol$

$$M_A = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{3\times10^{-3}}{0.025} = 0.1214M$$

5) ما المواد التي يمكن استعمالها لعمل محلول منظم له pH=9.4؟ وما نسبتها؟

تستعمل الأمونيا وملح من الأمونيا مثل نيتريت الأمونيوم أو كلوريد الأمونيوم. نستخدم كميات مولارية متساوية من الحمض وأملاحه.

almanahj.com/ae

6) صف كيف تصمم معايرة وتجريها باستعمال HNO_3 تركيزه 0.25M لتحديد مولارية محلول هيدروكسيد السيزيوم.

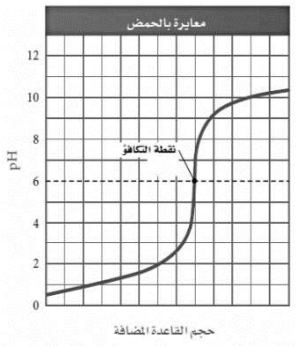
نضع حجم مقاس من محلول هيدروكسيد السيزيوم في الدورق المخروطي ثم نضيف كاشف مثل البروموثيمول الأزرق. نملأ السحاحة بمحلول HNO_3 تركيزه 0.25M ثم نسجل قراءة السحاحة الابتدائية. نضيف محلول HNO_3 ببطء إلى محلول هيدروكسيد السيزيوم حتى نهاية النقطة. نسجل قراءة السحاحة النهائية. نحسب حجم HNO_3 المضاف. نستخدم حجم ومولارية HNO_3 وحجم $CsOH$ لحساب مولارية محلول $CsOH$. ويمكن استخدام المعادلات التالية:

معادلة الصيغة: $CsOH_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow CsNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

المعادلة الأيونية الكاملة: $\cancel{Cs^+_{(aq)}} + OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + \cancel{NO_3^-_{(aq)}} \rightarrow \cancel{Cs^+_{(aq)}} + \cancel{NO_3^-_{(aq)}} + H_2O_{(l)}$

المعادلة الأيونية النهائية: $OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

حل أسئلة المراجعة التعادل Neutralization



1) ما الحمض والقاعدة اللذان يجب أن يتفاعلا لينتجا محلولاً مائياً من يوديد الصوديوم؟

حمض الهيدرويوديك وهيدروكسيد الصوديوم.

2) ما كواشف الأحماض والقواعد والتي من المناسب استعمالها في تفاعل التعادل المبين منحنى معايرته في الشكل التالي ولماذا.

الكواشف المناسبة البروموكريسول البنفسجي أو اليزارين لأن تغيرات اللون تكون قريبة من pH=6 وهي نقطة التكافؤ.

3) متى يكون استعمال pH أفضل من الكاشف لتحديد نقطة النهاية لمعايرة حمض وقاعدة.

عند عدم تغير ألوان كواشف الأحماض والقواعد أو تكون قريبة من نقطة التكافؤ أو الكاشف لا يعطي نتيجة متوقعة.

4) ماذا يحدث عند إضافة حمض إلى المحلول المنظم HF/F^-.

الحمض ينتج ايونات الهيدروجين عندما يتفاعل مع أيونات F^- في محلول HF والأس الهيدروجيني pH سوف ينخفض.

5) عند إضافة الميثيل الأحمر إلى محلول مائي ينتج لون وردي وعند إضافة الميثيل البرتقالي إلى المحلول نفسه ينتج لون أصفر. ما مدى pH تقريباً للمحلول.

pH تقريباً يكون بين 4.2 و 5.6.

6) اعط الاسم والصيغة الجزيئية للحمض والقاعدة اللذين انتجا كلاً من الاملاح التالية:

a) NaCl القاعدة: هيدروكسيد الصوديوم ($NaOH$). الحمض: حمض الهيدروكلوريك (HCl).

b) $KHCO_3$ القاعدة: هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH). الحمض: حمض الكربونيك (H_2CO_3).

c) NH_4NO_2 القاعدة: الأمونيا (NH_3). الحمض: حمض النيتروز (HNO_2).

d) CaS القاعدة: هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$). الحمض: حمض الهيدروكبريتيك (H_2S).

