الوحدة 3 الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد

مقدّمة الوحدة

تقدّم هذه الوحدة مفهوم الحمض والقاعدة، وتشرح خصائصها الفيزيائيّة والكيميائيّة.

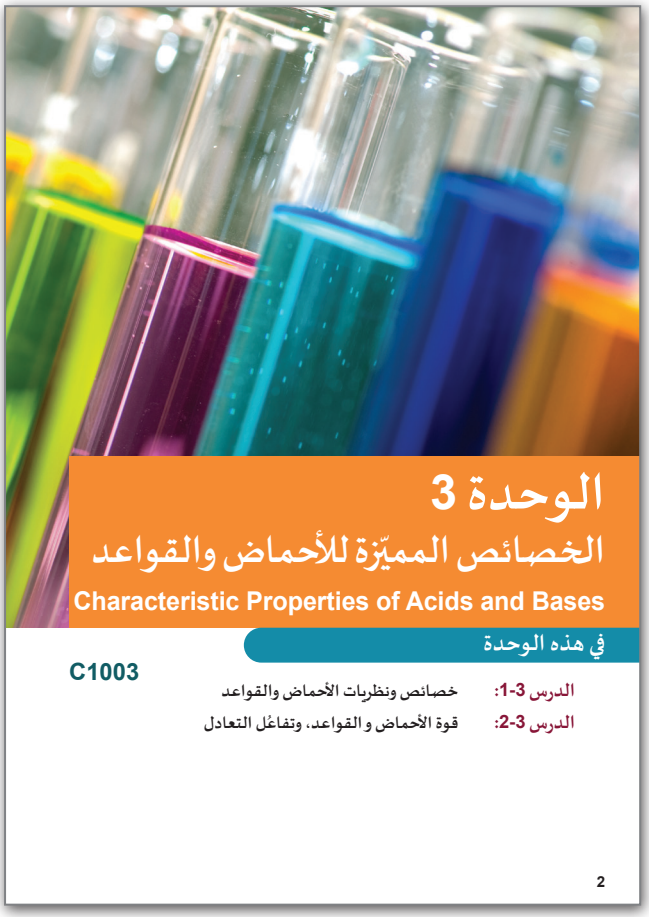
C1003 يستخلص تعميمًا من خصائص الأحماض والقواعد لإنتاج ملح وماء.

الدّرس 3-1 خصائص ونظريّات الأحماض والقواعد

- الدخان الكيميائي
- خصائص الأحماض والقواعد
- الخصائص الفيزيائيّة للأحماض والقواعد
- الخصائص الكيميائيّة للأحماض والقواعد
- نشاط: تفاعل الأحماض مع مُركّبات الكربونات ومُركّبات الكربونات الهيدروجينيّة
- نشاط: تفاعل الأحماض مع الفِلِزّات النشطة كيميائيًّا
- نظريّات الأحماض والقواعد: أوّلًا: نظريّة أرهينيوس للأحماض والقواعد
- تحديد أحماض وقواعد أرهينيوس
- ثانيًا: نظريّة برونستيد-لوري للأحماض والقواعد
- الأحماض والقواعد المرافقة

الدّرس 3-2 قوّة الأحماض والقواعد، وتفاعل التعادل

- عرض عملي: عودة "توهّج المصباح"
- الأحماض القويّة والضعيفة
- القواعد القويّة والضعيفة
- مفهوم الرقم الهيدروجيني pH
- نشاط: تحديد حمضيّة المحاليل عن طريق قياس الرقم الهيدروجيني pH
- تفاعل تعادُل الحمض والقاعدة
- الخطوات العمليّة لتفاعُلات تعادُل الحمض والقاعدة
- نشاط: تفاعل حمضٍ قويٍّ مع قاعدةٍ قويّةٍ



افتتاحيّة الدّرس

يدمج: تمّ تصميم هذا النشاط لتحفيز الطلّاب على التعرُّف إلى الأحماض والقواعد، وجعلهم يفكّرون في مفهوم (نظريّة برونستيد-لوري) الذي سيتمّ دراسته في هذه الوحدة.

ملاحظات للمعلّم:

1. يجب ارتداء النظّارات الواقية، والقفّازات عند استخدام هذه المحاليل.
2. قم بتنفيذ هذا العرض العملي داخل خزانة الأبخرة، أو تخفيف تراكيز المحلولَين.

الأسئلة

1. أين تكوّن الدخان الأبيض بالنسبة إلى كلا العودَين القطنيَّين؟

تكوّن الدخان ذو اللون الأبيض بين العودَين القطنيَّين، ولكن لجهة العود الذي يحتوي على كلوريد الهيدروجين.

2. لماذا لم يشاهد الدخان الأبيض إلّا بعد أن تمّ تقريب أحد العودَيْن القطنيَّين من الآخر؟

لا يمكن أن يتكوّن الدخان ذو اللون الأبيض حتّى تتصادم جُزَيْئات $HC\ell$ وجُزَيْئات NH_3 وتتفاعل مع بعضها بعضًا.

الدرس 3-1
خصائص ونظريات الأحماض والقواعد
Properties and Theories of Acids and Bases

تُعدُّ الأحماض والقواعد من أهمّ المركّبات الكيميائية في حياتنا اليومية بسبب استخداماتها الكثيرة والمتنوّعة. لذلك، يصعب كثيرًا العثور على مُنتجات لا تحتوي على حمض أو قاعدة، أو لا تتضمّن أحماضًا أو قواعد مُستخدَمة في عملية تصنيعها.

في منزلك توجد الأحماض في كثير من الأطعمة، مثل الحمضيّات (حمض الستريك)، والخلّ (حمض الأسيتيك)، والحليب ومُنتجات الألبان (حمض اللاكتيك)، والمشروبات الغازية (حمض الكربونيك، وحمض الفوسفوريك). وبوجد عندك الكثير من المُنتجات التي تحتوي على القواعد، مثل منظّفات الصرف الصحّي، ومساحيق غسل الملابس، وأنواع الصابون، والبطاريّات القلوية، وسوائل تنظيف الزجاج (**الشكل 3-1**).

في الصناعة تُستخدَم القواعد لإنتاج الأسمدة والورق والألياف الصناعية مثل النايلون، ولمُعالجة مياه البلدية ومياه الصرف الصحّي. تُستخدَم الأحماض في استخلاص الذهب، وتنظيف الفلزّات وتنقيتها، وفي تصنيع الأدوية المختلفة. وتُستخدَم كمّيات كبيرة من حمض الكبريتيك، H_2SO_4، في الخطوات المختلفة لعملية تكرير البترول (النفط) (**الشكل 3-2**).

الشكل 3-1 يذوب غاز الأمونيا في الماء، ويكوّن محلولًا قاعديًا يُستخدَم في تنظيف الزجاج.

الشكل 2-3 خزّانات حمض الكبريتيك في مصفاة تكرير النفط.

المفردات

Electrolytes	المواد الإلكتروليتية
Alkali	القلوي
Caustic	كاوية
Salt	الملح
Arrhenius acid	حمض أرهينيوس
Arrhenius base	قاعدة أرهينيوس
BrØnsted-Lowry acid	حمض برونستيد- لوري
BrØnsted-Lowry base	قاعدة برونستيد- لوري
Amphoteric substance	مادة مترددة(أمفوتيرية)
Conjugate Acid	حمض مرافق
Conjugate Base	قاعدة مرافقة
Indicator	دليل (كاشف)

مخرجات التّعلُّم

C1003.1 يتعرف إلى الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد في المحلول المائي، ويُعرّف الحمض والقاعدة باستخدام نظرية أرهينيوس، ونظرية برونستيد- لوري.

4

الدخان الكيميائي

يتكوّن حمض الهيدروكلوريك من غاز كلوريد الهيدروجين، $HC\ell_{(g)}$، المُذاب في الماء. ويكون هذا المحلول عديم اللون، إلا أن له رائحة قوية جدًا، تصبح سامّةً جدًّا عندما يكون تركيز المحلول مرتفعًا. وعندما يذوب غاز الأمونيا، $NH_{3(g)}$، في الماء، يكوّن محلولًا قاعديًا يُسمّى هيدروكسيد الأمونيوم، $NH_4OH_{(aq)}$، أو محلول الأمونيا، $NH_{3(aq)}$، حيث تنبعث رائحة غاز الأمونيا القوية جدًا من محلول الأمونيا المركّز. وعندما يتفاعل غاز كلوريد الهيدروجين مع غاز الأمونيا تفاعلًا كيميائيًا ينتج عن ذلك دخان يحتوي على مادة صلبة بيضاء اللون تُسمّى كلوريد الأمونيوم. تصف المعادلة الآتية هذا التفاعل:

$$HC\ell_{(g)} + NH_{3(g)} \rightarrow NH_4C\ell_{(s)}$$

عرض عملي:

إجراءات الأمن والسلامة: ارتدِ النظّارات الواقية والقُفّازات. اجرِ هذا العرض في خزانة الغازات.

يُحضر المعلّم كأسَين زجاجيّتين سعة كل منهما 50 mL، ويضع في إحداهما 5 mL تقريبًا من حمض الهيدروكلوريك المركّز، ويضع في الأخرى 5 mL تقريبًا من محلول الأمونيا المركّز. بعد ذلك يغمس المعلّم في كلٍّ من الكأسين عودًا يكون طرفاه مغلّفين بالقطن. وعندما يتمّ تقريب عودَي القطن هذَين أحدهما من الآخر، فسوف ينبعث منهما غازان غير مرئيَّين، هما غاز كلوريد الهيدروجين وغاز الأمونيا، اللذَين يتفاعلان بدورهما في الهواء مكوّنَيْن دخانًا أبيض من كلوريد الأمونيوم الصلب الأبيض (**الشكل 3-3**).

الشكل 3-3 يتفاعل $HC\ell_{(g)}$ مع $NH_{3(g)}$ لإنتاج دخان مكوّن من ملح $NH_4C\ell$ أبيض اللون.

الأسئلة:

1. أين تكوّن الدخان الأبيض بالنسبة إلى كلا العودَيْن القطنيين؟
2. لماذا لم يُشاهَد الدخان الأبيض إلّا بعد أن تمّ تقريب أحد العودَيْن القطنيَّين من الآخر؟
3. افترض أن كأسَي المحلولين الزجاجيتين قد تُركتا من غير غطاء، ولم يتمّ غمس العودين فيهما، فما الذي يجب أن يحدث لكي يتكوّن الدخان الأبيض؟

يعدّ كلوريد الأمونيوم، $NH_4C\ell$، الذي نتج عن هذا التفاعل مركّبا أيونيًا مكوّنًا من أيونات الأمونيوم، (NH_4^+)، وأيونات الكلوريد ($C\ell^-$). وضّح كيف تكوّنت هذه الأيونات من جُزيئات كلٍّ من $HC\ell$، و NH_3 باستخدام معادلة هذا التفاعُل المعطاة أعلاه.

5

افتتاحيّة الدّرس - تابع

3. افترِضْ أنّ كأسَي المحلولَيْن الزجاجيَّتَيْن قد تُرِكَتا من غير غطاء، ولم يتمّ غمس العودَيْن فيهما. ما الذي يجب أن يحدث لكي يتكوّن الدخان الأبيض؟

يجب أن تنتقل جُزَيْئات $HC\ell$ وجُزَيْئات NH_3 عبر الهواء حتّى تتصادم، وتتفاعل مع بعضها بعضًا.

يشرح:

تمّ تصميم هذا النشاط لتوضيح كيفيّة تقديم العرض التوضيحي بشكل عملي، ولتطوير تفسير مناسب يستند إلى ملاحظاتهم، وكتابة المعادلة الكيميائيّة التي تصف التفاعل الذي تمّت ملاحظته.

يعدّ كلوريد الأمونيوم، $NH_4C\ell$، الذي نتج عن هذا التفاعل مُركّبًا أيونيًّا مكوّنًا من أيونات الأمونيوم، (NH_4^+)، وأيونات الكلوريد ($C\ell^-$). وضِّحْ كيف تكوّنت هذه الأيونات من جُزَيْئات كلّ من $HC\ell$، وNH_3 باستخدام معادلة هذا التفاعل المُعطاة أعلاه.

لقد تكوّنت الأيونات بسبب وجود أيونات H^+ التي فُقدت مِنْ جُزَيْئات $HC\ell$، وتمّ اكتسابها بواسطة جُزَيْئات NH_3، لتكوين أيونات الأمونيوم NH_4^+ التي تتّحد مع أيونات الكلوريد فيتكوّن المُركّب الأيوني كلوريد الأمونيوم. يعدّ جُزَيْء $HC\ell$ مانحًا للبروتون، في حين يُعَدّ جُزَيْء NH_3 مستقبلًا للبروتون.

خصائص الأحماض والقواعد

1. يمكن أن يبدأ المعلّم الدّرس بسؤال الطلّاب أين سمعوا عن الأحماض والقواعد بشكل شائع؟ وهل يمكنهم ذكر اسم حمض أو قاعدة؟
2. قد يكون لدى الطلّاب فكرة مفادها أنّ عصير الليمون عبارة عن حمض، وأنّ مبيّض الغسيل (الكلوروكس) عبارة عن قاعدة، لكنّهم سيجدون صعوبة في الإجابة عن سبب كون أحدهما حمضًا والآخر قاعدة.
3. يُنتج الحمض أيونات H^+ في المحلول، وتُنتج القاعدة أيونات OH^- في المحلول.
4. ذكِّر الطلّاب بأنّ الأحماض والقواعد موصلة جيّدة للتيّار الكهربائي؛ لأنّها موادّ إلكتروليتيّة.

يستكشف: تمّ تصميم هذا النشاط للطلّاب لتوضيح فكرتهم عن الموادّ الإلكتروليتيّة واختبارها باستخدام عرض توضيحي سريع. ويمكن للمعلّم تحضير هذه المحاليل في مجموعة من الكؤوس المُعنوَنة حيث سيتمّ غمس طرف جهاز اختبار التوصيل الكهربائي. اطلب إلى الطلّاب العمل في مجموعات صغيرة بالقدر الذي يسمح به توافُر الأدوات.

النتائج: سوف يجد الطلّاب أنّ محلول HCℓ الذي تركيزه 0.01 M، ومحلول NaOH الذي تركيزه 0.01 M، وماء الصنبور موصِلَة جيّدة للتيّار الكهربائي، وبالتالي فإنّها تحتوي على موادّ إلكتروليتيّة. أمّا محلول السكّروز والماء المُقطّر فهما مادّتان غير إلكتروليتَيْن وبالتالي غير موصلتَيْن للتيّار الكهربائي لأنّها خالية من الأيونات.

الوحدة 3: الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد

خصائص الأحماض والقواعد

يتمّ تحديد الأحماض والقواعد باختبار خصائص مميّزة محدّدة لها. ويُطلق على تعريف مادة ما من خلال قائمة خصائص نموذجية اسم "التعريف الإجرائي". قبل اكتشاف الجدول الدوري، كانت معظم العناصر تُعرَّف بهذه الطريقة. وعلى سبيل المثال، فإن الفلزّات القلوية كانت معروفة بالفلزات اللينة وذات الملمس الناعم، وهي تتفاعل مع الأكسجين بنسبة 2:1 لتكوّن مركّبات تُعرَف بأكاسيد الفلزّات القلوية، مثل أكسيد الليثيوم Li_2O وأكسيد الصوديوم Na_2O وأكسيد البوتاسيوم K_2O. وبذلك فإن أي فلزّ X ليّن وناعم الملمس ويكوّن مركب X_2O، كان يُعدّ من الفلزّات القلوية.

وبطريقة مماثلة، فإن تصنيف المادة الكيميائية بأنها حمض أو قاعدة لا يحتاج إلى أن تمتلك هذه المادة الكيميائية جميع الخصائص المُرتبطة بمادة من هاتين المادتين (**الشكل 4-3**). يحتوي **الجدول 1-3** على قائمة بالخصائص الشائعة لكلّ من الأحماض والقواعد، وقد ذرست بعض هذه الخصائص سابقًا، وسيتمّ شرح هذه الخصائص بالتفصيل في الصفحات التالية.

الشكل 4-3 الطعم أحد الخصائص للتمييز بين الأحماض والقواعد.

الجدول 1-3 خصائص الأحماض والقواعد.

	الأحماض	القواعد
1	مواد إلكتروليتية	مواد إلكتروليتية
2	مذاق محاليلها المخفّفة حمضيّ لاذع	مذاق محاليلها المخفّفة مرّ
3	لمحاليلها قيَم رقم هيدروجيني pH أقل من 7	لمحاليلها قيَم رقم هيدروجيني pH أكبر من 7
4	محاليلها المُركّزة كاوية	محاليلها المُركّزة كاوية وملمسها زلق
5	تتفاعل مع القواعد (هيدروكسيدات الفلزّات) لإنتاج ملح وماء	تتفاعل مع الأحماض لإنتاج ملح وماء
6	تُحدث تغيّرًا في اللون مع أدلة الأحماض والقواعد	تُحدث تغيّرًا في اللون مع أدلة الأحماض والقواعد
7	تتفاعل مع مركّبات الكربونات (CO_3^{2-})، ومركّبات الكربونات الهيدروجينية (HCO_3^-) لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وملح وماء.	لا تتفاعل مع مركبات الكربونات أو مركبات الكربونات الهيدروجينية.
8	تتفاعل مع الفلزّات النشطة كيميائيًا لإنتاج غاز الهيدروجين (H_2) وملح الفلزّ.	غالباً لا تتفاعل مع الفلزات النشطة.

الخصائص الفيزيائية للأحماض والقواعد

1. الأحماض والقواعد تتفكّك إلى أيونات

a. تُنتج الأحماض أيونات الهيدروجين (H^+) في المحلول المائي

تتكوّن معظم الأحماض من جُزيئات تحتوي على ذرّات هيدروجين. عندما تذوب في الماء، تتأيّن جُزيئات الحمض لتكوين أيونات الهيدروجين. وعلى سبيل المثال، فإن غاز كلوريد الهيدروجين، HCℓ، يذوب في الماء، فتتأيّن جُزيئات HCℓ إلى أيونات هيدروجين، (H^+) التي تتحد مع جزيئات الماء لتكوّن أيونات الهيدرونيوم (H_3O^+)، وأيونات كلوريد، ($Cℓ^-$) (**الشكل 5-3**) تبين المعادلة الآتية عملية التأين:

$$HCℓ_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cℓ^-_{(aq)}$$

الشكل 5-3 يُنتج تأين جزيئات HCℓ في الماء أيونات H_3O^+ و $Cℓ^-$.

b. تُنتج القواعد أيونات الهيدروكسيد (OH^-) في المحلول المائي

تتكوّن معظم القواعد من هيدروكسيدات فلزّات تُسمّى **القلويّات Alkalis**، ويؤدّي ذوبانها في الماء إلى انفصال أيون الهيدروكسيد عن أيون الفلزّ. عندما تذوب بلّورات هيدروكسيد الصوديوم، NaOH، في الماء، تُنتج أيونات الصوديوم، (Na^+)، وأيونات الهيدروكسيد، (OH^-) ليتكوّن محلول قاعدي (**الشكل 6-3**)، كما هو موضح في المعادلة الآتية:

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

الشكل 6-3 يُنتج ذوبان NaOH في الماء أيونات OH^- و Na^+.

2. الأحماض والقواعد مواد إلكتروليتية

المواد الإلكتروليتية Electrolytes هي مركبات أيونيّة تتفكّك إلى أيونات عندما تذوب في الماء، حيث تسمح حركة الجُسيمات المشحونة (الأيونات) في الماء، بسريان تيّار كهربائي في محلول تلك المادة.

المواد الإلكتروليتية مواد توصّل محاليلها المائية التيار الكهربائي، لأنها تكوّن أيونات حرة الحركة.

تُنتج الأحماض والقواعد أيونات عندما تذوب في الماء. لذلك فهي تُعدّ مواد إلكتروليتية؛ ويمكن اختبار هذه الخاصّية باستخدام مقياس التوصيل الكهربائي (**الشكل 7-3**).

