حاليل الطاردة والماصة للحرارة
يتوقعون استخدامات يومية للمواد
يميائية.

تياطات السلامة

تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة
ل البدء في العمل. راجع صحيفة بيانات
امة المواد الكيميائية (MSDS) مع
لاب. **تحذير: نيترات الأمونيوم**
ي مادة لها قابلية تفاعل شديدة
بغي التعامل معها بحذر.
تخدم نظارات السلامة الواقية
تسرب المواد الكيميائية. يجب
تعاد عن مصادر الحرارة.

خلص من النفايات يمكن التخلص
المحاليل والمواد الصلبة عن طريق
بها في المغسلة.

تراتيجيات التدريس

تكون الكتل والأحجام الحقيقية
قيقة إذا كانت متشابهة. يمكن ضبط
كميات كما هو مطلوب.
ستختلف بيانات وصيغ صحيفة بيانات
سلامة المواد الكيميائية (MSDS).
مكن أن يؤدي تعرض الطلاب لهذه
لأشكال المختلفة، إلى إجراء مناقشة
همة حول المعلومات المطلوبة.
م بقياس نيترات الأمونيوم للطلاب
سبقًا.

تائج المتوقعة

يجب أن تنتج نيترات البوتاسيوم أفضل
محلول ماصٍ للحرارة. ينتج كلوريد
الكالسيوم محلولاً طاردًا للحرارة الذي
يستخدم لصهر الجليد عن الطرق.
سيُنتج نيترات الأمونيوم أفضل كمادة
كيميائية باردة لأنها تؤدي لانخفاض كبير
في درجة الحرارة.
يمكن أن يُستخدم كلوريد الكالسيوم في
الكمادة الساخنة أو لصهر الجليد.

حقوق الطبع © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. استخدم مخبارًا مدرجًا لوضع 15 mL من الماء المُقطر في كل **ثلاثة أنابيب اختبار.**
3. استخدم **ثيرمومترًا غير زئبقي** لإيجاد درجة حرارة الماء المُقطر. سجّل درجة الحرارة الابتدائية للماء في جدول البيانات.
4. استخدم **الميزان** لقياس كتلة 1.0 g من **نيترات البوتاسيوم (KNO_3).** أضف KNO_3 لأنبوب الاختبار 1. **تحذير: قم بإبعاد المواد الكيميائية المُستخدمة في هذه التجربة بعيدًا عن مصادر الحرارة.**
5. حرك الخليط ثم سجل درجة الحرارة العظمى والصغرى التي يصل إليها المحلول.
6. قم بتكرار الخطوتين 4 و 5 لكلوريد **الكالسيوم ($CaCl_2$)** و**نيترات الأمونيوم (NH_4NO_3).**

التحليل

1. **حلل واستنتج** أي من المواد الكيميائية تُستخدم بشكل أفضل مع الكمادة الكيميائية الباردة؟ نيترات البوتاسيوم

0490_0491_C14_CO_681708.indd 490 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

شكل حرارة. قم بإدراج التفاعلات والتغيرات تحت فئتين على السبورة ماص للحرارة وطارد للحرارة. اختر تغير فيزيائي ماص للحرارة مثل تبخُر الماء واطلب إلى الطلاب بكتابة المعادلة وإدخال الطاقة كمتفاعل. $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g) +$ الطاقة اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة عكسيًا. $H_2O(g) \rightarrow H_2O(l) +$ الطاقة وضح أن المعادلة الثانية تمثل تكاثف بخار الماء الطارد للحرارة.