7) اكتب معادلات كيميائية ومعادلات أيونية كلية لتميه كل من الملحين التاليين في الماء:

a) كربونات الصوديوم.

almanahj.com/ae

$$Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NaHCO_{3(aq)} + NaOH_{(aq)}$$

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

b) بروميد الأمونيوم.

$$NH_4Br_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HBr_{(aq)} + NH_{3(aq)}$$

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NH_{3(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

8) يستعمل هيدروكسيد الليثيوم لتنقية الهواء بإزالة ثاني أكسيد الكربون. فإذا تمت معايرة عينة من محلول هيدروكسيد الليثيوم حجمها 25mL بمحلول حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.334M فتطلب 15.22mL من الحمض. ما مولارية محلول LiOH.

$V_A=15.22\div1000=0.01522L$, $M_B=??$, $V_B=25\div1000=0.025L$, $M_A=0.334M$

معادلة تفاعل التعادل: $HCl_{(aq)} + LiOH_{(aq)} \rightarrow LiCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

عدد مولات $HCl = V_A \times M_A = 0.01522 \times 0.334 = 5\times10^{-3}mol$ & عدد مولات $LiOH$=عدد مولات $HCl = 5\times10^{-3}mol$

$$M_B = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{5\times10^{-3}}{0.025} = 0.2M$$

9) أضيف 74.3mL من محلول NaOH الذي تركيزه 0.43885M لمعايرة 45.78mL من حمض الكبريتيك حتى نقطة النهاية. ما مولارية محلول H_2SO_4.

$V_A=45.78\div1000=0.04578L$, $M_B=0.43885M$, $V_B=74.3\div1000=0.0742L$, $M_A=??$

معادلة تفاعل التعادل: $H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

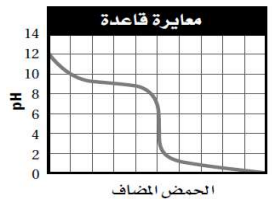
عدد مولات $NaOH = V_B \times M_B = 0.0742 \times 0.43885 = 3.26\times10^{-2}mol$

عدد مولات H_2SO_4=عدد مولات $NaOH \times \frac{1}{2} = 3.26\times10^{-2} \times \frac{1}{2} = 0.0163mol$

$$M_A = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{0.0163}{0.04578} = 0.356M$$

حل أسئلة الاختبار المقنن الأحماض والقواعد Acids and Bases

استعن بالرسم البياني المقابل للإجابة على السؤالين 1 و 2



1) ما قيمة pH عند نقطة التكافؤ لهذه المعايرة:

a) 10

b) 9

c) 5

d) 1

2) ما الكاشف الأكثر فاعلية لتحري نقطة النهاية لهذه المعايرة:

a) الميثيل البرتقالي الذي مداه 3.2–4.4

b) فينولفثالين الذي مداه 8.2–10

c) البروموكريسول الأخضر الذي مداه 3.8–5.4

d) الثايمول الأزرق الذي مداه 8–9.6

3) ينتج التنفس الخلوي 38mol تقريباً من ATP مقابل كل مول يستهلك من الجلوكوز:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$$

إذا كان كل 1mol من ATP ينتج 30.5kJ من الطاقة فما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من قطعة حلوى تحتوي على 130g من الجلوكوز:

a) 27.4kJ

b) 836kJ

c) 1159kJ

d) 3970kJ

almanahj.com/ae

الحل:

عدد مولات $C_6H_{12}O_6$ = $\frac{\text{كتلة المادة بالجرام}}{\text{الكتلة المولية}}$ = $\frac{130}{180}$ = 0.722mol