الشكل 7-3 مقياس التوصيل الكهربائي.

اختبر التوصيل الكهربائي لكلّ من المحاليل الآتية: HCℓ تركيزه 0.01 M، و NaOH تركيزه 0.01 M، والسكّروز، $C_{12}H_{22}O_{11}$، تركيزه 0.01 M، وماء الصنبور، والماء المُقطّر (الماء الخالي من الأيونات). أيٌّ من تلك المحاليل يُعدّ مادة إلكتروليتية؟

الخصائص الفيزيائيّة للأحماض والقواعد

1. يوجد الكثير من الأطعمة ذات الطعم اللاذع، والتي نصنّفها على أنّها أحماض مثل الليمون والجريب فروت.
2. بشكل مماثل، تُعدّ صودا الخبيز ذات طعم مرّ، ويُصنّف محلولها بأنّه قاعدة، وتُنتج الكثير من المُركّبات، مثل صودا الخبيز، محاليل قاعديّة عندما تذوب في الماء.
3. مع ذلك، لا يمكننا أن نعتمد على حاسّة التذوُّق لتحديد المحاليل وتصنيفها سواء إلى حمض أو إلى قاعدة بسبب خطورة بعض المحاليل. وعوضًا من ذلك، توجد أدلّة (كواشف) تعطينا نتائج أكثر تحديدًا.
4. يمكن عرض جهاز قياس الرقم الهيدروجيني وورقة الدليل العامّ مع توضيح لكيفيّة استخدامهما في التمييز بين الأحماض والقواعد.
5. يتمّ توفير مقياس الرقم الهيدروجيني pH، بحيث يمكن أن نحسب قيمة الرقم الهيدروجيني من خلال تركيز الحمض أو القاعدة. استعن **بالشكل 3-10** لتربط بين تركيز المحلول ورقمه الهيدروجيني (يمكن أن يتمّ تنفيذ ذلك بشكل عملي من قِبَل المعلّم).
6. ذكّر الطلّاب بأنّ الأحماض والقواعد القويّة موادّ كاوية وتسبّب تلفًا للأنسجة الحيّة وبخاصّة ذات التركيز العالي.
7. ذكر الطلاب بأنّ القواعد لديها ملمس زلق وهذا نلحظه في الصابون حيث تدخل القواعد في صناعته.

الوحدة 3: الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد

تابع- الخصائص الفيزيائية للأحماض والقواعد

3. مذاق الأحماض والقواعد

a. مذاق محاليل الأحماض المُخفّفة حمضيّ

مذاق الكثير من الأطعمة حمضيّ لاذع بسبب الأحماض التي تحتوي عليها: الخلّ يتكوّن من تراكيز مختلفة من حمض الأسيتيك، CH_3COOH، وتحتوي الحمضيات، كالليمون والليمون الأخضر والجريب فروت، على حمض الستريك، $H_3C_6H_5O_7$ (**الشكل 3-8**). ملاحظة: يوجد في مختبر الكيمياء الكثير من الأحماض ولكن يجب ألّا تتذوّق أيًّا من المواد الكيميائية.

الشكل 3-8 الحمضيات مذاقها حمضيّ لاذع.

b. مذاق محاليل القواعد المُخفّفة مرّ

تُعرف صودا الخبيز، $NaHCO_3$، بمذاقها المرّ. فعندما تذوب في الماء يحدث تفاعل كيميائي ينتج عنه محلول قاعدي يحتوي على أيونات الهيدروكسيد (OH^-). ويحتوي مسحوق الكاكاو المُستخدَم لصنع الشوكولاتة، على مواد كيميائية قاعدية تجعل مذاقها مرًّا (**الشكل 3-9**)؛ ما يعني أنّ أنواع الشوكولاتة التي تحتوي على نسبة مرتفعة من الكاكاو يكون مذاقها مرًّا.

الشكل 3-9 الشوكولاتة التي تحتوي على نسبة عالية من الكاكاو مذاقها مرٌّ.

4. قيَم الرقم الهيدروجيني pH للأحماض والقواعد

تُقاس الخاصّية الحمضية أو القاعدية للمحلول من خلال قيمة الرقم الهيدروجيني pH. يُعدّ pH لأيّ محلول هو مقدار تركيز أيونات (H^+) في ذلك المحلول (**الشكل 3-10**). مع الإشارة إلى أن التغيير في وحدة واحدة في قيمة pH يقابله تغيّر بمعدل عشر مرات في تركيز أيونات (H^+)، مثلًا عند تغيّر قيمة pH من 4 إلى 5 يتغيّر تركيز أيونات (H^+) من 10^{-4} M إلى 10^{-5} M.

الشكل 3-10 يقيس مقياس الرقم الهيدروجيني pH مدى حمضية المحاليل وقاعديتها.

5. الأحماض والقواعد المُركّزة مواد كاوية

المواد الكاوية Caustic Substances مواد تسبّب حروقًا كيميائية للأنسجة الحيّة. لذلك، يجب التعامُل مع الأحماض والقواعد المُركّزة بحذر شديد، لأنها مواد كاوية. تَوَخَّ الحيطة والحذر عند استخدام الأحماض والقواعد المركّزة، وارتدِ القُفّازين وضع النظّارة الواقية، وغطِّ ذراعيك، وارتدِ معطف المختبر، واعمل في منطقة جيّدة التهوية. نفضّل في أكثر الأحيان استخدام محاليل مخفّفة للأحماض والقواعد في المختبر المدرسي. تتميّز القواعد المركّزة أيضًا بملمسها الزلق، وهي تدخل في صناعة الصابون.

8

الخصائص الكيميائية للأحماض والقواعد

1. تحدّد بعض الأدلّة ما إذا كان المحلول حمضًا أو قاعدةً فقط. وأحد الأمثلة على هذه الأدلّة ورقة تبّاع الشمس، ومحلول الفينولفثالين.
2. اطلُبْ إلى الطلّاب الاطّلاع على **الجدول 3-2** الموجود في كتبهم. وتذكر ألوان الأدلّة مع الأحماض والقواعد. اذكُرْ لهم أنّه يوجد العديد من الموادّ التي تُستخدَم كأدلّة غير تبّاع الشمس والفينولفثالين اللذَيْن يُعَدّان الأكثر شيوعًا ويمكنك الاستعانة **بالشكل 3-11** للتوضيح.
3. ذكر الطلاب أن أهمّ تفاعلات الأحماض هي التي تحدث بين الأحماض والقواعد لإنتاج الأملاح والماء. يسمى هذا التفاعل بتفاعل التعادل وسوف يتم مناقشة هذا التفاعل في الدرس القادم.
استخدم **الشكل 3-12** لتشرح أحد هذه التفاعلات التي تحدث بين حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم.
4. اطلب من الطلاب كتابة المعادلة الكيميائية بين حمض الكبريتيك وهيدروكسيد الكالسيوم.
$H_2SO_{4(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow CaSO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$.
5. وضح إلى الطلاب أن المعادلة الكيميائية النهائية لتفاعل حمض قوي مع قاعدة قوية هي:
$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$.
6. من الممكن الطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة الأيونية والمعادلة الأيونية النهائية للتفاعل الوارد في **الشكل 3-12**.

الدرس 3-1: خصائص ونظريات الأحماض والقواعد

الخصائص الكيميائية للأحماض والقواعد

1. تُحدِث الأحماض والقواعد تغيُّرات في لون أدلة (كواشف) الأحماض والقواعد

تُعدّ أدلة (كواشف) الأحماض والقواعد مواد كيميائية تتغيّر ألوانها عند إضافة كميّات محدّدة من الحمض أو القاعدة. يتوافر الكثير من الأدلة، وكلّ منها يتغيّر لونه عند قيمة رقم هيدروجيني pH مختلفة.

(a) يتغيّر لون دليل الفينولفثالين إلى اللون الوردي في المحاليل القاعدية.

(b) يتغيّر لون ورقة تبّاع الشمس الحمراء إلى اللون الأزرق عند غمسها في محلول قاعدي.

يتغيّر لون ورقة تبّاع الشمس الزرقاء إلى اللون الأحمر عند غمسها في محلول حمضي.

الشكل 3-11 (a) دليل الفينولفثالين، و (b) ورقتا تبّاع الشمس الزرقاء والحمراء

من الأدلة الشائعة، ورقة تبّاع الشمس والفينولفثالين. يتغيّر لون محلول الفينولفثالين من عديم اللون إلى اللون الوردي عند إضافته إلى محلول قاعدي (**الشكل 3-11a**). أما دليل تبّاع الشمس فيوجد على شكل أوراق اختبار ذات لونين: الأوراق الحمراء يتغيّر لونها الى الأزرق في المحلول القاعدي، والأوراق الزرقاء يتغيّر لونها إلى الأحمر في المحلول الحمضي (**الشكل 3-11b**) يلخص **الجدول 3-2** تغيُّر ألوان بعض الأدلة مع الأحماض والقواعد.

الجدول 3-2 ألوان دليل صبغة تبّاع الشمس، ودليل الفينولفثالين في المحاليل الحمضية والقاعدية.

الدليل	اللون في المحلول الحمضي	اللون في المحلول القاعدي
ورقة تبّاع الشمس	حمراء	زرقاء
الفينولفثالين	شفاف - عديم اللون	وردي

2. تفاعل الأحماض مع القواعد (هيدروكسيدات الفلزّات) لإنتاج ملح وماء

عندما تتفاعل الأحماض مع القواعد، تتّحد أيونات الهيدروجين من الحمض مع أيونات الهيدروكسيد من القاعدة لإنتاج الماء، كما هو مبيّن في المعادلة الأيونية النهائية الآتية:

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

أمّا الأيونات الأخرى المتبقّية من الحمض والقاعدة فتتفاعل لإنتاج **الملح Salt**. تُعدّ الأملاح مركّبات أيونية لا تُصنَّف كأحماض أو قواعد. قد يكون الملح قابلًا للذوبان في الماء وقد يكون غير قابل للذوبان.

$HC\ell_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaC\ell_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

حمض + قاعدة → ملح + ماء

الشكل 3-12 تفاعل الأحماض مع القواعد لإنتاج ملح وماء.

تُعدّ هذه الأنواع من التفاعُلات مهمّة للغاية في الكيمياء، ستتمّ مناقشة هذا الموضوع بمزيد من التفاصيل في الدرس 3-2. ويبيّن **الشكل 3-12** مثالًا على معادلة تفاعل حمض مع قاعدة.

9

الخصائص الكيميائيّة للأحماض والقواعد - تابع

1. توجد المزيد من خصائص الأحماض والقواعد التي تساعدنا على التمييز بينها، وتُعدّ هذه الخصائص مفيدة للغاية أيضًا.

2. يتفاعل الحمض مع مُركّبات الكربونات لإنتاج ملح، وغاز ثاني أكسيد الكربون، وماء، ومثال على ذلك التفاعل الممثّل في المُعادلة الآتية:

$$2HC\ell_{(aq)} + K_2CO_{3(s)} \rightarrow 2KC\ell_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

3. اطلُبْ إلى الطلّاب كتابة معادلة لتفاعل حمض الكبريتيك مع كربونات الصوديوم.

4. يتفاعل الحمض مع مُركّبات الكربونات الهيدروجينيّة لإنتاج ملح، وغاز ثاني أكسيد الكربون وماء، ومثال على ذلك التفاعل الممثّل في المعادلة الآتية:

$$HC\ell_{(aq)} + KHCO_{3(s)} \rightarrow KC\ell_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

5. يمكن أن يتدرّب الطلّاب مرّة أخرى على ذلك عن طريق كتابة معادلة لتفاعل يحدث بين حمض الكبريتيك وكربونات الصوديوم الهيدروجينيّة.

6. يتفاعل الحمض مع الفِلِزّات النشطة كيميائيًّا لإنتاج ملح، وغاز الهيدروجين، ومثال على ذلك التفاعل المُمثّل في المعادلة الآتية:

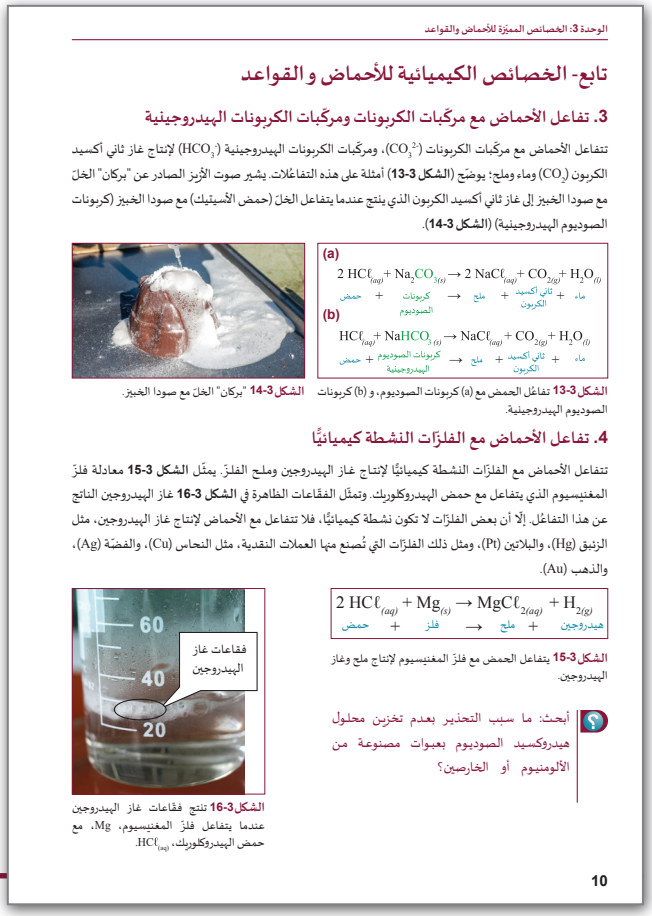
$$2HC\ell_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow ZnC\ell_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

7. يمكن أن يتدرّب الطلّاب على كتابة هذه المُعادلات وذلك باستخدام فِلِزّات مختلفة أخرى.

8. كيف يمكن أن يتغيّر التفاعل إذا استخدمنا فِلِزًّا قلويًّا (فِلِزّات المجموعة الأولى)؟
ينتج غاز الهيدروجين بقوّة لأنّ الفِلِزّات القلويّة نَشِطة كيميائيًّا.

9. ملاحظة: تتفاعل الأحماض مع الفِلِزّات النشطة فقط، أمّا الفِلِزّات غير النشطة كيميائيًّا مثال النحاس والفضّة والذهب فلا تتفاعل مع الأحماض.

يشرح: ابحث عن سبب التحذير بعدم تخزين محلول هيدروكسيد الصوديوم في عبوات مصنوعة من الألومنيوم أو الخارصين.
يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع فِلِزّ الألومنيوم لينتج ألومينات الصوديوم ($NaA\ell O_2$) وغاز الهيدروجين كما يتفاعل مع فِلِزّ الخارصين لتكوين خارصينات الصوديوم (Na_2ZnO_2) وغاز الهيدروجين.



الوحدة 3: الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد

تابع- الخصائص الكيميائية للأحماض و القواعد

3. تفاعل الأحماض مع مركّبات الكربونات ومركّبات الكربونات الهيدروجينية

تتفاعل الأحماض مع مركّبات الكربونات (CO_3^{2-})، ومركّبات الكربونات الهيدروجينية (HCO_3^-) لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وماء وملح؛ يوضّح (**الشكل 13-3**) أمثلة على هذه التفاعلات. يشير صوت الأزيز الصادر عن "بركان" الخلّ مع صودا الخبيز إلى غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج عندما يتفاعل الخلّ (حمض الأسيتيك) مع صودا الخبيز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية) (**الشكل 14-3**).

(a) $2\,HC\ell_{(aq)} + Na_2CO_{3(s)} \rightarrow 2\,NaC\ell_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$
ماء + ثاني أكسيد الكربون + ملح ← كربونات الصوديوم + حمض

(b) $HC\ell_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \rightarrow NaC\ell_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$
ماء + ثاني أكسيد الكربون + ملح ← كربونات الصوديوم الهيدروجينية + حمض

الشكل 13-3 تفاعُل الحمض مع (a) كربونات الصوديوم، و (b) كربونات الصوديوم الهيدروجينية.

الشكل 14-3 "بركان" الخلّ مع صودا الخبيز.

4. تفاعل الأحماض مع الفلزّات النشطة كيميائيًّا

تتفاعل الأحماض مع الفلزّات النشطة كيميائيًّا لإنتاج غاز الهيدروجين وملح الفلزّ. يمثّل **الشكل 15-3** معادلة فلزّ المغنيسيوم الذي يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك. وتمثّل الفقّاعات الظاهرة في **الشكل 16-3** غاز الهيدروجين الناتج عن هذا التفاعُل. إلّا أن بعض الفلزّات لا تكون نشطة كيميائيًّا، فلا تتفاعل مع الأحماض لإنتاج غاز الهيدروجين، مثل الزئبق (Hg)، والبلاتين (Pt)، ومثل ذلك الفلزّات التي تُصنع منها العملات النقدية، مثل النحاس (Cu)، والفضّة (Ag)، والذهب (Au).

$2\,HC\ell_{(aq)} + Mg_{(s)} \rightarrow MgC\ell_{2(aq)} + H_{2(g)}$
هيدروجين + ملح ← فلز + حمض

الشكل 15-3 يتفاعل الحمض مع فلزّ المغنيسيوم لإنتاج ملح وغاز الهيدروجين.

أبحث: ما سبب التحذير بعدم تخزين محلول هيدروكسيد الصوديوم بعبوات مصنوعة من الألومنيوم أو الخارصين؟

الشكل 16-3 تنتج فقّاعات غاز الهيدروجين عندما يتفاعل فلزّ المغنيسيوم، Mg، مع حمض الهيدروكلوريك، $HC\ell_{(aq)}$.

10

نشاط 3-1 a تفاعل الأحماض مع مُركّبات الكربونات ومُركّبات الكربونات الهيدروجينيّة

الإجابات/ عيّنة بيانات

سؤال الاستقصاء:	هل يمكن استخدام الأحماض للكشف عن وجود مُركّبات الكربونات ومُركّبات الكربونات الهيدروجينيّة؟ وكيف يمكن الكشف عن الغاز الناتج؟
المواد المطلوبة:	محلول HCℓ تركيزه 1 M، مسحوق صودا الخبيز ($NaHCO_3$)، قطع من الرخام ($CaCO_3$)، ماء جير مشبع ($Ca(OH)_2$)، جليسرين، أنابيب اختبار عدد 3، أنبوب زجاجي مُنحنٍ، سدادة مطّاطيّة ذات ثقب واحد عدد 2، حامل حديدي حلقي، ملقط، ملعقة معدنيّة، نظّارات واقية.
إجراءات الأمن والسلامة:	ارتَدِ القفّازات والنظّارات الواقية. تعامَل بحذر مع الأحماض والقواعد لأنّها موادّ كاوية، واتّبِع التعليمات.

تمّ تصميم نشاط "يتوسّع" هذا ليتوسّع الطلّاب في أفكارهم حول الكيفيّة التي تتفاعل بها الأحماض مع مُركّبات الكربونات، والكربونات الهيدروجينيّة عن طريق نشاط مخبري عملي.
ملاحظة: يحتاج المعلّم إلى التّأكيد للطلّاب ضرورة اتّباع إجراءات الأمن والسلامة عند التعامل مع الأحماض لأنّها مواد كاوية.

الجزء I: تفاعل الحمض مع مُركّبات الكربونات الهيدروجينيّة.

الملاحظة: تُنتج صودا الخبيز فقّاعات، وتكوّن رغوة عند تفاعلها مع الأحماض.

الجزء II: تفاعل الحمض مع مُركبات الكربونات.

الملاحظة: يتحوّل ماء الجير إلى محلول أبيض حليبي اللون بعد مضيّ دقيقة واحدة، وهذا يؤكّد أنّ الغاز الناتج من تفاعل كربونات الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك هو غاز ثاني أكسيد الكربون.