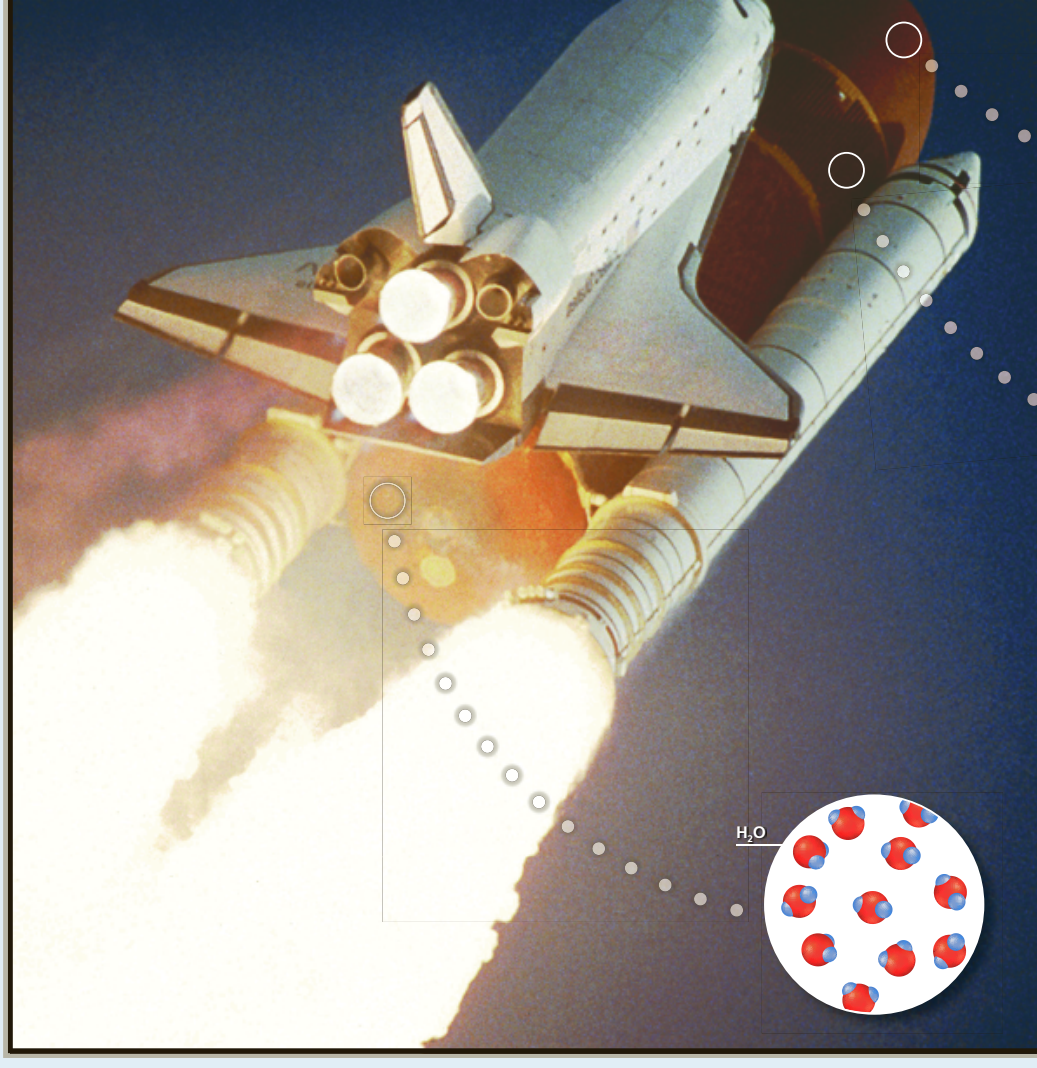
الربط بالمعرفة السابقة

أطلب إلى الطلاب مراجعة المفاهيم التالية قبل دراسة هذه الوِحدة.