من المعادلة: $1mol\ C_6H_{12}O_6 \rightarrow 38mol\ ATP$

من الحسابات: $0.722mol\ C_6H_{12}O_6 \rightarrow Xmol\ ATP$

$X=27.44mol\ ATP$

كمية الطاقة=27.44×30.5=837 kJ

4) بروميد الهيدروجين HBr حمض قوي ومادة أكالة شديدة. ما pOH لمحلول HBr الذي تركيزه 0.0375M:

a) 12.574

b) 12.27

c) 1.733

d) 1.433

الحل:

$pH=-\log[H^+]=-\log(0.0375)=1.426$

$pOH=14-1.426=12.574$

استعن بالجدول أدناه للإجابة على الأسئلة من 5-7

ثوابت التأين وبيانات pH لبعض الأحماض العضوية الضعيفة		
الحمض	pH محلول تركيزه 1M	K_a
الفورميك	1.87	1.78×10^{-4}
السيانوإيثانويك	؟	3.55×10^{-3}
البروبانويك	2.43	؟
اللاتيدينيك	1.09	7.08×10^{-3}
الباربيتريك	2.01	9.77×10^{-5}

5) أي حمض أقوى:

a) حمض الفورميك

b) حمض السيانوإيثانويك

c) حمض اللاتيدينيك

d) حمض الباربيتريك

6) ما ثابت تأين حمض البروبانويك:

a) 1.4×10^{-5}

b) 2.43×10^{0}

c) 3.72×10^{-3}

d) 7.3×10^{4}

almanahj.com/ae

7) ما قيمة pH لمحلول حمض السيانوإيثانويك الذي تركيزه 0.4M:

a) 2.06

b) 1.22

c) 2.45

d) 1.42

الحل: $[H^+]=\sqrt{K_a\,C_a}=\sqrt{3.55\times10^{-3}\times0.4}=0.038M$

$pH=-\log[H^+]=-\log(0.038)=1.42$

8) ماذا نعني بقولنا إن قيمة K_{eq} أكثر من 1:

a) هناك مواد متفاعلة أكثر من النواتج عند الاتزان

b) هناك نواتج أكثر من المواد المتفاعلة عند الاتزان

c) سرعة التفاعل الأمامي عالية عند الاتزان

d) سرعة التفاعل العكسي عالية عند الاتزان

9) الأحماض والقواعد الشائعة استعمل البيانات الموجودة في الجدول التالي للإجابة عن الأسئلة التالية:

المادة	pH
الأمونيا المنزلية	11.3
عصير الليمون	2.3
مضاد الحموضة	9.4
الدم	7.4
المشروبات الغازية	3

a) أي مادة أكثر قاعدية.

الأمونيا المنزلية.

b) أي مادة أقرب إلى التعادل.

الدم.

c) أي مادة فيها تركيز $[H^+]=4\times10^{-10}M$

مضاد الحموضة.

d) كم مرة تزيد قاعدية مضاد الحموضة على قاعدية الدم.

100مرة.

10) أضيف 5mL من HCl تركيزه 6M إلى 95mL من الماء النقي وأصبح الحجم النهائي للمحلول 100mL ما قيمة pH للمحلول.

الحجم باللتر=100-95=5mL=0.005L

عدد مولات HCl=عدد مولات H^+= المولارية × الحجم باللتر=6×0.005=0.03mol

$$[H^+]=\frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم النهائي}}=\frac{0.03}{0.1}=0.3M$$

$pH=-\log[H^+]=-\log(0.3)=0.523$

11) محلول مائي منظم بحمض البنزويك C_6H_5COOH وبنزوات الصوديوم C_6H_5COONa تركيز كل منهما 0.05M فإذا كان K_a لحمض البنزويك يساوي 6.4×10^{-5} فما قيمة pH للمحلول.

$$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$K_a=\frac{[H^+][C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]}$$

$$6.4\times10^{-5}=\frac{[H^+][0.05]}{[0.05]}$$

$[H^+]=6.4\times10^{-5}M$

$pH=-\log[H^+]=-\log(6.4\times10^{-5})=4.194$

almanahj.com/ae