الدرس 3-1: خصائص ونظريات الأحماض والقواعد

نشاط a1-3 تفاعل الأحماض مع مركّبات الكربونات ومركّبات الكربونات الهيدروجينية

سؤال الاستقصاء	هل يمكن استخدام الأحماض للكشف عن وجود مركّبات الكربونات ومركّبات الكربونات الهيدروجينية؟ وكيف يمكن الكشف عن الغاز الناتج؟
المواد المطلوبة	محلول HCℓ تركيزه 1 M، مسحوق صودا الخبيز ($NaHCO_3$)، قطع من الرخام ($CaCO_3$)، ماء جير مشبع ($Ca(OH)_2$)، جليسرين، أنابيب اختبار عدد 3، أنبوب زجاجي منحنٍ، سدادة مطّاطية ذات ثقب واحد عدد 2، حامل حديدي حلقي، ملقط، ملعقة معدنية، نظّارات واقية.
إجراءات الأمن والسلامة	ارتدِ القفّازات والنظّارات الواقية. تعامل بحذر مع الأحماض والقواعد لأنها مواد كاوية.

مقدّمة (اعمل ضمن مجموعة ثنائية):

تتفاعل الأحماض مع كربونات الفلزّات (CO_3^{2-})، وكربونات الفلزّات الهيدروجينية (HCO_3^-) لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وماء وملح. في الجزء I، تتفاعل صودا الخبيز لإنتاج غاز عديم اللون لا رائحة له. أما في الجزء II، فيتمّ اختبار هذا الغاز على أنه ثاني أكسيد الكربون باستخدام اختبار ماء الجير، كَوْن ماء الجير هو محلول هيدروكسيد الكالسيوم المشبّع الرائق والذي لا لون له. يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون مع محلول ماء الجير لإنتاج كربونات الكالسيوم الصلبة ($CaCO_3$) بيضاء اللون.

الجزء I: تفاعُل الحمض مع مركبات الكربونات الهيدروجينية

1. ضع ملعقة ممتلئة بصودا الخبيز ($NaHCO_3$) في أنبوب اختبار.
2. أضف إليها 10 نقاط من حمض HCℓ تركيزه 1 M. وسجّل ملاحظاتك.

الجزء II: تفاعُل الحمض مع مركبات الكربونات.

بالاستعانة بالشكل 3-17.

1. ضع 5 قطع من الرخام ($CaCO_3$) في أنبوب اختبار مثبّت بملقط على حامل حديدي حلقي.
2. باستخدام نقطة واحدة من الجليسرين، أدخل الأنبوب الزجاجي المنحني بحذر إلى داخل ثقب السدادة المطّاطية.
3. املأ أنبوب اختبار آخر بماء الجير إلى النصف.
4. أضف 20 نقطة من حمض $HCl_{(aq)}$ بسرعة إلى أنبوب الاختبار الذي يحتوي على قطع الرخام، ثم أدخل نهايتي الأنبوب المنحني في كل أنبوب اختبار. وسجّل ملاحظاتك

الشكل 3-17 أدوات الكشف عن الغاز المتصاعد باستخدام ماء الجير الرائق.

الأسئلة والتحليل:

a. لماذا تعكّر محلول ماء الجير الرائق وتحوّل لونه إلى أبيض حليبي؟
b. ماذا نستنتج إذا تعكر ماء الجير الرائق وتحوّل إلى أبيض حليبي؟
c. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة التي تمثّل كلًّا من التفاعلين السابقين:
- تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع صودا الخبيز.
- تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع كربونات الكالسيوم.

11

نشاط 3-1 a تفاعل الأحماض مع مُركّبات الكربونات ومُركّبات الكربونات الهيدروجينيّة - تابع

الإجابات/ عيّنة بيانات

الأسئلة والتحليل

a. لماذا تعكّر محلول ماء الجير الرائق وتحوّل إلى أبيض حليبي؟

بسبب تكوّن كربونات الكالسيوم الصلبة والبيضاء اللون، ما يجعل محلول ماء الجير عكرًا.

b. ماذا نستنتج إذا تعكّر ماء الجير الصافي وتحوّل إلى أبيض حليبي؟

لقد نتج غازثاني أكسيد الكربون، وهذا يعني أنّ الحمض تفاعل مع كربونات الكالسيوم.

c. اكتُب المعادلة الكيميائيّة الموزونة التي تمثّل كلًّا من التفاعلَيْن السابقَيْن:

- تفاعُل حمض الهيدروكلوريك مع صودا الخبيز

$$HC\ell_{(aq)} + NaHCO_{3(aq)} \rightarrow NaC\ell_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

- تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع كربونات الكالسيوم

$$2HC\ell_{(aq)} + CaCO_{3(s)} \rightarrow CaC\ell_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

نشاط b1-3 تفاعل الأحماض مع الفِلِزّات النشطة كيميائيًّا

الإجابات/ عيّنة بيانات

سؤال الاستقصاء:	كيف يمكن الكشف عن غاز الهيدروجين عندما تتفاعل الأحماض مع الفِلِزّات النشطة؟
المواد المطلوبة:	محلول HCℓ تركيزه 1 M، فِلِزّ الخارصين، Zn، جليسرين، حوض زجاجي، أنابيب اختبار عدد 6، أنبوب زجاجي، خرطوم مطاطي، أعواد خشبيّة، حامل حديدي حلقي، ملقط، موقد كحولي، أعواد ثقاب، نظّارات واقية.
إجراءات الأمن والسلامة:	ارتَدِ القفّازات والنظّارات الواقية. تعامَل بحذر مع الأحماض لأنّها موادّ كاوية واتّبِع التعليمات.

تمّ تصميم نشاط "يتوسّع" هذا ليتوسّع الطلّاب بأفكارهم حول كيفيّة تفاعل الأحماض مع الفِلِزّات النشِطة كيميائيًّا لإنتاج غاز الهيدروجين من خلال نشاط مخبري عملي. وقد تمّ تصميمه أيضًا لتعليمهم اختبار الفرقعة للكشف عن غاز الهيدروجين، ولتعليمهم تقنية جمع الغاز الناتج من تفاعل من خلال إزاحة الماء.

ملاحظة: عند إضافة حمض إلى أنبوب اختبار يحتوي على فِلِزّ الخارصين، سوف تنتج فقّاعات تشير إلى تكوّن غاز، كما سُمِع صوت فرقعة عند تقريب شظيّة مشتعلة من فوهة أنبوب الاختبار.

الأسئلة

a. كيف يمكنك أن تعرف أنّ التفاعل يُنتج غازًا؟

تصاعد العديد من الفقّاعات عند حدوث التفاعل، يشير إلى وجود غاز.

b. ماذا حدث عند تقريب الشظيّة المشتعلة من فوهة الأنبوب؟ ماذا تستنتج؟

لقد سُمع صوت فرقعة، أي أنّ غاز الهيدروجين قد اشتعل وتفاعل مع غاز الأكسجين لإنتاج ماء.

c. اكتُب المعادلة الكيميائيّة الموزونة للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك والخارصين.

$$2HC\ell_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow ZnC\ell_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

نظريّات الأحماض والقواعد

أولًا: نظريّة أرهينيوس للأحماض والقواعد

1. لقد تعلّمنا كيفيّة تحديد الحمض والقاعدة من خلال خصائصهما، ولكن كيف نعرف كلًّا منهما؟
2. تمّ اقتراح تعريفًا للأحماض والقواعد من قِبَل سفانت أرهينيوس.
3. يمكن أن يقرأ الطلّاب نظريّة أرهينيوس للأحماض والقواعد، ومن ثمّ يحدّدوا أيًّا من الأحماض والقواعد تتبع القاعدة، ويحدّدوا أوجه القصور في نظريّة أرهينيوس في تفسير حمضيّة أو قاعديّة بعض الموادّ. استعن **بالجدولين 3-3** و **4-3** ووضح لهم أمثلة على الصيغ الكيميائية لأحماض آرهينيوس وقواعد آرهينيوس.

يشرح: ابحَثْ عن بعض الاستخدامات اليوميّة الشائعة لأحماض وقواعد أرهينيوس. على سبيل المثال: أين يُستخدم حمض الهيدروكلوريك؟ أين يُستخدم هيدروكسيد الصوديوم؟ هل توجد هذه الموادّ في منزلك؟ كيف تُستخدم هذه الموادّ في منزلك؟

يُستخدم حمض الهيدروكلوريك كمنظّف منزلي قوي لإزالة الأوساخ الصعبة، كما يُستخدم هيدروكسيد الصوديوم في صناعة الصابون. وتوجد الكثير من الأحماض والقواعد بشكل شائع في المنزل، حيث توجد الأحماض مثل حمض الأسيتيك (الخل) وحمض الستريك(الحمضيات) في المطبخ، بالإضافة إلى القواعد التي توجد في مضادّات الحموضة، وصودا الخبيز والمنظّفات المنزليّة . كما يستخدم هيدروكسيد البوتاسيوم لإزالة الترسّبات الكلسيّة من أنابيب الصرف الصحّي.

الوحدة 3: الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد

تحديد أحماض وقواعد أرهينيوس

تحديد أحماض أرهينيوس من الصيَغ الكيميائية

تُعدّ أحماض أرهينيوس جُزيئات مرتبطة بروابط تساهمية. وغالبًا ما تمتلك أحماض أرهينيوس صيغًا كيميائية تبدأ بذرّة أو أكثر من ذرّات الهيدروجين القابلة للتأيُّن. وقد يحتوي الجُزيء على أكثر من ذرّة هيدروجين غير قابلة للتأيُّن، بحيث تُكتَب مثل هذه الذرّات بشكل منفصل في الصيغة الكيميائية. يوضّح **الشكل 3-21** أن ذرّة واحدة فقط من ذرّات الهيدروجين الأربع التي يحتوي عليها جزيء حمض الأسيتيك، CH_3COOH، هي القابلة للتأيُّن. ويوضّح **الجدول 3-3** أيضًا بعض أحماض أرهينيوس الشائعة.

CH_3COOH

H = ذرة H قابلة للتأين
H = ذرة H غير قابلة للتأين

$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftarrows H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$

الشكل 3-21 يحتوي جُزيء حمض الأسيتيك على ذرّة هيدروجين واحدة قابلة للتأيُّن.

الجدول 3-3 أحماض أرهينيوس الشائعة

أحماض أرهينيوس	
الاسم	الصيغة الكيميائية
حمض الهيدروكلوريك	$HC\ell$
حمض الهيدروفلوريك	HF
حمض الكبريتيك	H_2SO_4
حمض النيتريك	HNO_3
حمض الأسيتيك	CH_3COOH
حمض الفوسفوريك	H_3PO_4

تحديد قواعد أرهينيوس من الصيَغ الكيميائية

تُعدّ هيدروكسيدات الفلزّات قواعد أرهينيوس الشائعة. وبشكل مشابه لبعض الأحماض، فإنّ قواعد أرهينيوس تمتلك أيون هيدروكسيد واحد أو أكثر في بعض صيَغها الكيميائية؛ وعلى عكس بعض الأحماض، فإنّ أيونات الهيدروكسيد جميعها لها القدرة على التأيُّن. يوضّح **الجدول 4-3** بعض قواعد أرهينيوس الشائعة، وهي تمثّل هيدروكسيدات عناصر المجموعتين الأولى والثانية.

ابحث عن بعض الاستخدامات اليومية الشائعة لأحماض و قواعد أرهينيوس. على سبيل المثال: فيمَ يُستخدَم حمض الهيدروكلوريك؟ فيمَ يُستخدَم هيدروكسيد الصوديوم؟ هل توجد هذه المواد في منزلك؟ كيف تُستخدم هذه المواد في منزلك؟

الجدول 4-3 قواعد أرهينيوس الشائعة

قواعد أرهينيوس	
الاسم	الصيغة الكيميائية
هيدروكسيد الليثيوم	LiOH
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH
هيدروكسيد المغنيسيوم	$Mg(OH)_2$
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$

14

الدرس 3-1: خصائص ونظريات الأحماض والقواعد

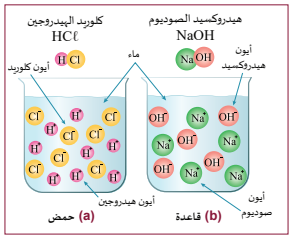
نظريات الأحماض والقواعد

أولًا: نظرية أرهينيوس للأحماض والقواعد

اقترح سفانت أرهينيوس في العام 1884م تعريفًا للأحماض والقواعد:

إذ عرّف **حمض أرهينيوس Arrhenius acid** بأنه مادة ينتج عن ذوبانها في الماء أيونات هيدروجين (H^+) (**الشكل 3-19a**).

أما **قاعدة أرهينيوس Arrhenius base** فهي مادة ينتج عن ذوبانها في الماء أيونات الهيدروكسيد (OH^-) (**الشكل 3-19b**).



الشكل 3-19 (a) حمض أرهينيوس، و (b) قاعدة أرهينيوس.

حمض أرهينيوس هو المادة التي تُنتج أيونات هيدروجين في المحلول المائي.
قاعدة أرهينيوس هي المادة التي تُنتج أيونات هيدروكسيد في المحلول المائي.

أوجه القصور في نظرية أرهينيوس للأحماض والقواعد

على الرغم من نجاح نظريةِ أرهينيوس في تفسيرِ حمضيةِ أو قاعديةِ الكثيرِ من الموادِّ إلا أنّه فشلَ في تفسيرِ عدةِ أمورٍ من أهمّها:

- تفترض نظرية أرهينيوس أن تكون الأحماض والقواعد قابلة للذوبان في الماء، ولكن هناك بعض المركّبات لها خصائص حمضية وقاعدية وغير قابلة للذوبان في مذيبات أخرى غير الماء.
- لم يستطع أرهينيوس تفسير الصفة الحمضية و الصفة القاعدية لبعض المركّبات. ربّما لا تحتوي الأحماض على أيونات الهيدروجين (H^+)، ولا تحتوي القواعد على أيونات الهيدروكسيد (OH^-). ثاني أكسيد الكربون مثلًا يحقّق معايير حمض أرهينيوس، إذ ينتج أيونات الهيدروجين عند إذابته في الماء (**الشكل 3-20a**)، وتحقّق الأمونيا معايير قاعدة أرهينيوس، إذ تنتج أيونات الهيدروكسيد عند إذابتها في الماء (**الشكل 3-20b**).

(a) $CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$

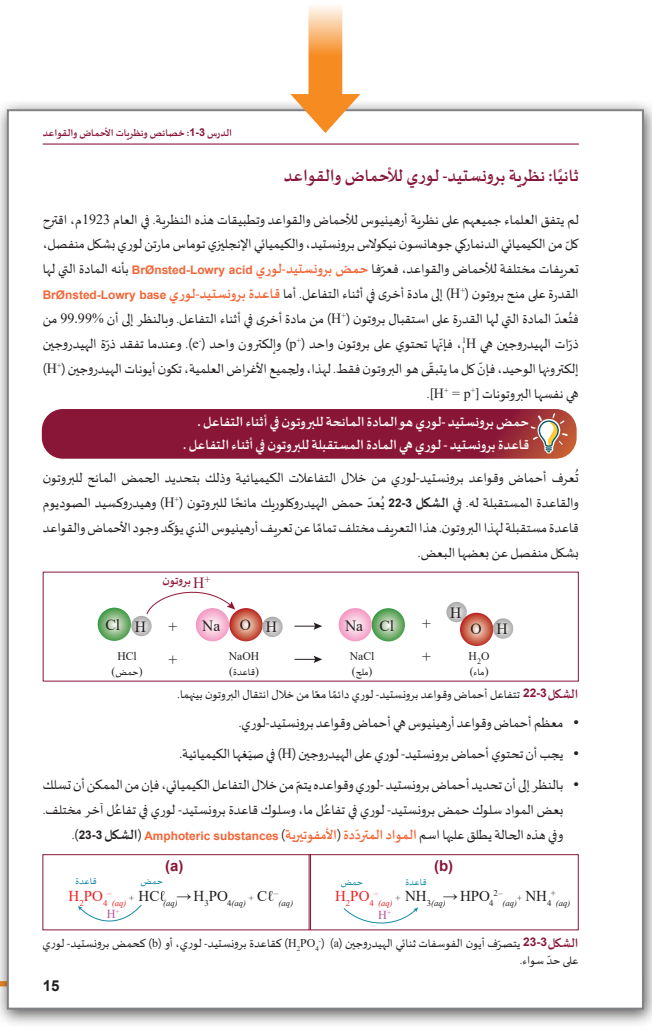
(b) $NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

الشكل 3-20 (a) ينتج عن ذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء أيون هيدروجين (H^+).(b) ينتج عن ذوبان الأمونيا في الماء أيون هيدروكسيد (OH^-).

13

ثانيًا: نظريّة برونستيد-لوري للأحماض والقواعد

1. لقد تعلّمنا، وناقشنا أوجه القصور في تعريف أرهينيوس للأحماض والقواعد.
2. ينصّ تعريف برونستيد-لوري بأنّ الحمض مادّة مانحة للبروتون، وأنّ القاعدة مادّة مستقبلة للبروتون (شدّد على أنّ البروتون هو أيون الهيدروجين H^+).
3. لفهم ذلك، يمكن أن يسأل المعلّم الطلّاب عن التفاعل الذي يحدث بين حمض الهيدروكلوريك ($HC\ell$) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH).
4. نحن نعرف أنّه عندما يتفاعل حمض مع قاعدة، نحصل على ملح وماء، فحمض الهيدروكلوريك ($HC\ell$) يتفكّك في الماء ويعطي أيونات H^+ و $C\ell^-$ كما أنّ هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) يتأيّن في الماء لينتج أيونات Na^+ و OH^-. اطلُبْ إلى الطلّاب كتابة المُركّبَين على السبّورة مع الشحنات، فالهيدروجين الذي يحمل شحنة موجبة هو البروتون فقط.
5. يمكن أن يعرض المعلّم للطلّاب كيف يتفاعل أيون الهيدروجين مع أيون الهيدروكسيد لتكوين الماء (وهذا موضّح في الكتاب **الشكل 3-22**).
6. المادّة المانحة للبروتون في هذه الحالة هي $HC\ell$، وتُعرّف بأنّها حمض.
7. المادّة المستقبلة للبروتون هي NaOH، وتُعرّف بأنّها قاعدة.
8. تتبع معظم الأحماض والقواعد تعريف برونستيد-لوري.



الدرس 3-1: خصائص ونظريات الأحماض والقواعد

ثانيًا: نظرية برونستيد- لوري للأحماض والقواعد

لم يتفق العلماء جميعهم على نظرية أرهينيوس للأحماض والقواعد وتطبيقات هذه النظرية. في العام 1923م، اقترح كلّ من الكيميائي الدنماركي جوهانسون نيكولاس برونستيد، والكيميائي الإنجليزي توماس مارتن لوري بشكل منفصل، تعريفات مختلفة للأحماض والقواعد، فعرّفا **حمض برونستيد-لوري Brønsted-Lowry acid** بأنه المادة التي لها القدرة على منح بروتون (H^+) إلى مادة أخرى في أثناء التفاعل. أما **قاعدة برونستيد-لوري Brønsted-Lowry base** فتُعدّ المادة التي لها القدرة على استقبال بروتون (H^+) من مادة أخرى في أثناء التفاعل. وبالنظر إلى أن 99.99% من ذرّات الهيدروجين هي ^1H، فإنّها تحتوي على بروتون واحد (p^+) وإلكترون واحد (e^-). وعندما تفقد ذرة الهيدروجين إلكترونها الوحيد، فإنّ كل ما يتبقّى هو البروتون فقط. لهذا، ولجميع الأغراض العلمية، تكون أيونات الهيدروجين (H^+) هي نفسها البروتونات [$H^+ = p^+$].