- كتابة المعادلات الكيميائية
- مفهوم المول
- نظرية الحركة الجزيئية

استخدام الصورة

تفاعل الصاروخ اطلب إلى الطلاب أن يتأملوا صورة الافتتاح للوحدة ويصفوا التفاعل الكيميائي الذي يدعم مكوك الفضاء لإطلاق صواريخ الدفع الإضافية. تفاعل سائل الهيدروجين مع الأكسجين السائل. اطلب إليهم ملاحظة المواد المتفاعلة والناتجة وكتابة المعادلة الموزونة لهذا التفاعل $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$. ثم اسألهم، ما الذي سيَنتُج عن التفاعل أو ينطلق منه بالإضافة إلى بخار الماء. يُطلق التفاعل كمية كبيرة من الطاقة. اشرح للطلاب أنهم سيدرسون في هذه الوحدة كيفية كتابة نوع من المعادلات الكيميائية الذي يتضمن تغيّرًا في الطاقة. ض م



2. **صِف** استخدام بديل مناسب أفضل لإحدى المواد الكيميائية الأخرى المُستخدمة في التجربة. يمكن أن يُستخدم كلوريد الكالسيوم كمادة ساخنة.

استقصاء تحقق من تغيير في الإجراء قد يزيد من التغيرات في درجة الحرارة. أضف كتلة أكبر من المركب لكمية الماء نفسها.

0490_0491_C14_CO_681708.indd 491 1/15/1

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

ول ذراعك واتركه يسقط على سطح
ب أو على الأرض. اطلب إلى الطلاب
ف تحول الطاقة الذي يحدث. عندما
قط الكتاب، فإن طاقة الوضع تتحول
طاقة حركة تسمى الحركة الجزيئية.
دما يتوقف الكتاب، تتحول الحركة
زيئية كليًا إلى حرارة وصوت. أشعل
عة خشبية ثم اطلب إلى الطلاب أن
فوا تحول الطاقة الذي يحدث. يتم تحويل
قة الوضع الكيميائية في القطعة
شبية إلى حرارة وضوء. وضّح للطلاب
رغم تحوُل الطاقة إلا أن كمية الطاقة
ية لا تتغير. ض م

التدريس

طوير المفاهيم

دلات الطاقة التفاعلات الكيميائية
صناعية مهمة جدًا من أجل صناعة
ديد من المنتجات. حدد أيًا من
اعلات سيكون مناسبًا للإنتاج ويمكن
يتضمن حساب كمية المواد المتفاعلة
زمة وإلا سيحدث التفاعل دون إضافة
اقة ودون إنتاج الكمية الكافية من
تج، حيث تحدث تحولات الطاقة في
اعلات. يمكن أن تساعد الديناميكا
رارية في تتبع تدفق الطاقة في
اعلات وحساب متطلبات الطاقة
اعلات وإنتاج الحرارة الفائضة التي
ب التخلص منها أو الحفاظ عليها
داد الشركات المُصنِعة بالبيانات
روية للحصول على طاقة كافية من
ل عملية التصنيع. تتيح القوانين الثلاثة
اصة بالديناميكا الحرارية بالتغيرات
حولات، دراسة كل حالة من حالات
اعل وانتقال الطاقة والتغير في
تروبي.

- كيف يمكن حساب مقدار الحرارة التي تمتصها أو تحررها المادة عندما تتغير درجة حرارة المادة؟

مراجعة المفردات

درجة الحرارة temperature: قياس متوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة

المفردات الجديدة

energy	الطاقة
law of conservation of energy	قانون حفظ الطاقة
chemical potential energy	طاقة الوضع الكيميائية
heat	الحرارة
calorie	السُعر الحراري
joule	الجول
specific heat	الحرارة النوعية

طبيعة الطاقة

قد تكون على معرفة بمصطلح الطاقة. ربما قد سمعت قبلًا شخصًا يقول، "لقد نفدت طاقتي". بعد ممارسة لعبة رياضية شاقة أو بعد قضاء يوم عصيب. غالبًا ما تُناقش موضوعات كالطاقة الشمسية، والطاقة النووية، والسيارات الموفرة للطاقة وغيرها من الموضوعات الأخرى ذات الصلة في وسائل الإعلام.