حمض برونستيد -لوري هو المادة المانحة للبروتون في أثناء التفاعل .
قاعدة برونستيد - لوري هي المادة المستقبلة للبروتون في أثناء التفاعل .

تُعرف أحماض وقواعد برونستيد-لوري من خلال التفاعلات الكيميائية وذلك بتحديد الحمض المانح للبروتون والقاعدة المستقبلة له. في **الشكل 3-22** يُعدّ حمض الهيدروكلوريك مانحًا للبروتون (H^+) وهيدروكسيد الصوديوم قاعدة مستقبلة لهذا البروتون. هذا التعريف مختلف تمامًا عن تعريف أرهينيوس الذي يؤكّد وجود الأحماض والقواعد بشكل منفصل عن بعضها البعض.

الشكل 3-22 تتفاعل أحماض وقواعد برونستيد- لوري دائمًا معًا من خلال انتقال البروتون بينهما.

- معظم أحماض وقواعد أرهينيوس هي أحماض وقواعد برونستيد-لوري.
- يجب أن تحتوي أحماض برونستيد- لوري على الهيدروجين (H) في صيَغها الكيميائية.
- بالنظر إلى أن تحديد أحماض برونستيد -لوري وقواعده يتم من خلال التفاعل الكيميائي، فإن من الممكن أن تسلك بعض المواد سلوك حمض برونستيد- لوري في تفاعُل ما، وسلوك قاعدة برونستيد- لوري في تفاعُل آخر مختلف. وفي هذه الحالة يطلق عليها اسم **المواد المتردّدة (الأمفوتيرية) Amphoteric substances** (**الشكل 3-23**).

الشكل 3-23 يتصرّف أيون الفوسفات ثنائي الهيدروجين (a) ($H_2PO_4^-$) كقاعدة برونستيد- لوري، أو (b) كحمض برونستيد- لوري على حدّ سواء.

15

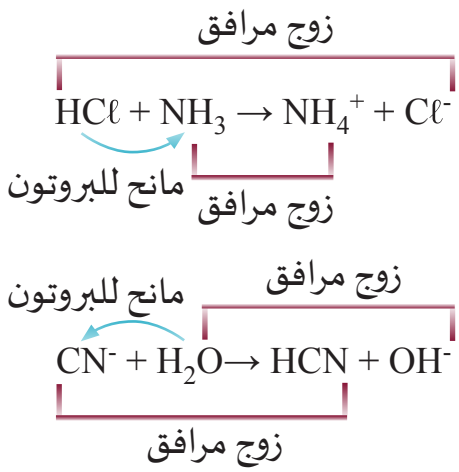
9. وجه القصور لهذه القاعدة هو أنّ أحماض برونستيد-لوري يجب أن تحتوي على هيدروجين.
10. فسّرت نظريّة برونستيد-لوري سلوك الحمض والقاعدة اعتمادًا على انتقال البروتون من الحمض إلى القاعدة. لكنّها لم تفسّر تفاعلات حمض-قاعدة لا تتضمّن انتقال البروتون مثل تفاعل أكاسيد الفِلِزّات (CaO , MgO , Na_2O) مع أكاسيد اللّافِلِزّات (CO_2 , SO_3 , SO_2) وذلك في غياب الماء المذيب لتكوين الأملاح، ويمكن توضيح ذلك بالمعادلتَين الآتيتَين:

$$CaO_{(s)} + SO_{3(g)} \rightarrow CaSO_{4(s)}$$

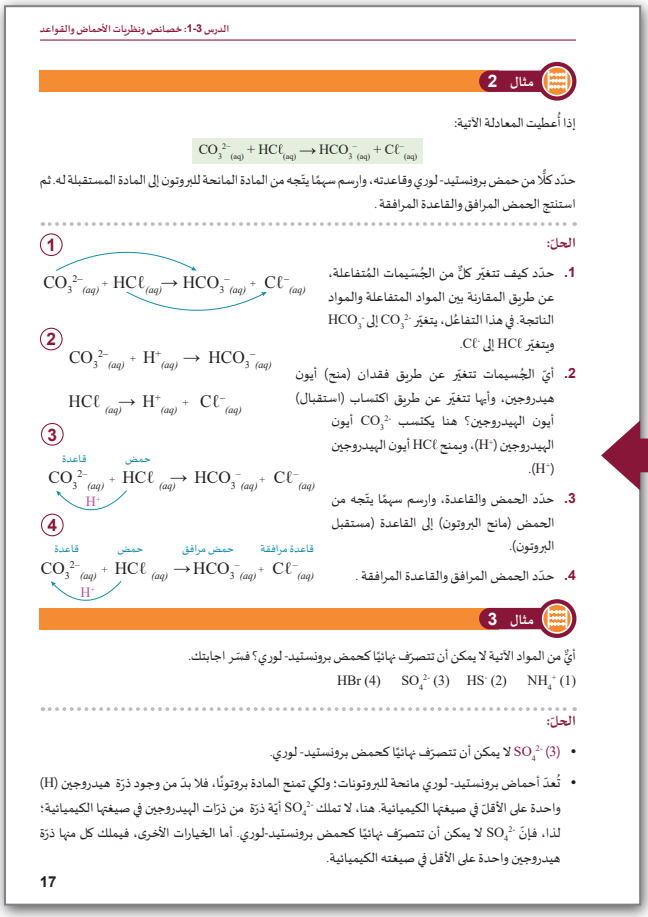
$$Na_2O_{(s)} + SO_{3(g)} \rightarrow Na_2SO_{4(s)}$$

الأحماض والقواعد المرافقة

1. من المهمّ فهم أنّه لا يمكن للحمض أن يمنح بروتونًا إلّا إذا وُجدت قاعدة لاستقباله.
2. في التفاعل الكيميائي، يُعرف الحمض المرافق بأنّه المادّة التي تتكوّن عندما تستقبل القاعدة بروتونًا، أمّا القاعدة المرافقة فهي المادّة التي تتكوّن عندما يمنح الحمض بروتونًا.
3. يمكن أن يعطي المعلّمُ الطلّابَ أمثلة مختلفة لمقارنتها، فعلى سبيل المثال:



4. لتعزيز مفهوم الأزواج المرافقة أطلب إلى الطلّاب حلّ الأمثلة 1 و2 و3 في كتاب الطالب.



الدرس 3-1: خصائص ونظريات الأحماض والقواعد

مثال 2

إذا أُعطيت المعادلة الآتية:

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + HC\ell_{(aq)} \rightarrow HCO_3^-{}_{(aq)} + C\ell^-{}_{(aq)}$$

حدّد كلًّا من حمض برونستيد- لوري وقاعدته، وارسم سهمًا يتّجه من المادة المانحة للبروتون إلى المادة المستقبلة له. ثم استنتج الحمض المرافق والقاعدة المرافقة.

الحل:

1. حدّد كيف تتغيّر كلٌّ من الجُسَيمات المُتفاعلة، عن طريق المقارنة بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة. في هذا التفاعُل، يتغيّر CO_3^{2-} إلى HCO_3^- ويتغيّر HCℓ إلى $C\ell^-$.
2. أيّ الجُسيمات تتغيّر عن طريق فقدان (منح) أيون هيدروجين، وأيها تتغيّر عن طريق اكتساب (استقبال) أيون الهيدروجين؟ هنا يكتسب CO_3^{2-} أيون الهيدروجين (H^+)، ويمنح HCℓ أيون الهيدروجين (H^+).
3. حدّد الحمض والقاعدة، وارسم سهمًا يتّجه من الحمض (مانح البروتون) إلى القاعدة (مستقبل البروتون).
4. حدّد الحمض المرافق والقاعدة المرافقة.

مثال 3

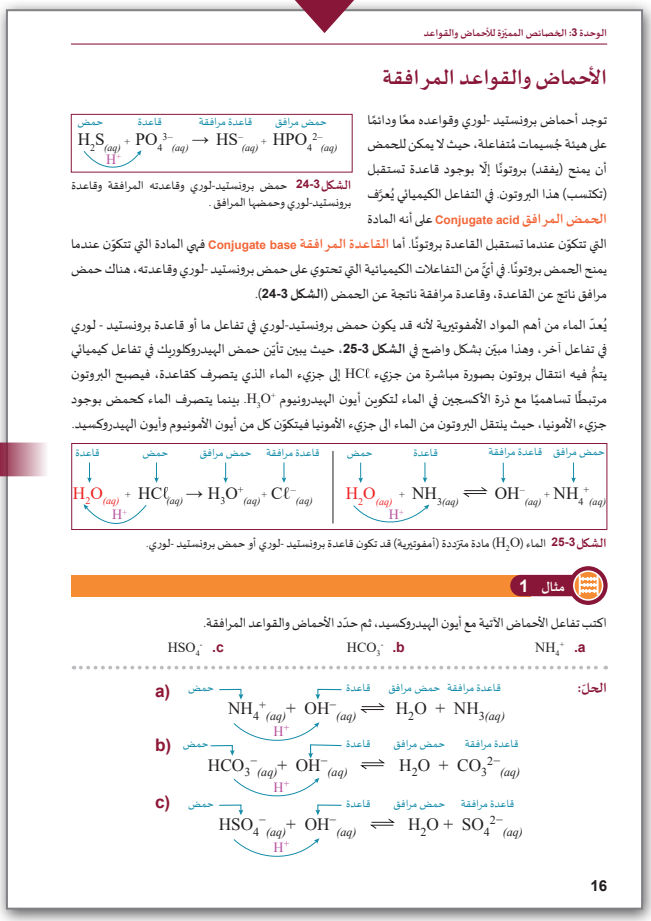
أيٌّ من المواد الآتية لا يمكن أن تتصرّف نهائيًا كحمض برونستيد- لوري؟ فسّر اجابتك.

HBr (4) SO_4^{2-} (3) HS^- (2) NH_4^+ (1)

الحل:

- (3) SO_4^{2-} لا يمكن أن تتصرّف نهائيًا كحمض برونستيد- لوري.
- تُعدّ أحماض برونستيد- لوري مانحة للبروتونات؛ ولكي تمنح المادة بروتونًا، فلا بدّ من وجود ذرّة هيدروجين (H) واحدة على الأقلّ في صيغتها الكيميائية. هنا، لا تملك SO_4^{2-} أيّة ذرّة من ذرّات الهيدروجين في صيغتها الكيميائية؛ لذا، فإنّ SO_4^{2-} لا يمكن أن تتصرّف نهائيًا كحمض برونستيد-لوري. أما الخيارات الأخرى، فيملك كل منها ذرّة هيدروجين واحدة على الأقل في صيغته الكيميائية.

17



الوحدة 3: الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد

الأحماض والقواعد المرافقة

توجد أحماض برونستيد -لوري وقواعده معًا ودائمًا على هيئة جُسيمات مُتفاعلة، حيث لا يمكن للحمض أن يمنح (يفقد) بروتونًا إلّا بوجود قاعدة تستقبل (تكتسب) هذا البروتون. في التفاعل الكيميائي يُعرَف **الحمض المرافق Conjugate acid** على أنه المادة التي تتكوّن عندما تستقبل القاعدة بروتونًا. أما **القاعدة المرافقة Conjugate base** فهي المادة التي تتكوّن عندما يمنح الحمض بروتونًا. في أيّ من التفاعلات الكيميائية التي تحتوي على حمض برونستيد -لوري وقاعدته، هناك حمض مرافق ناتج عن القاعدة، وقاعدة مرافقة ناتجة عن الحمض (**الشكل 3-24**).

$$H_2S_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)} \rightarrow HS^-{}_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

حمض — قاعدة — قاعدة مرافقة — حمض مرافق

الشكل 3-24 حمض برونستيد-لوري وقاعدته المرافقة وقاعدة برونستيد-لوري وحمضها المرافق.

يُعدّ الماء من أهم المواد الأمفوتيرية لأنه قد يكون حمض برونستيد-لوري في تفاعل ما أو قاعدة برونستيد - لوري في تفاعل آخر، وهذا مبيّن بشكل واضح في **الشكل 3-25**، حيث يبين تأيّن حمض الهيدروكلوريك في تفاعل كيميائي يتمُّ فيه انتقال بروتون بصورة مباشرة من جزيء HCℓ إلى جزيء الماء الذي يتصرف كقاعدة، فيصبح البروتون مرتبطًا تساهميًا مع ذرة الأكسجين في الماء لتكوين أيون الهيدرونيوم H_3O^+. بينما يتصرف الماء كحمض بوجود جزيء الأمونيا، حيث ينتقل البروتون من الماء الى جزيء الأمونيا فيتكوّن كل من أيون الأمونيوم وأيون الهيدروكسيد.

$$H_2O_{(aq)} + HC\ell_{(aq)} \rightarrow H_3O^+{}_{(aq)} + C\ell^-{}_{(aq)}$$

حمض مرافق — قاعدة مرافقة — حمض — قاعدة

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

حمض — قاعدة — قاعدة مرافقة — حمض مرافق

الشكل 3-25 الماء (H_2O) مادة مترددة (أمفوتيرية) قد تكون قاعدة برونستيد -لوري أو حمض برونستيد -لوري.

مثال 1

اكتب تفاعل الأحماض الآتية مع أيون الهيدروكسيد، ثم حدّد الأحماض والقواعد المرافقة.

a. NH_4^+ b. HCO_3^- c. HSO_4^-

الحلّ:

a) $NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O + NH_{3(aq)}$

حمض — قاعدة — قاعدة مرافقة — حمض مرافق

b) $HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$

حمض — قاعدة — قاعدة مرافقة — حمض مرافق

c) $HSO_4^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$

حمض — قاعدة — قاعدة مرافقة — حمض مرافق

16

تقويم الدّرس 3-1

الإجابات

1. أيٌّ من الخصائص الآتية ليست خاصية مشتركة بين الأحماض والقواعد؟
   a. محاليلها إلكتروليتية.
   b. محاليها المُركّزة كاوية.
   c. محاليلها المُركّزة ملمسها زلق.
   d. محاليلها تُحدث تغيّراً في لون أدلة الأحماض والقواعد.

   c. محاليلها المُركّزة ملمسها زلق.

2. أيٌّ من الجمل الآتية تمثّل تعريفًا صحيحًا لحمض أرهينيوس؟
   a. يُنتج أيونات هيدروجين في المحلول المائي.
   b. يمنح أيونات هيدروجين على شكل بروتون إلى مادة أخرى.
   c. يُنتج أيونات هيدروكسيد في المحلول المائي
   d. يكتسب أيونات الهيدروجين على شكل بروتون.

   a. يُنتج أيونات هيدروجين في المحلول المائي.

3. ما اللون الناتج عند إضافة دليل الفينولفثالين إلى محلول قاعدي؟
   a. الأحمر
   b. الأزرق
   c. الوردي
   d. عديم اللون

   c. الوردي

4. ما الغاز الذي ينتج عندما تتفاعل الأحماض مع الفلزّات النشطة؟
   a. H_2
   b. O_2
   c. CO_2
   d. NH_3

   a. H_2

5. أيٌّ ممّا يأتي يُعدّ قاعدة أرهينيوس؟
   a. $HC\ell_{(aq)}$
   b. $CO_{2(aq)}$
   c. $Ca(OH)_2$
   d. $CH_3COOH_{(aq)}$

   c. $Ca(OH)_2$

تقويم الدّرس 3-1

الإجابات

6. ما الجُسيم الذي يتمّ تبادله بين حمض برونستيد- لوري وقاعدته؟

البروتون (أو أيون الهيدروجين، H^+)

7. حدّد كلًّا من الحمض والقاعدة والحمض المرافق والقاعدة المرافقة في التفاعُل المعطى بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$NO_{2\,(aq)}^{-} + H_2O_{(l)} \longrightarrow HNO_{2\,(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

الحمض: H_2O

القاعدة: NO_2^-

القاعدة المرافقة: OH^-

الحمض المرافق: HNO_2

8. ما تعريف حمض برونستيد- لوري؟

الحمض مادّة مانحة للبروتون.

9. ما القاعدة المرافقة للأحماض الآتية؟

a. NH_4^+ **NH_3**

b. HNO_3 **NO_3^-**

c. HSO_4^- **SO_4^{2-}**

10. فسّر المعلومة الآتية: كلّ القلويات قواعد وليس كل القواعد قلويات.

القلويّات هي قواعد وتكون ذائبة في الماء وتنتج أيون الهيدروكسيد، أمّا القواعد فليست كلّها قابلة للذوبان في الماء.

إعادة تدريس

1. يمكن أن يعدّ الطلّاب جدولًا ويراجعوا الفرق بين الحمض والقاعدة.
2. يمكن أن يطرح المعلّم أسئلة حول مادّة ما مثل الخلّ، ليساعد الطالب على استنتاج خصائص الأحماض.
3. سوف يكتب الطلّاب على السبّورة البيضاء ما إذا كانت المادّة حمضًا أو قاعدة ويرفعونها عاليًا.
4. يمكن التوسُّع في هذا النشاط بشكل أكبر عن طريق إدخال الكثير من المنتجات المنزليّة مثل عصير الليمون، وعصير الليمون الأخضر، وأقراص عسر الهضم المذابة في الماء، والصودا، ومعجون الأسنان وسائل غسل الأطباق، بحيث يمكن أن يتوقّع الطلّاب ما إذا كان المنتج حمضًا أم قاعدة، ثمّ استخدام دليل (كاشف) مناسب لاختبار ما إذا كان توقُّعهم صحيحًا أم لا.

إثراء

1. يمكن أن يتعلّم الطلّاب الآن حول تكوين الأملاح، فعندما تتفاعل الأحماض مع القواعد فإنّها تُنتج أملاحًا.
2. تكون بعض الأملاح قابلة للذوبان في الماء، أمّا بعض الأملاح الأخرى فتكون غير قابلة للذوبان في الماء.
3. تكوّن الأملاح غير القابلة للذوبان في الماء مادّة تُسمّى راسبًا.
4. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يتعلّم الطلّاب أنّ حمض الكبريتيك يكوّن أيون الكبريتات، وأنّ حمض النيتريك يكوّن أيون النيترات، وأنّ حمض الهيدروكلوريك يكوّن أيون الكلوريد.

الدّرس 3-2
قوّة الأحماض والقواعد، وتفاعُل التعادل

مصادر تعلّم الدرس

الموضوع / الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد دليل المعلم
1 حصّة	عرض عملي: عودة "توهّج المصباح"	الصفحة 20	الصفحتان 26، 27
$\frac{1}{2}$ حصّة	الأحماض القويّة والضعيفة	الصفحة 21	الصفحة 28
$\frac{1}{2}$ حصّة	القواعد القويّة والضعيفة	الصفحة 22	الصفحة 28
1 حصّة	مفهوم الرقم الهيدروجيني pH	الصفحة 23	الصفحة 29
1 حصّة	نشاط: تحديد حمضيّة المحاليل عن طريق قياس الرقم الهيدروجيني pH	الصفحة 24	الصفحتان 30، 31 النشاط 3 - a2
1 حصّة	تفاعل تعادُل الحمض والقاعدة	الصفحات 25 - 27	الصفحتان 32، 33
1 حصّة	نشاط: تفاعل حمض قويّ مع قاعدة قويّة	الصفحتان 28، 29	الصفحتان 34، 35 النشاط 3 - b2

الأنشطة	مواد من أجل النشاط
a2-3 تحديد حمضيّة المحاليل عن طريق قياس الرقم الهيدروجيني pH	10 محاليل، حمضيّة، ومتعادلة، وقاعديّة غير معلومة موضوعة في عبوات لها قطّارات تحمل العناوين من 1 إلى 10، مقياس الرقم الهيدروجيني pH، أوراق دليل عامّ، محلول فينولفثالين، أوراق تبّاع الشمس حمراء وزرقاء، لوح تجويفات، كأس زجاجيّة سعتها 30 mL، نظّارة واقية.
b2-3 تفاعل حمض قويّ مع قاعدة قويّة	كأس زجاجيّة سعة 250 mL، ماصّة سعة 25 mL، سحّاحة سعة 50 mL، قمع زجاجي، حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه (0.1 M)، محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه (0.1 M)، دليل الفينولفثالين، مقياس الرقم الهيدروجيني الرقمي مع مُستشعر pH، دورق مخروطي.

مخرجات التعلّم

C1003.2 يشرح بشكل نوعيّ، الاختلاف في سلوك الأحماض والقواعد القويّة والضعيفة من حيث مدى التفكّك (التحلّل)، ويربط هذا بمقياس درجة الحموضة أو الرقم الهيدروجيني (pH).

C1003.3 يشرح تغيّرات الرقم الهيدروجيني (pH) في أثناء تفاعل التعادل، ويعرف أنّه يمكن تعميم تفاعل التعادل على تفاعل أيونات الهيدروجين مع أيونات الهيدروكسيد لتكوين الماء.

الزمن المقترح للدرس

يجب أن يستغرق تدريس هذا الدّرس مدّة زمنيّة مقدارها 6 حصص صفّيّة، بحيث تتضمّن نشاطَيْنِ استقصائيَّيْنِ اثنَيْنِ، جنبًا إلى جنب مع أفكار للتّدريس، وأفكار للمناقشة.

المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلّاب على معرفة بما يأتي:

- التعريفات المستخدمة للأحماض والقواعد.
- الأدلّة (الكواشف) المستخدمة للكشف عن الأحماض والقواعد.

المفردات

Strong acid	الحمض القويّ
Weak acid	الحمض الضعيف
Strong base	القاعدة القويّة
Weak base	القاعدة الضعيفة
Neutralization	تفاعل التعادل

افتتاحيّة الدّرس

يدمج: تمّ تصميم هذا النشاط لتحفيز الطلّاب على تعلّم ما يتعلّق بتفاعل التعادل، وجعلهم يفكّرون في هذا المفهوم الذي سيتمّ استكشافه في هذا الدّرس.

ملاحظة للمعلّم: استخدِمْ محلول حمض الكبريتيك تركيزه (0.01M)، ومحلول هيدروكسيد الباريوم تركيزه (0.01 M).

1. الأفضل استخدام السحّاحة لإضافة محلول هيدروكسيد الباريوم.
2. اضبط الإضاءة داخل الغرفة للحصول على عرض مثاليّ لجهاز اختبار التوصيل الكهربائي.
3. يمكن للمعلّم بعد ذلك أن يبدأ الدّرس بطرح السؤال الآتي على الطلّاب، وهو: كيف يمكننا الاستدلال على حدوث تفاعل كيميائي؟

في بعض الأحيان يُنتج المحلول فقّاعات؛ لأنّ غازًا قد نتج، ويمكن أن يَحدُث تغيّرٌ في اللون أو تكوّن راسب.

4. هل محاليل الأحماض والقواعد موصلة للتيار الكهربائي؟

تكون محاليل الأحماض والقواعد إلكتروليتيّة، وموصلة للتيّار الكهربائي.

الدرس 3-2

قوة الأحماض والقواعد، وتفاعُل التعادل

Strength of Acids and Bases and Neutralization Reaction

عندما تقلّ قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول يصبح المحلول حمضيًّا أكثر. فإذا كان لديك مثلًا محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) تركيزه 0.100 M، وقيمة رقمه الهيدروجيني pH تساوي 1.00، ومحلول حمض الأسيتيك (CH_3COOH) تركيزه 0.100M، وقيمة رقمه الهيدروجيني pH تساوي 2.87، فإن محلول HCl الذي يبلغ تركيزه 0.100 M يكون حمضيًّا أكثر من محلول (CH_3COOH) الذي يبلغ تركيزه 0.100 M (**الشكل 3-26**). كيف يمكن لحمضَيْن لهما التركيز نفسه، ويحتوي كل منهما على ذرّة هيدروجين واحدة قابلة للتأيّن، أن تكون لهما قيمتا رقم هيدروجيني pH مختلفتان؟ تكمن الإجابة في الاختلاف بين قوة الحمض وتركيزه.

0.100M HCl — pH = 1.00

0.100M CH_3COOH — pH = 2.87

الشكل 3-26 يملك محلول HCl الذي يبلغ تركيزه 0.100 M قيمة رقم هيدروجيني pH أقلّ من محلول (CH_3COOH) الذي يبلغ تركيزه 0.100 M.

تملك الأحماض قيَم رقم هيدروجيني pH منخفضة (أقلّ من 7). أمّا القواعد فتملك قيَم رقم هيدروجيني pH مرتفعة (أكبر من 7). كيف تتغيّر قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول عند إضافة حمض إلى قاعدة، أو عند إضافة قاعدة إلى حمض؟ وما الذي يحدث كيميائيًّا لتفسير التغيُّر في قيمة الرقم الهيدروجيني pH؟ وكيف يمكن تحديد قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول؟ ستتمّ الإجابة عن تلك الأسئلة في هذا الدرس عندما يتمّ استقصاء تفاعل التعادُل.

مخرجات التّعلُّم

C1003.2 يشرح بشكل نوعي، الاختلاف في سلوك الأحماض والقواعد القوية والضعيفة من حيث مدى التفكك (التحلل)، ويربط هذا بمقياس درجة الحموضة أو الرقم الهيدروجيني (pH).

C1003.3 يشرح تغيّرات الرقم الهيدروجيني (pH) أثناء تفاعل التعادل، ويعرف أنه يمكن تعميم تفاعل التعادل على تفاعل أيونات الهيدروجين مع أيونات الهيدروكسيد لتكوين الماء.

المفردات

Strong acid	الحمض القوي
Weak acid	الحمض الضعيف
Strong base	القاعدة القوية
Weak base	القاعدة الضعيفة
Neutralization reaction	تفاعل التعادُل

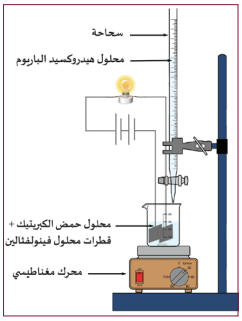
عرض عملي: عودة "توهّج المصباح"

كيف يمكنك أن تحدّد التغيُّرات التي تحدث في أثناء التفاعلات الكيميائية؟

ما هي الخصائص الإلكتروليتية للمحاليل الحمضية أو القاعدية؟

عرض عملي

1. يبدأ العرض العملي بمحلول شفّاف وعديم اللون لحمض يحتوي على ذرّتَيْ هيدروجين قابلتين للتأيّن، هو حمض الكبريتيك (H_2SO_4). ثمّ تُضاف بضع نقاط من محلول الفينولفثالين إلى محلول الحمض. تذكّر أن محلول الفينولفثالين يبقى شفّافًا في المحاليل الحمضية.
2. يوضع المصباح الكهربائي لاختبار التوصيل الكهربائي (**الشكل 3-27**) في محلول الحمض. وبالنظر إلى أن الأحماض هي مواد إلكتروليتية، فإن المصباح الكهربائي سوف يضيء ويتوهّج بشكل بزّاق.
3. يُضاف محلول شفّاف وعديم اللون من قاعدة تحتوي على أيونَيْ هيدروكسيد، هي هيدروكسيد الباريوم ($Ba(OH)_2$)، إلى الحمض نقطة نقطة. تُعدّ القواعد مواد إلكتروليتية أيضًا.
4. عند إضافة محلول هيدروكسيد الباريوم إلى محلول الحمض نقطة نقطة نلاحظ الأمور الآتية:
   a. يصبح المحلول ضبابيًا وذا لون أبيض، ويبدأ توهّج المصباح الكهربائي بالخفوت كلما أضيف المزيد من القاعدة.
   b. في لحظة محدّدة، وعند إضافة كمية محدّدة من القاعدة، ينطفيء المصباح الكهربائي.
   c. عند الاستمرار بإضافة القاعدة، يصبح المحلول ورديًا ضبابيًا، ويبدأ المصباح الكهربائي المنطفيء بالتوهّج مرة أخرى.
   d. مع الاستمرار بإضافة القاعدة، يتوهّج المصباح الكهربائي بشكل بزّاق مرّة أخرى.



الشكل 3-27 اختبار التوصيل الكهربائي خلال عملية التعادل بين حمض قوي وقاعدة قوية.

أسئلة

1. لماذا بدأ ضوء المصباح الكهربائي بالخفوت حتى انطفيء نهائيًا عند إضافة المحلول القاعدي تدريجيًا؟
2. لماذا أصبح المحلول ضبابيًا وذا لون أبيض؟
3. ما سبب تحوّل المحلول إلى اللون الوردي؟
4. ما سبب توهّج المصباح الكهربائي من جديد عندما تحوّل المحلول إلى اللون الوردي الضبابي؟
5. هل يمكنك كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة التي تصف التفاعل الكيميائي الذي حدث ؟

افتتاحيّة الدّرس – تابع

الشرح:

1. تتفاعل الأحماض مع القواعد لتكوين ملح وماء.
2. تتفاعل أيونات الهيدروجين (H^+) التي تأتي من الحمض مع أيونات الهيدروكسيد (OH^-) التي تأتي من القاعدة لتكوين الماء، وبالتالي تتمّ إزالة هذه الأيونات من المحلول.
3. تتفاعل أيونات الباريوم (Ba^{2+}) التي تأتي من القاعدة مع أيونات الكبريتات (SO_4^{2-}) التي تأتي من الحمض لتكوين ملح كبريتات الباريوم، وهو غير قابل للذّوبان، لهذا تتمّ إزالة أيونات كلّ من الباريوم والكبريتات من المحلول مكوّنة بذلك مادّة صلبة ذات لون أبيض. بعد ذلك يصبح المحلول ضبابيًّا ذا لون أبيض، ويبدأ توهّج المصباح الكهربائي بالخفوت كلّما تمّت إزالة هذه الأيونات من المحلول.
4. في النهاية لن يكون هنالك أيونات كافية لتوصيل كهرباء تكفي لإضاءة المصباح الكهربائي، عندها لن يستمرّ توهّج المصباح وسينطفئ.

الأسئلة:

1. لماذا بدأ ضوء المصباح الكهربائي بالخفوت حتّى انطفأ نهائيًّا عند إضافة المحلول القاعدي تدريجيًّا؟

   خلال إضافة محلول القاعدة إلى محلول الحمض تستهلك الأيونات بسبب تكوين الماء والراسب وعند نقطة التعادل لا يوجد أيونات في المحلول لذلك، لم يعد بإمكانه توصيل الكهرباء.

2. لماذا أصبح المحلول ضبابيًّا وذا لون أبيض؟

   أصبح المحلول ضبابيًّا وذا لون أبيض بسبب تكوّن ملح غير قابل للذوبان في الماء (راسب).

3. ما سبب تحوّل المحلول إلى اللون الوردي؟

   لون دليل الفينولفثالين وردي في المحلول القاعدي، وبالتالي عند الاستمرار في إضافة القاعدة إلى المحلول بعد نقطة التعادل سيصبح المحلول قاعديًّا وبالتالي يتحوّل إلى اللون الوردي.

4. ما سبب توهّج المصباح الكهربائي من جديد عندما تحوّل المحلول إلى اللون الوردي الضبابي؟

   لأنّ المحلول تحوّل من محلول متعادل يحتوي على ملح غير ذائب (لا يحتوي على أيونات) إلى محلول قاعدي عند الاستمرار بإضافة القاعدة (أصبح فائضًا)، والمحلول القاعدي هو إلكتروليت وهذا يعني أنّ بإمكانه توصيل الكهرباء من جديد.

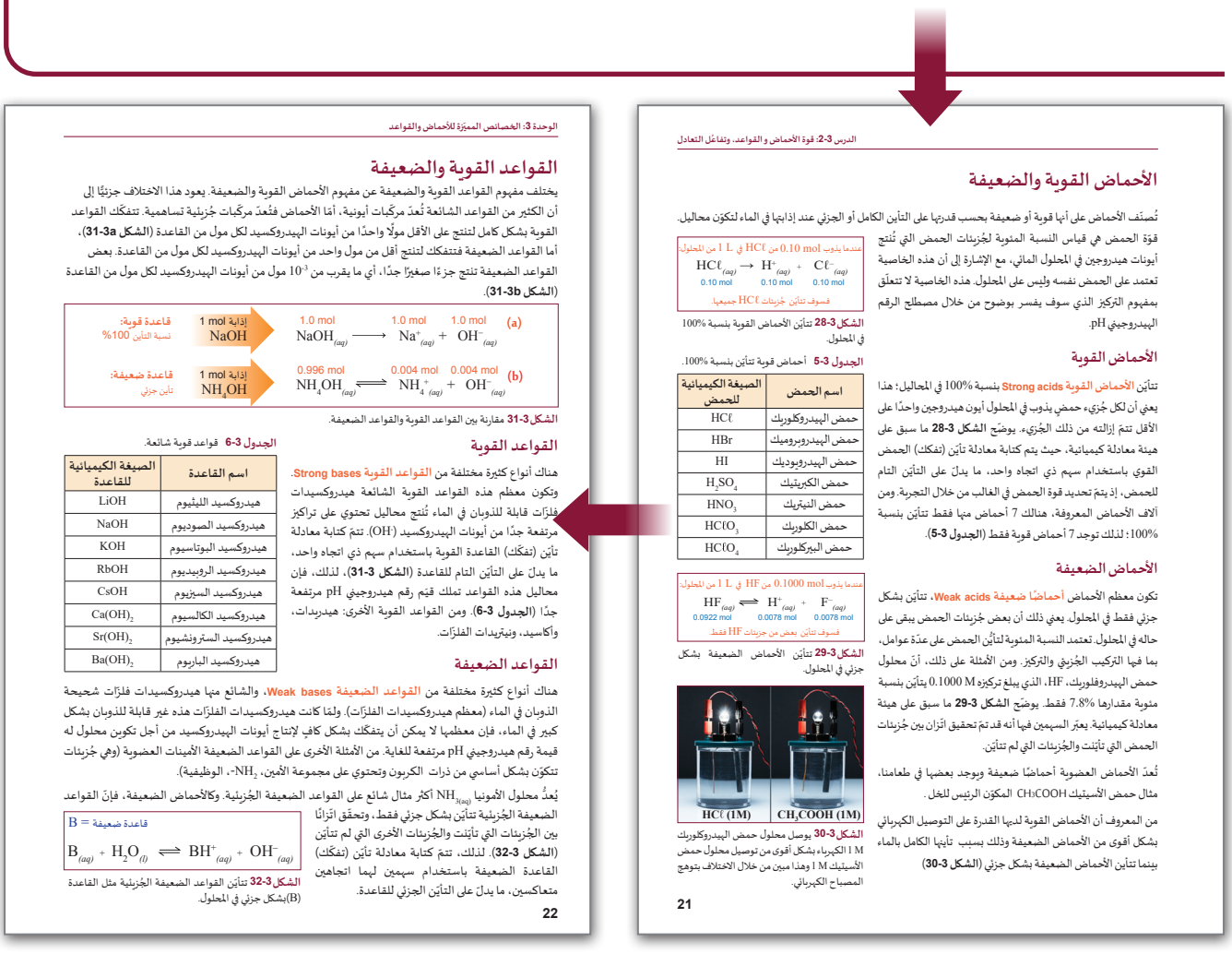
5. هل يمكنك كتابة المعادلة الكيميائيّة الموزونة التي تصف التفاعل الكيميائي الذي حدث؟

   نعم، وهي على النحو الآتي:

$$H_2SO_{4(aq)} + Ba(OH)_{2(aq)} \rightarrow BaSO_{4(s)} + 2\ H_2O_{(l)}$$

الأحماض القويّة والضعيفة؛ والقواعد القويّة والضعيفة

1. سيكون لدى الطلّاب فكرة خاطئة شائعة عندما يتعلّق الأمر بالأحماض والقواعد القويّة والضعيفة. فعندما يُطرح السؤال الآتي في الصفّ: ما الذي يجعل الحمض قويًّا، أو القاعدة قويّة؟ سيجيب معظم الطلّاب بأفكار تتعلّق بالمولاريّة، وعلى الرغم من وجود علاقة بين المولاريّة وقوّة الحمض، إلّا أنّها ليست الكيفيّة التي يتمّ بها تعريف الأحماض والقواعد القويّة.
2. الحمض القويّ هو الحمض الذي يتأيّن بشكل كامل في المحلول، أمّا الحمض الضعيف فهو الذي يتأيّن بشكل جزئيّ في المحلول.
3. وبشكل مماثل، القاعدة القويّة هي القاعدة التي تتأيّن بشكل كامل في المحلول، أمّا القاعدة الضعيفة فهي التي تتأيّن بشكل جزئيّ في المحلول.
4. يُجري المعلّم تجربة بسيطة أمام الطلّاب لمقارنة التوصيل الكهربائي لحمض قويّ وحمض ضعيف (كما في **الشكل 3-30**).
5. يطلب المعلّم إلى الطلّاب التدرّب على كتابة معادلات تأين لأحماض وقواعد قويّة وضعيفة.



الدرس 3-2: قوة الأحماض و القواعد، وتفاعُل التعادل

الأحماض القوية والضعيفة

تُصنّف الأحماض على أنها قوية أو ضعيفة بحسب قدرتها على التأين الكامل أو الجزئي عند إذابتها في الماء لتكوين محاليل.

قوّة الحمض هي قياس النسبة المئوية لجُزيئات الحمض التي تُنتج أيونات هيدروجين في المحلول المائي، مع الإشارة إلى أن هذه الخاصية تعتمد على الحمض نفسه وليس على المحلول. هذه الخاصية لا تتعلّق بمفهوم التركيز الذي سوف يفسر بوضوح من خلال مصطلح الرقم الهيدروجيني pH.

الأحماض القوية

تتأيّن الأحماض القوية Strong acids بنسبة 100% في المحاليل؛ هذا يعني أن لكل جُزيء حمضي يذوب في المحلول أيون هيدروجين واحدًا على الأقل تمّ إزالته من ذلك الجُزيء. يوضّح **الشكل 3-28** ما سبق على هيئة معادلة كيميائية، حيث يتم كتابة معادلة تأين (تفكك) الحمض القوي باستخدام سهم ذي اتجاه واحد، ما يدلّ على التأيّن التام للحمض، إذ يتمّ تحديد قوة الحمض في الغالب من خلال التجربة. ومن آلاف الأحماض المعروفة، هنالك 7 أحماض منها فقط تتأيّن بنسبة 100%؛ لذلك توجد 7 أحماض قوية فقط (**الجدول 3-5**).

الأحماض الضعيفة

تكون معظم الأحماض أحماضًا ضعيفة Weak acids، تتأيّن بشكل جزئي فقط في المحلول. يعني ذلك أن بعض جُزيئات الحمض يبقى على حاله في المحلول. تعتمد النسبة المئوية لتأيُّن الحمض على عدّة عوامل، بما فيها التركيب الجُزيئي والتركيز. ومن الأمثلة على ذلك، أنّ محلول حمض الهيدروفلوريك، HF، الذي يبلغ تركيزه 0.1000 M يتأيّن بنسبة مئوية مقدارها 7.8% فقط. يوضّح **الشكل 3-29** ما سبق على هيئة معادلة كيميائية. يعبّر السهمين فيها أنه قد تمّ تحقيق اتّزان بين جُزيئات الحمض التي تأيّنت والجُزيئات التي لم تتأيّن.

تُعدّ الأحماض العضوية أحماضًا ضعيفة ويوجد بعضها في طعامنا، مثال حمض الأسيتيك CH_3COOH المكوّن الرئيس للخل.

من المعروف أن الأحماض القوية لديها القدرة على التوصيل الكهربائي بشكل أقوى من الأحماض الضعيفة وذلك بسبب تأيّنها الكامل بالماء بينما تتأيّن الأحماض الضعيفة بشكل جزئي (**الشكل 3-30**)

عندما يذوب 0.10 mol من HCℓ في 1 L من المحلول

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

0.10 mol 0.10 mol 0.10 mol

فسوف تتأيّن جُزيئات HCℓ جميعها

الشكل 3-28 تتأيّن الأحماض القوية بنسبة 100% في المحلول.