تستخدم الطاقة لطهي الطعام الذي تأكله وتُحرك السيارات التي تنقلك. إذا كان الطقس حارًا أو باردًا في يوم ما، فإن الطاقة توفر درجة حرارة مناسبة ومريحة داخل منزلك ومدرستك. توفر الطاقة الكهربائية الإضاءة كما تمد الأجهزة كأجهزة الكمبيوتر والتلفاز والهواتف والآلات الحاسبة بالطاقة. كما تُشارك الطاقة في تصنيع وتوصيل كافة المواد والأجهزة الموجودة داخل منزلك. تتطلب كل حركة تقوم بها وكل فكرة تُفكر بها طاقة. ففي واقع الأمر، يمكنك القول بأن كل خلية من خلايا جسدك ما هي إلا مصنع صغير يعمل بالطاقة المستمدة من الطعام الذي تأكله.

ما هي الطاقة؟ **الطاقة** هي القدرة على القيام بالعمل أو إنتاج حرارة. إنها توجد في شكلين أساسيين: الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) والطاقة الحركية. طاقة الوضع هي الطاقة المتولدة عن تركيب الجسم أو عن وضعه. ومن الأمثلة على طاقة الوضع استعداد المتزلجة إلى أسفل التل عند نقطة الانطلاق، كما هو موضح في **الشكل 1a**. بعد إعطاء إشارة الانطلاق، تتغير طاقة المتزلجة الكامنة إلى طاقة حركية خلال رحلتها السريعة نحو خط النهاية، كما هو موضح في **الشكل 1b**. الطاقة الحركية هي طاقة تنتج بسبب حركة الأجسام ويمكنك ملاحظتها في حركة الأشياء والأشخاص من حولك.

■ **الشكل 1** في بداية الدورة يكون لدى المتزلجة في **a** طاقة وضع عالية بسبب موقعها ومكانها. في **b** تتحول طاقة الوضع للمتزلجة إلى طاقة حركية.
قارن كيف تختلف طاقة وضع المتزلجة عند نقطة البداية وعند خط النهاية؟

■ **سؤال الشكل 1** يوضح الارتفاع عند بداية الانطلاق مقارنة بخط النهاية أن طاقة الوضع الخاصة بها كانت أكبر عند بداية الانطلاق.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

0492_0498_C14_S1_681708.indd 492 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

المتوقعة للاتجاهات المُوَضحة في المخطط. ض م

التحقق من فهم النص ربما يتغير شكل الطاقة ولكن لا تفنى ولا تستحدث.

■ **يوضح الشكل 2** إمكانية تغير الطاقة من شكل إلى آخر ولكن مع الاحتفاظ بها دومًا. في **a** تم تحويل طاقة وضع الماء إلى طاقة حركية حيث تسقط خلال سحبها من مكانها المرتفع في الخزان. يؤدي الماء المندفع إلى دوران التوربينات لتوليد الطاقة الكهربائية. في **b** يتم تحويل طاقة الوضع المخزنة في روابط جسيمات البروبان إلى حرارة.

تحتوي النظم الكيميائية على كلًا من الطاقة الحركية وطاقة الوضع. تذكر أن الطاقة الحركية للمادة ترتبط ارتباطًا مباشرًا بالحركة العشوائية المستمرة لجسيماتها وتتناسب مع درجة الحرارة. فكلما زادت درجة الحرارة، كلما زادت حركة الجسيمات. تعتمد طاقة الوضع للمادة على تكوينها؛ من حيث نوع ذرات المادة، وعدد ونوع الروابط الكيميائية التي تربط الذرات ببعضها، والطريقة الخاصة التي يتم بها ترتيب الذرات.