الجدول 3-5 أحماض قوية تتأيّن بنسبة 100%.

اسم الحمض	الصيغة الكيميائية للحمض
حمض الهيدروكلوريك	HCℓ
حمض الهيدروبروميك	HBr
حمض الهيدروبوديك	HI
حمض الكبريتيك	H_2SO_4
حمض النيتريك	HNO_3
حمض الكلوريك	$HCℓO_3$
حمض البيركلوريك	$HCℓO_4$

عندما يذوب 0.1000 mol من HF في 1 L من المحلول

$HF_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$

0.0922 mol 0.0078 mol 0.0078 mol

فسوف تتأيّن بعض من جزيئات HF فقط

الشكل 3-29 تتأيّن الأحماض الضعيفة بشكل جزئي في المحلول.

الشكل 3-30 يوصل محلول حمض الهيدروكلوريك 1 M الكهرباء بشكل أقوى من توصيل محلول حمض الأسيتيك 1 M وهذا مبين من خلال الاختلاف بتوهج المصباح الكهربائي.

القواعد القوية والضعيفة

يختلف مفهوم القواعد القوية والضعيفة عن مفهوم الأحماض القوية والضعيفة. يعود هذا الاختلاف جزئيًا إلى أن الكثير من القواعد الشائعة تُعدّ مركّبات أيونية، أمّا الأحماض فتُعدّ مركّبات جُزيئية تساهمية. تتفكّك القواعد القوية بشكل كامل لتنتج على الأقل مولًا واحدًا من أيونات الهيدروكسيد لكل مول من القاعدة (**الشكل 3a-31**)، أما القواعد الضعيفة فتتفكك لتنتج أقل من مول واحد من أيونات الهيدروكسيد لكل مول من القاعدة. بعض القواعد الضعيفة تنتج جزءًا صغيرًا جدًا، أي ما يقرب من 10^{-3} مول من أيونات الهيدروكسيد لكل مول من القاعدة (**الشكل 3b-31**).

الشكل 3-31 مقارنة بين القواعد القوية والقواعد الضعيفة.

القواعد القوية

هناك أنواع كثيرة مختلفة من القواعد القوية Strong bases. وتكون معظم هذه القواعد القوية الشائعة هيدروكسيدات فلزّات قابلة للذوبان في الماء تُنتج محاليل تحتوي على تراكيز مرتفعة جدًا من أيونات الهيدروكسيد (OH^-). تتمّ كتابة معادلة تأيّن (تفكّك) القاعدة القوية باستخدام سهم ذي اتجاه واحد، ما يدلّ على التأيّن التام للقاعدة (**الشكل 3-31**)، لذلك، فإن محاليل هذه القواعد تملك قيَم رقم هيدروجيني pH مرتفعة جدًا (**الجدول 6-3**). ومن القواعد القوية الأخرى: هيدريدات، وأكاسيد، ونيتريدات الفلزّات.

الجدول 6-3 قواعد قوية شائعة.

اسم القاعدة	الصيغة الكيميائية للقاعدة
هيدروكسيد الليثيوم	LiOH
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH
هيدروكسيد الروبيديوم	RbOH
هيدروكسيد السيزيوم	CsOH
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$
هيدروكسيد السترونشيوم	$Sr(OH)_2$
هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$

القواعد الضعيفة

هناك أنواع كثيرة مختلفة من القواعد الضعيفة Weak bases، والشائع منها هيدروكسيدات فلزّات شحيحة الذوبان في الماء (معظم هيدروكسيدات الفلزّات). ولمّا كانت هيدروكسيدات الفلزّات هذه غير قابلة للذوبان بشكل كبير في الماء، فإن معظمها لا يمكن أن يتفكّك بشكل كافٍ لإنتاج أيونات الهيدروكسيد من أجل تكوين محلول له قيمة رقم هيدروجيني pH مرتفعة للغاية. من الأمثلة الأخرى على القواعد الضعيفة الأمينات العضوية (وهي جُزيئات تتكوّن بشكل أساسي من ذرات الكربون وتحتوي على مجموعة الأمين، $-NH_2$، الوظيفية).

يُعدُّ محلول الأمونيا $NH_{3(aq)}$ أكثر مثال شائع على القواعد الضعيفة الجُزيئية. وكالأحماض الضعيفة، فإنّ القواعد الضعيفة الجُزيئية تتأيّن بشكل جزئي فقط، وتحقّق اتّزانًا بين الجُزيئات التي تأيّنت والجُزيئات الأخرى التي لم تتأيّن (**الشكل 3-32**). لذلك، تتمّ كتابة معادلة تأيّن (تفكّك) القاعدة الضعيفة باستخدام سهمين لهما اتجاهين متعاكسين، ما يدلّ على التأيّن الجزئي للقاعدة.

قاعدة ضعيفة = B

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

الشكل 3-32 تتأيّن القواعد الضعيفة الجُزيئية مثل القاعدة (B)بشكل جزئي في المحلول.

مفهوم الرقم الهيدروجيني pH

1. الرقم الهيدروجيني pH هو علاقة رياضيّة ترتبط بقيمة تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول الذي يُعبَّر عنه بالمولاريّة، وتخبرنا المولاريّة عن نسبة عدد مولات الحمض أو القاعدة إلى حجم المحلول، لهذا السبب يُعبَّر عنها بوحدة mol/L.
2. لمعرفة مدى تركيز أيونات الهيدروجين في محلول ما، نستخدم مقياس الرقم الهيدروجيني pH. ويشير الرقم الهيدروجيني pH إلى قوّة الحمض أو القاعدة، حيث يخبرنا مقياس الرقم الهيدروجيني pH عن عدد (تركيز) أيونات H^+ الموجودة في المحلول.
3. عندما يزداد عدد (تركيز) أيونات الهيدروجين في المحلول، تقلّ قيمة الرقم الهيدروجيني pH، أي إنّ انخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول يعني أنّه حمضي.
4. عندما تكون قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول أكبر من 7، فهذا يعني أنّه قاعدي.
5. قيمة الرقم الهيدروجيني pH للماء النقي عند درجة حرارة الغرفة 25°C تساوي 7، ويمكن للمعلّم أن يسمح للطلّاب بوضع بضع نقاط من الماء على ورقة كاشف عام. هل هو متعادل؟
6. يمكن أن تكون هذه نقطة مناقشة جيّدة للطلّاب، فالماء ليس متعادلًا دائمًا وذلك بسبب الأيونات المعدنيّة الذائبة فيه. ويمكن أن يقارن الطلّاب أيضًا قيمة الرقم الهيدروجيني pH لكلّ من المياه المعبّأة والمياه المقطّرة.
7. بعد ذلك، يمكن أن يسأل المعلّم الطلّاب أيّ ماء كان حمضيًّا بشكل ضئيل؟ وأيّ ماء كان قاعديًّا بشكل ضئيل؟

الدرس 3-2: قوة الأحماض و القواعد. وتفاعُل التعادل

مفهوم الرقم الهيدروجيني pH

تذكّر أن تركيز المحاليل في الكيمياء، بما فيها الأحماض والقواعد يُعبّر عنه في الغالب بالمولارية، وهي نسبة عدد مولات الحمض إلى حجم المحلول بوحدة اللتر (mol/L). أما مفهوم الرقم الهيدروجيني pH فهو تعبير عن درجة الحموضة في المحاليل ، والمرتبطة بقيمة تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول H^+ (أو H_3O^+) إذ يرتبط الرقم الهيدروجيني (pH) بمعادلة رياضية مع تركيز أيون الهيدروجين في المحلول. فكلما تغيّرت قيمة (pH) وحدة كاملة، تتغيّر مولارية أيونات الهيدروجين بمعدل عشر مرات.

الجدول 3-7 العلاقة بين $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ وقيمة pH في المحاليل المتعادلة والحمضية والقاعدية.

المحلول	العلاقة بين $[H_3O^+]$و $[OH^-]$	قيمة pH
حمضيّ	$[OH^-] < [H_3O^+]$	أقل من 7
متعادل	$[OH^-] = [H_3O^+]$	تساوي 7
قاعديّ	$[OH^-] > [H_3O^+]$	أكبر من 7

الماءُ النقي مركب متعادل؛ لأنه يتفكك حسب المعادلة الكيميائية الآتية:

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

وتُشيرُ النتائجُ التجريبيةُ إلى أن تركيزَ أيونات H_3O^+ مساويًا لتركيز أيونات OH^-، عند درجة حرارة 25°C، وتكونُ قيمةُ pH له تساوي 7. وتكون قيمةُ pHللمحاليل الحمضية أقل من 7، بينما تكونُ قيمةُ pH للمحاليل القاعدية أكبر من 7. كما هو موضح في الجدول 3-7.

الشكل 3-33 يقيس مقياس الرقم الهيدروجيني قيمة pH لمحلول بدقة كبيرة.

أسهل طريقة لقياس الرقم الهيدروجيني لمحلول هو استخدام مقياس الرقم الهيدروجيني pH meter المبين بالشكل 3-33 يعمل مقياس الرقم الهيدروجيني من خلال مستشعر يستخدم الطاقة الكهربائية لقياس تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) في المحلول.

الشكل 3-34 أشرطة ورقية للدليل العام.

الطريقة الثانية العامة التي تُستخدَم لقياس (pH) هي استخدام الأدلة. ويُعدّ أفضل مثال على ذلك الدليل العام الذي يصنع بمزج أدلة مختلفة ومتعددة. ممكن أن يُستخدم كمحلول، أو على شكل أشرطة اختبار ورقية غُمرت في محلول دليل عام وتسمى ورقة pH (الشكل 3-34). لهذه الورقة القدرة على اكتساب أيّ لون من ألوان الطيف المرئي، وهي تزودنا بطريقة دقيقة الى حد مقبول للتمييز بين قيم pH للمحاليل المختلفة إذ تعطي ألواناً متعدّدة عندما تتغيّر قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول (الشكل 3-35).

الشكل 3-35 يظهر الشكل ألوان ورقة pH عند قيم مختلفة لـ pH بالإضافة الى قيم pH لبعض المواد الشائعة الاستخدام في الحياة اليومية.

23

8. عندما نقول إنّ الماء المتعادل يمتلك قيمة رقم هيدروجيني pH تساوي 7، فإنّ هذا لا يعني عدم وجود أيونات H^+، إنّما يعني أنّ قيمة تركيز أيونات H^+ تساوي 10^{-7} mol/L.
9. يمكن أن يختبر الطلّاب قيمة الرقم الهيدروجيني pH لأحماض وقواعد مختلفة صالحة للأكل، مثل عصير الليمون، وعصير الليمون الأخضر، والخلّ، ومحلول مضادّ الحموضة. استخدِمْ **الشكل 3-35** ليتعرّف الطلّاب إلى الرقم الهيدروجيني للعديد من الموادّ شائعة الاستخدام.
10. يجب أن يستنتج الطلّاب أنّ معظم الأحماض والقواعد الصالحة للأكل هي من الأحماض والقواعد الضعيفة.

نشاط 3-2 a تحديد حمضيّة المحاليل عن طريق قياس الرقم الهيدروجيني pH

الإجابات/ عيّنة بيانات

سؤال الاستقصاء:	كيف يمكن تحديد حمضيّة محلول ما عن طريق قياس رقمه الهيدروجيني pH باستخدام مجموعة متنوّعة من الطرائق؟
المواد المطلوبة:	10 محاليل حمضيّة، ومتعادلة، وقاعديّة غير معلومة موضوعة في عبوات لها قطّارات تحمل العناوين من 1 إلى 10، مقياس الرقم الهيدروجيني pH، أوراق دليل عامّ، محلول فينولفثالين، أوراق تبّاع الشمس حمراء وزرقاء، لوح تجويفات، كأس زجاجيّة سعتها 30 mL، نظّارات واقية.
إجراءات الأمن والسلامة:	ارتَدِ القفّازات والنظّارات الواقية. تعامَل بحذر مع الأحماض واتّبِع التعليمات.

تمّ تصميم هذا النشاط لإتاحة الفرصة للطلّاب لاستخدام طرائق مختلفة لتحديد الأحماض والقواعد، وبعد ذلك يمكنهم مناقشة أيّ الطرائق التي تمّ استخدامها هي فقط جيّدة لتحديد نوع المحلول، وأيّ الطرائق التي زوّدتنا بمعلومات حول تركيز أيونات (H^+).

لتنفيذ هذا النشاط، يمكن أن يحضّر المعلّم 10 عبوات مرقّمة من 1 إلى 10 تحتوي على محاليل مختلفة، وإليك مقترحات لهذه المحاليل:

العبوة 1: خلّ

العبوة 2: ماء صنبور

العبوة 3: ماء مقطّر

العبوة 4: قهوة

العبوة 5: محلول مضادّ حموضة

العبوة 6: صودا خبيز مذابة في ماء

العبوة 7: عصير ليمون

العبوة 8: صابون مذاب في ماء

العبوة 9: مشروب غازي

العبوة 10: مسحوق طباشير مذاب في ماء

ملاحظة: لقد اقترحنا أن تكون المنتجات جميعها منزليّة من أجل السلامة العامّة، ويمكن للمعلّم استخدام الأحماض والقواعد المخبريّة عوضًا من القائمة أعلاه.

الوحدة 3: الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد

نشاط 3-2 a تحديد حمضية المحاليل عن طريق قياس الرقم الهيدروجيني pH

سؤال الاستقصاء	كيف يمكن تحديد حمضية محلول ما عن طريق قياس قيمة رقمه الهيدروجيني pH باستخدام مجموعة متنوّعة من الطرائق؟
المواد المطلوبة	10 محاليل حمضية، ومتعادلة، وقاعدية غير معلومة موضوعة في عبوات لها قطّارات تحمل العناوين من 1 إلى 10، مقياس الرقم الهيدروجيني pH، أوراق دليل عام، محلول فينولفثالين، أوراق تبّاع شمس حمراء وزرقاء، لوح تجويفات، كأس زجاجية سعتها 30 mL، نظّارة واقية.
إجراءات الأمن والسلامة	ارتدِ القفّازات والنظّارات الواقية . تعامل بحذر مع الأحماض واتبع التعليمات .

تعليمات (اعمل ضمن مجموعة ثنائية):

- مقياس الرقم الهيدروجيني pH: ضع 10 mL من المحلول المراد اختباره في الكأس الزجاجية ذات السعة 30 mL، ثم قِس قيمة الرقم الهيدروجيني pH وسجّلها، ونظّف الكأس بين الاختبارات.
  للتذكير بكيفية إجراء الاختبارات، ضع 10 نقاط من المحلول المراد اختباره في 5 تجويفات موجودة في لوح التجويفات، ونظّفها بين الاختبارات.
- ورقة الكاشف العام: اغمس شريطًا من ورقة الكاشف في أحد التجويفات في لوح التجويفات، ثم طابق بين لون الورقة ومفتاح ورقة الكاشف العام، وسجّل قيمة الرقم الهيدروجيني pH.
- محلول الفينولفثالين: أضفْ نقطة واحدة من هذا المحلول إلى أحد التجويفات في لوح التجويفات، ثم سجّل لون المحلول، سواء كان شفافًا (عديم اللون) أم ورديًا.
- ورقة تبّاع الشمس الحمراء: اغمس شريطًا منها في أحد التجويفات في لوح التجويفات، ثم سجّل لون الورقة سواء كان أحمر أم أزرق.
- ورقة تبّاع الشمس الزرقاء: اغمس شريطًا منها في أحد التجويفات في لوح التجويفات، ثم سجّل لون الورقة سواء كان أحمر أم أزرق.

جدول بيانات	المحاليل									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
مقياس الرقم الهيدروجيني pH										
ورقة الكاشف العام										
محلول الفينولفثالين										
ورقة تبّاع الشمس الحمراء										
ورقة تبّاع الشمس الزرقاء										

الأسئلة

a. معتمدًا على المعلومات التي حصلت عليها، صنّف المحاليل إلى أحماض أو قواعد .

b. معتمدًا على المعلومات التي حصلت عليها، صنّف الأحماض إلى أحماض قوية أو ضعيفة، ثم صنّف القواعد إلى قواعد قوية أو ضعيفة.

c. هل كان بين المحاليل محلول متعادل؟ ما المعلومات التي تدعم استنتاجك؟

24

نشاط 3-2 a تحديد حمضيّة المحاليل عن طريق قياس الرقم الهيدروجيني pH - تابع

الإجابات/ عيّنة بيانات

جدول بيانات

جدول بيانات	المحاليل									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
مقياس الرقم الهيدروجيني pH	3	8	7	5	10	10	2.5	9	3	8
ورقة الكاشف العامّ	3	8	7	5	10	10	2.5	9	3	8
محلول الفينولفثالين	عديم اللّون	وردي	عديم اللّون	عديم اللّون	وردي	وردي	عديم اللّون	وردي	عديم اللّون	وردي
ورقة تبّاع الشمس الحمراء	حمراء	زرقاء	حمراء	حمراء	زرقاء	زرقاء	حمراء	زرقاء	حمراء	زرقاء
ورقة تبّاع الشمس الزرقاء	حمراء	زرقاء	زرقاء	حمراء	زرقاء	زرقاء	حمراء	زرقاء	حمراء	زرقاء

جدول بيانات

a. معتمدًا على المعلومات التي حصلت عليها، صنِّف المحاليل إلى أحماض أو قواعد.

الأحماض: المحاليل 1، و4، و7، و9.

القواعد: المحاليل 2، و5، و6، و8، و10.

b. معتمدًا على المعلومات التي حصلت عليها، صنِّف الأحماض إلى أحماض قويّة أو ضعيفة، ثمّ صنِّف القواعد إلى قواعد قويّة أو ضعيفة.

الأحماض القويّة: جميع المحاليل الحمضيّة في هذا النشاط هي أحماض ضعيفة.

الأحماض الضعيفة: المحاليل 1، و4 و7 و9

القواعد القويّة: جميع المحاليل القاعديّة في هذا النشاط هي قواعد ضعيفة.

القواعد الضعيفة: المحاليل 2 و5 و6 و8 و10

c. هل كان بين المحاليل محلول متعادل؟ ما المعلومات التي تدعم استنتاجك؟

المحلول 3 كان محلولًا متعادلًا طالما أنّه يعطي قيمة رقم هيدروجيني pH تساوي 7 على مقياس الرقم الهيدروجيني pH، وورقة الكاشف العامّ.

تفاعل تعادُل الحمض والقاعدة

1. ماذا يحدث عندما يتفاعل حمض وقاعدة معًا؟ سوف ينتج عن هذا التفاعل ملح وماء، بحيث يتفاعل أيون الهيدروكسيد من القاعدة مع أيون الهيدروجين من الحمض لتكوين الماء، وتكون الموادّ الناتجة متعادلة غالبًا، لهذا يُعرف هذا التفاعل باسم تفاعل التعادل.
2. لإثارة حماس الطلّاب وتشويقهم، يمكن أن يضيف المعلّم عصير الليمون إلى الماء، ثمّ بعض صودا الخبيز لإنتاج الكثير من الفقاعات. ناقش مع الطلّاب أنّ الفقّاعات تشير إلى حدوث تفاعل.
3. كيف يمكننا معرفة ما إذا كان التفاعل مكتملًا أم لا، وأنّ المحلول الذي تمّ الحصول عليه متعادل؟ يمكننا استخدام دليل (كاشف).

يستكشف: تتكوّن بعض الأملاح عن طريق تفاعلات التعادل التي تحدث بين أحماض قوية وقواعد ضعيفة أو بين قواعد قوية وأحماض ضعيفة، لإنتاج محاليل حمضيّة أو قاعديّة بشكل طفيف. لذلك، فإنّ قيمة الرقم الهيدروجيني للمحلول لن تساوي 7 عند نقطة التعادل الدقيقة. ناقش مع زميلك ما يمكن أن تتوقّعه لقيمة الرقم الهيدروجيني pH لمحلول تمّت معادلته بشكل دقيق للتّفاعلات الآتية: (1) حمض قويّ + قاعدة قويّة، (2) حمض ضعيف + قاعدة قويّة، (3) حمض قوي + قاعدة ضعيفة، ثمّ ناقش مع زملائك في الصفّ النتائج التي توصّلت إليها.