قانون حفظ الطاقة عندما يندفع الماء عبر التوربينات في محطة توليد الطاقة الكهرومائية، كما هو موضح في **الشكل 2a** يتم تحويل بعض من طاقة الماء الحركية إلى طاقة كهربائية. يعتبر البروبان (C_3H_8) وقود هام للطهي والتدفئة. في **الشكل 2b** يتحد غاز البروبان مع الأكسجين ليكونا ثاني أكسيد الكربون والماء. تخرج طاقة الوضع المخزنة في روابط البروبان في صورة حرارة. في كلا المثالين، تتغير الطاقة من شكل إلى آخر، ولكن مع الحفاظ عليها – يظل المقدار الإجمالي للطاقة ثابتًا. لفهم مفهوم الحفاظ على الطاقة بشكل أفضل، افترض أن لديك حسابين في البنك وتُحوّل الأموال من حساب إلى آخر. بالرغم من أن مقدار المبلغ المالي في كلا الحسابين قد تغير، إلا أن المبلغ الإجمالي الموجود في هذا البنك لا يزال كما هو. وعند التطبيق على الطاقة، يُجسد هذا التشبيه قانون حفظ الطاقة. ينص **قانون حفظ الطاقة** على أنه يمكن تحويل الطاقة من شكل إلى آخر، ولكن لا تفنى ولا تستحدث خلال أي تفاعل كيميائي أو عملية فيزيائية. كما يُعرف هذا أيضًا بالقانون الأول للديناميكا الحرارية.

طاقة الوضع الكيميائية تُسمى الطاقة المُخزنة في المادة بسبب تركيبتها بـ**طاقة الوضع الكيميائية**. تلعب طاقة الوضع الكيميائية دورًا هامًا في التفاعلات الكيميائية. على سبيل المثال، تنتج طاقة الوضع الكيميائية للبروبان عن ترتيب ذرات الكربون والهيدروجين وقوة الروابط التي تربط بين هذه الذرات.

التحقق من فهم النص **اذكر** قانون حفظ الطاقة بإسلوبك الخاص.

مشروع الكيمياء

قيمة الطاقة الخاصة بالأطعمة اطلب إلى الطلاب بالبحث عن المحتوى الحراري لعشرة أطعمة على الأقل تتضمن كل الأطعمة المُستهلكة خلال وجبة واحدة مثل وجبة الغداء أو العشاء. ثم اطلب إليهم القيام بعمل ملصقات أو جدول بيانات وعرضها في الفصل الدراسي. ض م

دفتر الكيمياء

الحياة بدون البترول اطلب إلى الطلاب كتابة قصة قصيرة في الدفاتر الخاصة بهم تصف كيف ستكون حياتهم بدون البترول. ض م

0492_0498_C14_S1_681708.indd 493 1/15/1

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

$\frac{1\ cal}{4.184\ J}$ $\frac{4.184\ J}{1\ cal}$	1 cal = 4.184 J
$\frac{1\ Cal}{1000\ Cal}$ $\frac{1000\ Cal}{1\ Cal}$	1 Cal = 1 kcal

كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي درجة سيليزيه واحدة (1°C) بـ **السعر** (Cal). عندما يحرق جسمك السكريات والدهون ليكوّن ثاني أكسيد الكربون والماء، فإن هذه التفاعلات الطاردة تولد حرارة يمكن قياسها بالسعرات الغذائية (Cal). لاحظ أنه يعبر عن السعرات الغذائية بحرف C كبير في كلمة (Cal) يرجع هذا لأن السعر الغذائي يساوي 1000 سعر حراري، أو كيلو كالوري (kcal). تذكر أن البادئة كيلو تعني 1000. على سبيل المثال، تحتوي ملعقة كبيرة من الزبد على 100 سعر غذائي (100 cal) تقريبًا. هذا يعني أنه إذا احترق الزبد تمامًا لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء، فسيتم إطلاق 100 kcal (100,000 cal) من الحرارة.

تقاس الطاقة في النظام الدولي للوحدات SI بالجول (J) **joule**. الجول الواحد يُعادل 0.2390 cal. والسعر الحراري الواحد يساوي 4.184 J. يلخص **الجدول 1** العلاقات بين السعرات الحرارية، والسعرات الحرارية الغذائية، والجول، والكيلو جول (kJ) ومعاملات التحويل التي يمكنك استخدامها للتحويل من وحدة إلى أخرى.