إجابات محتملة:

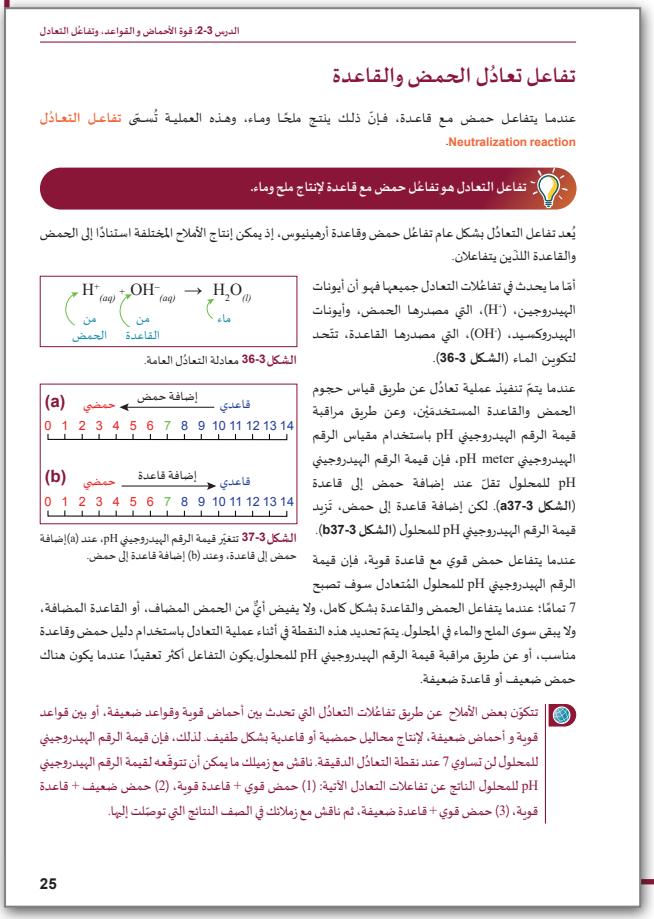
(1) متعادل والرقم الهيدروجيني = 7

(2) قاعدي بشكل ضئيل والرقم الهيدروجيني أكبر من 7

(3) حمضي بشكل ضئيل والرقم الهيدروجيني أقلّ من 7

أضِفْ معلومات عن تفاعل تعادل بين حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة.

سيكون المحلول حمضيًّا بشكل ضئيل إذا كان الحمض الضعيف أقوى من القاعدة الضعيفة، وسيكون المحلول قاعديًّا بشكل ضئيل إذا كانت القاعدة الضعيفة أقوى من الحمض الضعيف، وسيكون المحلول متعادلًا إذا كان للحمض الضعيف والقاعدة الضعيفة القوّة نفسها.



الدرس 3-2: قوة الأحماض والقواعد، وتفاعُل التعادل

تفاعل تعادُل الحمض والقاعدة

عندما يتفاعل حمض مع قاعدة، فإنّ ذلك ينتج ملحًا وماء، وهذه العملية تُسمّى تفاعل التعادُل Neutralization reaction.

تفاعل التعادل هو تفاعُل حمض مع قاعدة لإنتاج ملح وماء.

يُعد تفاعل التعادُل بشكل عام تفاعُل حمض وقاعدة أرهينيوس، إذ يمكن إنتاج الأملاح المختلفة استنادًا إلى الحمض والقاعدة اللذين يتفاعلان.

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

من الحمض — من القاعدة — ماء

الشكل 3-36 معادلة التعادُل العامة.

أمّا ما يحدث في تفاعُلات التعادل جميعها فهو أن أيونات الهيدروجين، (H^+)، التي مصدرها الحمض، وأيونات الهيدروكسيد، (OH^-)، التي مصدرها القاعدة، تتّحد لتكوين الماء (الشكل 3-36).

عندما يتمّ تنفيذ عملية تعادُل عن طريق قياس حجوم الحمض والقاعدة المستخدمَيْن، وعن طريق مراقبة قيمة الرقم الهيدروجيني pH باستخدام مقياس الرقم الهيدروجيني pH meter، فإن قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول تقلّ عند إضافة حمض إلى قاعدة (الشكل 3-37a). لكن إضافة قاعدة إلى حمض، تزيد قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول (الشكل 3-37b).

(a) إضافة حمض: قاعدي ← حمضي
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

(b) إضافة قاعدة: قاعدي → حمضي
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

الشكل 3-37 تتغيّر قيمة الرقم الهيدروجيني pH، عند (a) إضافة حمض إلى قاعدة، وعند (b) إضافة قاعدة إلى حمض.

عندما يتفاعل حمض قوي مع قاعدة قوية، فإن قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول المُتعادل سوف تصبح 7 تمامًا؛ عندما يتفاعل الحمض والقاعدة بشكل كامل، ولا يفيض أيٌّ من الحمض المضاف، أو القاعدة المضافة، ولا يبقى سوى الملح والماء في المحلول. يتمّ تحديد هذه النقطة في أثناء عملية التعادل باستخدام دليل حمض وقاعدة مناسب، أو عن طريق مراقبة قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول.يكون التفاعل أكثر تعقيدًا عندما يكون هناك حمض ضعيف أو قاعدة ضعيفة.

تتكوّن بعض الأملاح عن طريق تفاعُلات التعادُل التي تحدث بين أحماض قوية وقواعد ضعيفة، أو بين قواعد قوية و أحماض ضعيفة، لإنتاج محاليل حمضية أو قاعدية بشكل طفيف. لذلك، فإن قيمة الرقم الهيدروجيني للمحلول لن تساوي 7 عند نقطة التعادُل الدقيقة. ناقش مع زميلك ما يمكن أن تتوقعه لقيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول الناتج عن تفاعلات التعادل الآتية: (1) حمض قوي + قاعدة قوية، (2) حمض ضعيف + قاعدة قوية، (3) حمض قوي + قاعدة ضعيفة، ثم ناقش مع زملائك في الصف النتائج التي توصّلت إليها.

25

الخطوات العمليّة لتفاعلات تعادل الحمض والقاعدة

1. ناقِشْ مع الطلّاب أنّ العرض العملي الذي تمّ تنفيذه عن طريق خلط عصير الليمون وصودا الخبيز معًا لم يكُنْ طريقة دقيقة للحصول على محلول متعادل؛ والسبب في ذلك هو أنّه لم يتمّ قياس قيمة الرقم الهيدروجيني pH لأيّ من الموادّ المتفاعلة بشكل صحيح.
2. للحصول على محلول متعادل، يجب علينا الاستمرار بإضافة أحد المحاليل، ثمّ التحقّق من قيمة الرقم الهيدروجيني pH.
3. وللحصول على نتائج أكثر دقّة، يجب علينا تنفيذ عمليّة معايرة لتفاعل التعادل.
4. في عمليّة المعايرة، نضع حمضًا في دورق مخروطي ونضيف إليه بضع نقاط من دليل (كاشف) ما.
5. بعد ذلك، نملأ السحّاحة بقاعدة، ونثبّتها بالحامل المعدني بواسطة ملقط.
6. بعد ذلك يُستخدم صمّام التحكّم السفلي بالسحّاحة لإضافة القاعدة إلى الدورق المخروطي ببطء مع رجّ الدورق المخروطي بشكل دائري لملاحظة التغيّر في لون المحلول، وبمجرّد أن يتغيّر لون المحلول فإنّ تفاعل التعادل يكون قد اكتمل.
7. اطلُبْ من الطلّاب التدرّب على مفهوم التعادل من خلال حلّ الأمثلة 4 و5 و6 و7.

الوحدة 3: الخصائص المميّزة للأحماض والقواعد

الخطوات العملية لتفاعُلات تعادُل الحمض والقاعدة

عند استخدام دليل في تفاعل تعادُل، يتم الوصول إلى نقطة نهاية التفاعل فور ملاحظة تغيُّر في لون الدليل المضاف. يوضّح **الشكل 3-38** هذا النوع من التقنيات حيث تمّ إضافة قاعدة إلى حمض. إليك ما يحدث عند كل خطوة:

1. يُضاف حجم محدد لحمض إلى دورق مخروطي أو كأس زجاجية.
2. تُضاف قطرات من دليل مناسب.
3. يوضع الدورق المخروطي أو الكأس الزجاجية التي تحتوي على الحمض والدليل تحت سحاحة تحتوي على قاعدة. والسحّاحة أداة تُستخدم لقياس حجم السائل المضاف بشكل دقيق.
4. تُضاف القاعدة ببطء إلى محلول الحمض والدليل.
5. عند إضافة كمّية كافية من القاعدة لإحداث تغيُّر في لون الدليل، يكون قد تم الوصول إلى نقطة النهاية لعملية التعادل (نقطة نهاية التفاعل).
6. يمكن رسم منحنى يمثل تغيّر قيم pH عند إضافة القاعدة إلى الحمض وتحديد نقطة التعادل على المنحنى.

الشكل 3-38 خطوات عملية التعادل بين حمض وقاعدة باستخدام دليل الفينولفثالين لتحديد نقطة نهاية التفاعل.

مثال 4

وضع طالب 25 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ في دورق مخروطي وأضاف إليه بعض قطرات من دليل مناسب وسجّل ملاحظته أن المحلول عديم اللون. ثم أضاف محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH ببطء إلى الدورق إلى أن ظهر لون وردي للمحلول مما يدل على انتهاء التفاعل. وقام برصد قيم pH ورسم العلاقة بينها وبين حجوم NaOH المضافة فحصل على المنحنى المبين في الشكل المجاور.

a. اكتب المعادلة الكيميائية التي تصف التفاعل الحادث.
b. ما قيمة pH عند النقطة Y؟
c. حدد نوع المحلول عند كل من X و Y و Z حمضي أم قاعدي أم متعادل؟
d. اذكر اسم الدليل الذي استخدمه الطالب لتحديد نقطة نهاية التفاعل.

الحل:

a. $HCℓ_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCℓ_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
b. 7
c. عند النقطة X تكون قيمة pH=1 لذلك تمثل هذه النقطة محلول الحمض. أما عند النقطة Y فإنّ قيمة pH=7 تعني أن المحلول متعادل. ثم بزيادة حجم القاعدة المضافة ترتفع قيمة pH حيث يصبح المحلول عند النقطة Z قاعدي.
d. في البداية كان عديم اللون ثم ظهر اللون الوردي وهذا يدل على أن الدليل المستخدم هو الفينولفثالين لأنه تغير من عديم اللون (وسط حمضي) إلى وردي (وسط قاعدي).

مثال 5

أيّة مجموعة من الجدول الدوري صُنّفت هيدروكسيدات فلزّاتها جميعها على أنها قواعد قوية؟

الحل:

- بالرجوع إلى الجدول 3-6، فإنّ **المجموعة I (IA)** التي تحتوي على الليثيوم (Li)، والصوديوم (Na)، والبوتاسيوم (K)، والروبيديوم (Rb)، والسيزيوم (Cs)، والفرانسيوم (Fr)، قد تم تصنيف هيدروكسيدات فلزّاتها جميعها على أنها قواعد قوية.

مثال 6

أضاف طالب في المختبر محلول (X) إلى محلول (Y) . فتغيّرت قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول من 4 إلى 9.

a. كيف يتغيّر تركيز أيونات الهيدروجين مع هذا التغيّر في قيمة الرقم الهيدروجيني؟
b. كيف يتغيّر لون ورقة تبّاع الشمس الحمراء والزرقاء عند استخدامها لتحديد نوع المحلول قبل التغيّر في قيمة pH وبعد التغيّر.
c. صف ما حدث خلال تغيّر قيمة pH.

الحل:

a. ينخفض تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) من 10^{-4} mol/L إلى 10^{-9} mol/L.
b. المحلول ذو قيمة الرقم الهيدروجيني pH = 4 يُعدّ حمضيًا. لذلك، فإن لون ورقة تبّاع الشمس الزرقاء يتحوّل الى اللون الأحمر؛ أما الورقة الحمراء فلا تتغيّر. عندما يصبح الرقم الهيدروجيني pH = 9 يصبح المحلول قاعديًا، وبذلك يتغيّر لون ورقة تبّاع الشمس الحمراء إلى اللون الأزرق، أما ورقة تبّاع الشمس الزرقاء فلا تتغيّر.
c. المحلول الأساسي كان حمضيًا. الإضافة المتكرّرة من محلول قاعدي أدت إلى تفاعل الحمض مع القاعدة ليصبح المحلول متعادلًا. الاستمرار بإضافة القاعدة إلى المحلول المتعادل أدّى إلى ارتفاع في الرقم الهيدروجيني حتى وصلت الى رقم هيدروجيني pH = 9.

مثال 7

ما الأيونات التي تكوّن الملح عندما يتفاعل حمض الهيدرويوديك، HI، مع قاعدة هيدروكسيد الليثيوم، LiOH؟

الحل:

- عندما يتفاعل الحمض مع القاعدة (هيدروكسيد الفلز)، يتكوّن ملح وماء.
- يتكون الماء نتيجة إتحاد أيونات (H^+) من الحمض مع أيونات (OH^-) من القاعدة.
- عندما يفقد حمض HI أيون (H^+)، يترك خلفه **أيونات (I^-)** لتكوين الملح.
- عندما تفقد القاعدة LiOH أيون (OH^-)، تترك خلفها **أيونات (Li^+)** لتكوين الملح.
- الملح المُتكوّن هو يوديد الليثيوم LiI.

نشاط b2-3 تفاعل حمض قويّ مع قاعدة قويّة

الإجابات/ عيّنة بيانات

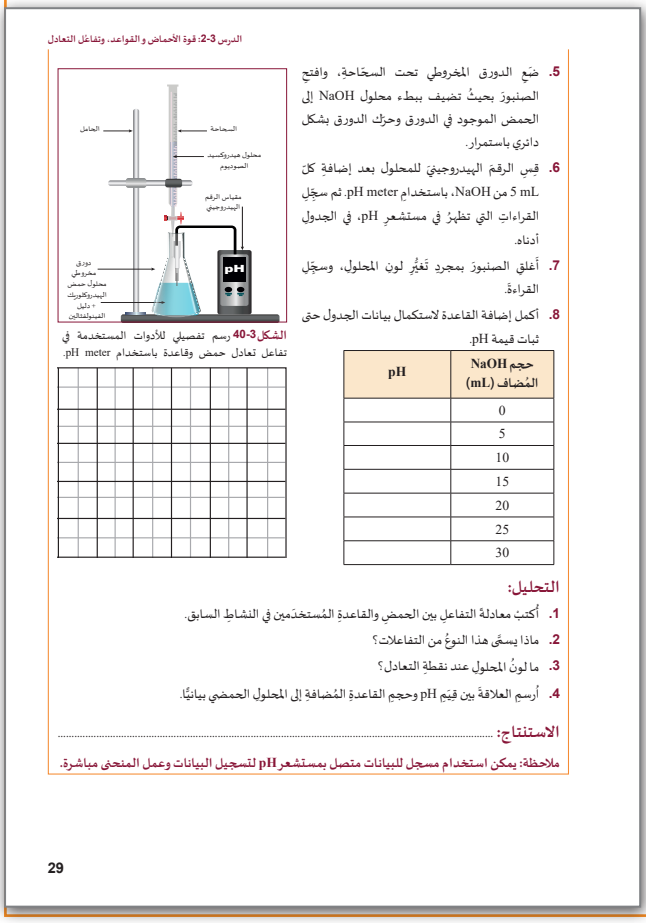
سؤال الاستقصاء:	كيف يمكن قياس الرقم الهيدروجيني للمحلول الناتج من تفاعل حمض قويّ وقاعدة قويّة باستخدام مستشعر pH؟
المواد المطلوبة:	كأس زجاجيّة سعة 250 mL، ماصّة سعة 25 mL، سحّاحة سعة 50 mL، قمع زجاجي، حمض الهيدروكلوريك $HC\ell$ تركيزه (0.1 M)، محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه (0.1 M)، دليل الفينولفثالين، مقياس الرقم الهيدروجيني الرقمي مع مستشعر pH، دورق مخروطي.
إجراءات الأمن والسلامة:	ارتدِ معطف المختبر، والنظّارات الواقية، والقفّازَين، وتعامل مع الأحماض والقواعد بحذر.

تمّ تصميم هذا النشاط لإتاحة الفرصة للطّلّاب لفهم التفاعلات التي تحدث بين الأحماض القويّة والقواعد القويّة.

التحليل

1. اكتُبْ معادلةَ التفاعلِ بين الحمض والقاعدة المستخدمَيْنِ في النشاط السابق.

$$HC\ell_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaC\ell_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$



نشاط b2-3 تفاعلُ حمض قويّ مع قاعدة قوية

سؤال الاستقصاء	كيف يمكن قياس الرقمَ الهيدروجيني للمحلول الناتج من تفاعل حمضٍ قوي وقاعدةٍ قوية باستخدامِ مُستشعرِ pH؟
المواد المطلوبة	كأسٌ زجاجية سعة 250 mL، ماصّةٌ سعة 25 mL، سحّاحةٌ سعة 50 mL، قُمْعٌ زجاجي، حمضُ الهيدروكلوريك $HC\ell$ تركيزُه (0.1 M)، محلولُ هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزُه (0.1 M)، دليل الفينولفثالين، مقياسُ الرقمِ الهيدروجيني الرقمي مع مُستشعرِ pH، دورق مخروطي.
الأمن والسلامة	ارتدِ معطفَ المختبرِ، والنظاراتِ الواقيةَ، والقفازين، وتعاملْ مع الأحماضِ والقواعدِ بحذرٍ.

الخطوات

1. إغسل الأدواتِ الزجاجيةَ المُستخدَمةَ في هذه التجربة جيدًا ثم أشطفها بالماء المقطر عدةَ مرات.
2. إملأ السحّاحةَ بمحلولِ هيدوكسيد الصوديوم، باستخدامِ قُمْعٍ زجاجي، وتأكدْ من ضَبْطِ سطحِ المحلولِ وذلك بفتحِ صمّامِ التحكمِ السفلي للسحّاحة لإنزالِ مستوى المحلولِ حتى العلامةِ المُحدَّدةِ.
3. إسحبْ 25 mL من محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك باستخدامِ الماصّةِ، ثم ضَعْهَا بالكاملِ في الدورقِ المخروطي.
4. أضفْ بضعِ قطراتٍ من دليلِ الفينولفثالين إلى محلولِ الحمضِ في الدورقِ المخروطي.

الشكل 3-39 الاختلاف في لون المحلول عند الإضافة المتكررة للمحلول القاعدي الى المحلول الحمضي بوجود دليل الفينولفثالين.

5. ضَعِ الدورقَ المخروطي تحت السحّاحةِ، وافتحِ الصنبورَ بحيثُ تضيف ببطء محلول NaOH إلى الحمضِ الموجود في الدورقِ وحرّكِ الدورقَ بشكلٍ دائري باستمرار.
6. قِسِ الرقمَ الهيدروجينيَ للمحلول بعد إضافةِ كلّ 5 mL من NaOH، باستخدامِ pH meter. ثم سجّلِ القراءاتِ التي تظهرُ في مستشعرِ pH، في الجدولِ أدناه.
7. أغلقِ الصنبورَ بمجردِ تَغيُّرِ لونِ المحلول، وسجّلِ القراءةَ.
8. أكمل إضافةَ القاعدة لاستكمالِ بيانات الجدول حتى ثبات قيمة pH.

حجم NaOH المُضاف (mL)	pH
0	
5	
10	
15	
20	
25	
30	

الشكل 3-40 رسم تفصيلي للأدوات المستخدمة في تفاعل تعادل حمض وقاعدة باستخدام pH meter.

التحليل:

1. أُكتبْ معادلةَ التفاعلِ بين الحمضِ والقاعدةِ المُستخدَمين في النشاطِ السابق.
2. ماذا يسمّى هذا النوعُ من التفاعلات؟
3. ما لونُ المحلولِ عند نقطةِ التعادل؟
4. أرسِمِ العلاقةَ بين قِيَمِ pH وحجمِ القاعدةِ المُضافةِ إلى المحلولِ الحمضي بيانيًا.

الاستنتاج: .....

ملاحظة: يمكن استخدام مسجل للبيانات متصل بمستشعر pH لتسجيل البيانات وعمل المنحنى مباشرة.

نشاط b2-3 تفاعلُ حمضٍ قويٍّ مع قاعدةٍ قويةٍ - تابع

الإجابات/ عيّنة بيانات

2. ماذا يسمّى هذا النوع من التفاعلات؟

تفاعل التعادل

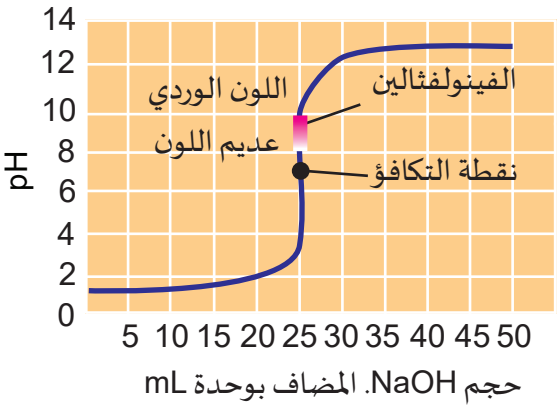
3. ما لون المحلول عند نقطة التعادل؟

ورديّ

جدول بيانات

حجم NaOH المضاف (mL)	pH
0	1
5	1.18
10	1.36
15	1.6
20	2
25	7
30	11.9

4. ارسُمِ العلاقة بين قيم pH وحجم القاعدة المضافة إلى المحلول الحمضي بيانيًّا.



تقويم الدّرس 2-3

الإجابات

1. أيٌّ ممّا يأتي يحدّد قوة الحمض؟
   a. الحجم
   b. المولارية
   c. التركيز
   d. النسبة المئوية للتأيّن

   d. النسبة المئوية للتأيّن

2. أيٌّ ممّا يأتي هو حمض ضعيف؟
   a. HI
   b. HF
   c. HCℓ
   d. HBr

   b. HF

3. أيٌّ من قيم الرقم الهيدروجيني الآتية تعبّر عن المحلول الأكثر قاعدية؟
   a. pH = 6
   b. pH = 7
   c. pH = 8
   d. pH = 9

   d. pH = 9

4. ما نواتج تفاعل التعادُل؟
   a. حمض وملح
   b. حمض وقاعدة
   c. ملح وماء
   d. قاعدة وماء

   c. ملح وماء

5. أيٌّ من العبارات الآتية تصف التغيُّر في قيمة الرقم الهيدروجيني pH عند إضافة قاعدة إلى حمض؟
   a. تبدأ قيمة الرقم الهيدروجيني pH عند قيمة أعلى من 7، ثم تزداد.
   b. تبدأ قيمة الرقم الهيدروجيني pH عند قيمة أقل من 7، ثم تزداد.
   c. تبدأ قيمة الرقم الهيدروجيني pH عند قيمة أعلى من 7، ثم تقلّ.
   d. تبدأ قيمة الرقم الهيدروجيني pH عند قيمة أقل من 7، ثم تقلّ.

   b. تبدأ قيمة الرقم الهيدروجيني pH عند قيمة أقل من 7 ، ثم تزداد.

تقويم الدّرس 3-2

الإجابات

6. أيٌّ ممّا يأتي هو الملح الذي يتكوّن عندما يتفاعل HBr مع NaOH؟

a. NaH

b. HOH

c. NaBr

d. BrOH

c. NaBr

7. حمض النيتريك HNO_3 هو حمض قوي، أما حمض الميثانويك HCOOH فهو حمض ضعيف . اكتب معادلة تأيّن كل منهما في الماء.

معادلة تأيّن حمض النيتريك:

$$HNO_{3(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + NO^-_{3\,(aq)}$$

معادلة تأيّن حمض الميثانويك:

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

8. اكتب معادلة تفاعل التعادل بين حمض الهيدروكلوريك HCℓ وهيدروكسيد البوتاسيوم KOH.

$$HC\ell_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KC\ell_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

إعادة تدريس

1. يمكن أن يرسم الطلّاب عمليّة المعايرة على هيئة ملصق، ويضعوا عنوانًا له.
2. بعد ذلك، يمكن أن يراجع الطلّاب خصائص الأحماض القويّة والضعيفة، والقواعد القويّة والضعيفة، ودور مقياس الرقم الهيدروجيني pH عن طريق صنع بطاقات تعليميّة.
3. يحتوي أحد وجهَي البطاقة التعليميّة على مصطلح تمّت دراسته، مثل الحمض القويّ.
4. ويحتوي الوجه الآخر للبطاقة التعليميّة على تعريف المصطلح وأمثلة عليه. فعلى سبيل المثال: الحمض القوي هو حمض يتفكّك بشكل تامّ وينتج أيونات H^+، ومن الأمثلة عليه هي: HBr، HCℓ، وهكذا.

إثراء

1. لتوسيع فهم الطلّاب، يمكن أن يقدّم لهم المعلّم ورقة رسم بيانيّ وجدول بيانات يحتوي على التغيّر في الرقم الهيدروجيني مقابل حجم محلول القاعدة المضاف إلى حجم ثابت من حمض، بحيث يمكن للطلّاب أن يرسموا كيف تتغيّر قيمة الرقم الهيدروجيني pH لحمض عند إضافة مزيد من القاعدة إليه.
2. سيتمّ تمثيل قيم الرقم الهيدروجيني pH على المحور الصادي للرّسم البياني، وسيتمّ تمثيل قيم حجم القاعدة المضافة على المحور السيني للرّسم البياني.
3. هل يمكننا استخدام هذا الرسم البياني ليخبرنا متى تكتمل عمليّة المعايرة؟

أسئلة اختيار من متعدّد

1. أيٌّ من الخصائص الآتية هي خاصّية للحمض، وليست خاصّية للقاعدة؟
   a. مواد إلكتروليتية.
   b. مواد كاوية.
   c. تُنتج أيونات الهيدروكسيد (OH^-) في المحلول.
   d. تتفاعل مع الفلزّات النشطة كيميائيًا لإنتاج غاز الهيدروجين (H_2).

   d. تتفاعل مع الفلزّات النشطة كيميائيًا لإنتاج غاز الهيدروجين (H_2).

2. ما تأثير الأحماض والقواعد على دليل تبّاع الشمس؟
   a. تُغيّر الأحماض لون دليل تبّاع الشمس إلى الأحمر، وتُغيّر القواعد لونه إلى الأزرق.
   b. تُغيّر الأحماض لون دليل تبّاع الشمس إلى الأزرق، وتُغيّر القواعد لونه إلى الأحمر.
   c. تُغيّر الأحماض لون دليل تبّاع الشمس إلى الوردي، وتجعله القواعد عديم اللون.
   d. تجعل الأحماض دليل تبّاع الشمس عديم اللون، وتُغيّر القواعد لونه إلى الوردي.

   a. تُغيّر الأحماض لون دليل تبّاع الشمس إلى الأحمر، وتُغيّر القواعد لونه إلى الأزرق.

3. ما الذي ينتج عندما تتفاعل أيونات الهيدروجين مع أيونات الهيدروكسيد؟
   a. ملح
   b. ماء
   c. قاعدة
   d. حمض

   b. ماء

4. أيٌّ ممّا يأتي هو حمض أرهينيوس؟
   a. $NH_{3(aq)}$
   b. $HBr_{(aq)}$
   c. $NaC\ell_{(aq)}$
   d. $Ca(OH)_{2(aq)}$

   b. $HBr_{(aq)}$

5. أيٌّ من التعريفات الآتية يُعدّ تعريفًا لقاعدة برونستيد- لوري؟
   a. مانحة للبروتون
   b. مُستقبِلة للبروتون
   c. مانحة للإلكترون
   d. مُستقبِلة للإلكترون

   b. مُستقبِلة للبروتون

6. أيٌّ ممّا يأتي يمثل حمض برونستيد- لوري وقاعدته المرافقة في المعادلة الآتية؟

$$C_2O_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(aq)} \longrightarrow HC_2O_4^{-}{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

a. $C_2O_4^{2-}/OH^-$
b. H_2O/OH^-
c. $HC_2O_4^-/C_2O_4^{2-}$
d. $HC_2O_4^-/OH^-$

b. H_2O/OH^-

7. أيٌّ ممّا يأتي يتمّ تحديده عن طريق النسبة المئوية لتأيُّن الحمض؟

a. الرقم الهيدروجيني pH
b. الكتلة
c. قوة الحمض
d. التركيز

c. قوة الحمض

8. أيٌّ ممّا يأتي يُعدّ الحمض الأقوى؟

a. HNO_2
b. HNO_3
c. H_3PO_4
d. CH_3COOH

b. HNO_3

9. أيٌّ ممّا يأتي يُعدّ حمضًا ضعيفًا؟

a. HCN
b. RbOH
c. $Sr(OH)_2$
d. CH_3NH_2

a. HCN

10. أيٌّ من التغيُّرات الآتية في الرقم الهيدروجيني pH يُظهر أن المحلول يتّجه من قاعديّ ضعيف إلى قاعديّ قوي؟
   a. 8 إلى 1
   b. 1 إلى 7
   c. 9 إلى 5
   d. 8 إلى 14
   d. **8 إلى 14**

11. أيٌّ ممّا يأتي يصف المُركّب $AgC\ell$ بالشكل الأفضل؟
   a. ملح
   b. قاعدة ضعيفة
   c. حمض قوي
   d. قاعدة قوية
   a. **ملح**

12. ما الرقم الهيدروجيني لمحلول يمكن أن يغيّر لون دليل الفينولفثالين إلى اللون الوردي؟
   a. pH=2
   b. pH=6
   c. pH=7
   d. pH=9
   d. **pH=9**

الدّرس 3-1: خصائص ونظريات الأحماض والقواعد

13. عرّف مصطلح "الكاوية".
كاوية تعني مادّة قادرة على التسبُّب في حروق كيميائيّة للأنسجة الحيّة.

14. ما الغاز الذي ينتج عندما تتفاعل الأحماض مع مركبات الكربونات، ومركبات الكربونات الهيدروجينية؟
الغاز الذي ينتج هو غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

15. ما الخاصّية لكل من الأحماض والقواعد التي تشير إلى قدرة محاليلها المائية على توصيل الكهرباء؟
الأحماض والقواعد موادّ إلكتروليتيّة أي تحتوي على أيونات حرّة الحركة في محاليلها.

16. كيف يكون مذاق محاليل الأحماض المخفّفة الموجودة في بعض الأطعمة؟
يكون مذاقها حمضيًّا لاذعًا.

17. اكمل المعادلة الكيميائية غير الموزونة الآتية:

$$Fe_{(s)} + HC\ell_{(aq)} \longrightarrow FeC\ell_{3(aq)} + ____$$

$(H_{2(g)})$

18. غُمِسَت ورقة تبّاع شمس زرقاء اللون في محلول، وبقي لونها أزرق كما هو. ما نوع المحلول الذي تمّ اختباره؟

يكون نوع المحلول الذي تمّ اختباره بهذه الطريقة إمّا قاعديًّا، أو متعادلًا.

19. في الجدول الآتي ، تُمثل الرموز A,B,C,D محاليل افتراضية وقيمة pH لكل محلول. استخدم الجدول للإجابة عن الأسئلة الآتية:

المحلول	A	B	C	D
pH	3	6	7	10

a. أي المحاليل يمتلك أعلى تركيز لأيونات الهيدروجين؟

المحلول A

b. أي المحاليل سيغيّر لون ورقة تباع الشمس الحمراء الى اللون الأزرق؟

المحلول D

c. أي المحاليل السابقة هو محلول متعادل؟

المحلول C

d. هل يغيّر المحلول B لون دليل الفينولفثالين ؟

لا، لأنّه حمضي.

20. وضّحْ، من حيث الأيونات الناتجة، السبب الذي يجعل ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء $(CO_2)_{(aq)}$ حمضًا.

عند إذابة غازثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الماء ينتج حمض الكربونيك الذي بدوره يتأيّن لينتج أيونات H^+ التي تعطي الطابع الحمضي للمحلول.

21. لماذا لا يمكن أن يكون أيون النيترات، NO_3^-، حمض برونستيد- لوري؟

لا يمكن أن يكون أيون النيترات (NO_3^-) حمض برونستيد-لوري لأنّه لا يحتوي على أيّ من أيونات الهيدروجين.

22. ما الصيغة الكيميائية للحمض المرافق الموجودة في التفاعُل المُعطى في المعادلة الكيميائية الآتية:

$$C_6H_5OH_{(l)} + NH_2^-{}_{(aq)} \longrightarrow C_6H_5O^-{}_{(aq)} + NH_{3(g)}$$

أزواج الحمض والقاعدة المر افقة الواردة في هذا التفاعل هي:

$C_6H_5OH/C_6H_5O^-$

و NH_2^-/NH_3

وبالتالي فإنّ NH_3 هو الحمض المر افق الناتج.

23. ما الصيغة الكيميائية للقاعدة المرافقة الموجودة في التفاعُل المُعطى في المعادلة الكيميائية الآتية:

$$HI_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+{}_{(aq)} + I^-{}_{(aq)}$$

أزواج الحمض والقاعدة المر افقة الواردة في هذا التفاعل هي:

H_2O/H_3O^+

و HI/I^-

وبالتالي فإنّ I^- هو القاعدة المر افقة الناتجة .

24. يُعد أيون، (HS^-) مادة أمفوتيرية، أي يتفاعل كحمض برونستيد-لوري أو كقاعدة برونستيد-لوري وفقًا للمادة التي يتفاعل معها. اكتب الصيغة الكيميائية التي سيكون عليها أيون (HS^-) عندما يسلك سلوك (a) حمض برونستيد- لوري، و(b) قاعدة برونستيد - لوري.

(a) عندما يسلك أيون (HS^-) سلوك حمض برونستيد-لوري، يفقد أيون هيدروجين وينتج S^{2-}.

(b) عندما يسلك أيون (HS^-) سلوك قاعدة برونستيد-لوري، يكتسب أيون هيدروجين وينتج H_2S.

25.* إذا أُعطيتَ المعادلة الكيميائية الآتية:

$$HSO_{4\,(aq)}^{-} + PO_{4\,(aq)}^{3-} \longrightarrow SO_{4\,(aq)}^{2-} + HPO_{4\,(aq)}^{2-}$$

حدّد حمض برونستيد- لوري، وقاعدة برونستيد- لوري في التفاعُل، ثم ارسم سهمًا من الجُسيم الذي يفقد البروتون إلى الجُسَيْم الذي يكتسبه، ثم استنتج الحمض المرافق والقاعدة المرافقة.

حمض برونستيد-لوري: HSO_4^-، وقاعدته المرافقة: SO_4^{2-}

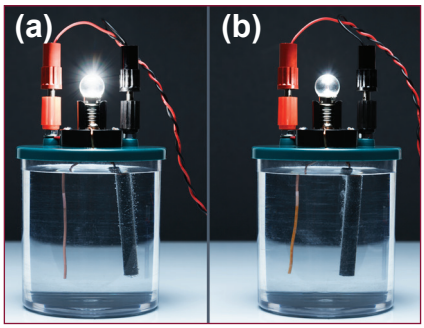
قاعدة برونستيد-لوري: PO_4^{3-} ، وحمضه المرافق: HPO_4^{2-}

$$HSO_{4(aq)}^{-} + PO_{4(aq)}^{3-} \rightarrow SO_{4(aq)}^{2-} + HPO_{4(aq)}^{2-}$$

الدّرس 3-2: قوة الأحماض والقواعد، وتفاعُل التعادل

26. استخدم **الشكل 3-44** لتحديد أي من المحاليل هو محلول حمض قوي. فسر إجابتك.

المحلول في الصورة (a) هو الحمض القوي، لأنّ شدّة توهّج ضوء المصباح أقوى.



الشكل 3-44 التوصيل الكهربائي لمحلول حمض قوي وآخر حمض ضعيف.

27. اذكر الصيَغ الكيميائية للأحماض السبعة القويّة.

HCl, HBr, HI, H_2SO_4, HNO_3, $HClO_3$, $HClO_4$

28. فسّر، من حيث النسبة المئوية للتأيّن، السبب الذي يجعل ثنائي ميثيل الأمين، $(CH_3)_2NH$، قاعدة ضعيفة.

لأنّ ثنائي ميثيل الأمين، $(CH_3)_2NH$، يتأيّن بشكل جزئيّ في الماء لتكوين أيونات الهيدروكسيد.

29. ما المادتان اللتان تنتجان عندما يتفاعل حمض مع قاعدة (هيدروكسيد الفِلِزّ)؟

عندما يتفاعل حمض مع قاعدة (هيدروكسيد الفِلِزّ) ينتج ملح وماء.

30. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة مع ترميز الحالة للتفاعُل بين حمض الكبريتيك وهيدروكسيد البوتاسيوم.

$H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$

31. عند إضافة حمض إلى قاعدة، فهل ستزداد قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول أم ستقلّ؟

عند إضافة حمض إلى قاعدة ستقلّ قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول.

32. عندما تتغيّر قيمة الرقم الهيدروجيني لمحلول من 9 إلى 6، فهل سيصبح هذا المحلول حمضيًّا أكثر، أم قلويًّا أكثر؟

سيصبح المحلول حمضيًّا أكثر لأنّ الرقم الهيدروجيني انخفض.

33. إذا وُضعت بلّورات هيدروكسيد المغنيسيوم، $Mg(OH)_2$، في ماء وتمّ تحريكه، فهل سيمتلك المحلول قيمة رقم هيدروجيني أقلّ من 7، أم أكبر من 7، أم تساوي 7؟

سيمتلك المحلول قيمة رقم هيدروجيني أكبر من 7 لأنّ هيدروكسيد المغنيسيوم قاعدة قويّة.

34. وُضعت بضع نقاط من محلول الفينولفثالين في محلول حمض الهيدروكلوريك، $HC\ell_{(aq)}$، ثم تمّ تعادل محلول حمض الهيدروكلوريك هذا بمحلول هيدروكسيد الصوديوم، $NaOH_{(aq)}$. بعد نقطة النهاية، كيف يتغيّر لون الفينولفثالين؟

سيتغيّر لون الفينولفثالين من عديم اللون إلى اللون الورديّ.

35. ما الصيغة الكيميائية للملح المتكوّن عندما تتمّ معادلة حمض الهيدروبروميك، HBr، بهيدروكسيد الكالسيوم، $Ca(OH)_2$؟

$CaBr_2$

36. في مقالة علمية: "تُعدّ أكاسيد الفلزّات النشطة كيميائيًا قواعد قوية". ابحث في التفاعُل الذي يحدث بين أكسيد الصوديوم الصلب، $Na_2O_{(s)}$، والماء، ثم اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعُل مع ترميز الحالة موضّحًا عملية إنتاج أيونات الهيدروكسيد من هذا التفاعُل.

$$\mathbf{Na_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}}$$

37. اعمل مع زميل لك، بحيث يُحضر كل منكما نوعَين مختلفَين من السوائل أو المشروبات من منزله إلى المختبر. اختبرها جميعها باستخدام ورقة الدليل العام، وأنشئ جدولًا للبيانات التي ستحصل عليها لتحدد نوع هذه السوائل (محاليل حمضية أم قاعدية أم متعادلة).

ستتنوّع الإجابات. بالنسبة إلى هذا النشاط، يجب تزويد الطلّاب بورقة دليل عامّ، وإعطاؤهم بضع دقائق في المختبر لاختبار هذه السوائل أو المشروبات.