مثال 1

تحويل وحدات الطاقة يتكون إفطار من الحبوب، وعصير البرتقال، واللبن يحتوي على 230 Cal عبَّر عن هذه الطاقة بالجول.

1 تحليل المسألة

تم إعطائك مقدار من الطاقة بالسعرات الغذائية. يجب عليك تحويل السعرات الغذائية إلى سعرات ومن ثم تحويل السعرات إلى جول.

معلوم

مقدار الطاقة = 230 Cal

مجهول

مقدار الطاقة = ؟J

2 حساب المجهول

حوّل السعرات الغذائية إلى سعرات.

$$230\ \cancel{Cal} \times \frac{1000\ cal}{1\ \cancel{Cal}} = 2.3 \times 10^5\ cal$$

طبّق العلاقة 1 Cal = 1000 cal.

حوّل السعرات إلى جول.

$$2.3 \times 10^5\ \cancel{cal} \times \frac{4.184\ J}{1\ \cancel{cal}} = 9.6 \times 10^5\ J$$

طبّق العلاقة 1Cal = 4.184 J

عرض سريع

لتفاعلات الماصة والطاردة للحرارة

تم بقياس 100 mL من الماء وضعها في كأسين سعة كل منهما 250mL ضع ثيرمومترًا في كل كأس واترك الطلاب يقرأوا درجة حرارة الماء. سجل درجة الحرارة وأخرج الثيرمومتر. عند إضافة 9 g تقريبًا من البوراكس(بورات الصوديوم) اللامائي الى الكأس، يجب أن يضيف الطالب 13 g تقريبًا من كبريتات المغنيسيوم للكأس الثاني. عند الذوبان، اقرأ درجة حرارة المحاليل وسجلها. ترتفع الحرارة مع ذوبان بورات الصوديوم اللامائية وتقل الحرارة مع ذوبان كبريتات المغنيسيوم. اسأل الطلاب أي العمليات طاردة للحرارة وأيها ماصة للحرارة. ذوبان بورات الصوديوم اللامائية عملية طاردة للحرارة. ذوبان كبريتات المغنيسيوم هي عملية ماصة للحرارة. اسكب المحلول في المغسلة في وجود مياه غزيرة. ض م

عرض توضيحي

عل الثيرميت

دف

ير التفاعل الطارد للحرارة

اد

يط الثيرميت، مبدئ تفاعل الثيرميت طعة من ورق الترشيح قطرها 11 cm و مملوء برمل جاف وملقط، ووعاء بريط Mg طوله 8 cm وموقد ومطرقة ناطيس.

احتياطات السلامة

يجب استخدام واقي السلامة. يجب أن يبتعد الطلاب مسافة 8 m أو أكثر ،وأن لا ينظروا مباشرة على شريط Mg المحترق.

التخلص من النفايات إعادة استخدام الرمل. تخلص من الزجاج الموجود في حاوية المخلفات.

الإجراءات

املأ دلوًا بالرمال الجافة وضعه في الحوض. كوّن حفرة كبيرة في الرمل على شكل قمع. استخدم ورقة ترشيح قطرها 11 cm لتشكيل مخروط ورقي. ضع المخروط الورقي في الرمل بالقرب من منتصف الدلو في أسفل الحفرة. يجب أن يكون هناك 10 cm على الأقل من الرمال حول المخروط وأسفله. ضع ما يكفي من خليط الثيرميت في المخروط الورقي حتى يملأه تقريبًا واخلطه في 5 mL من مبدئ التفاعل. اصنع حفرة صغيرة في منتصف خليط الثيرميت واملأه بمبدئ تفاعل الثيرميت. أدخل 4 cm من الطول.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

0492_0498_C14_S1_681708.indd 494 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

درجة سيليزية واحدة (1°C). تُعرّف الكمية 4.184 J/(g•°C) بالحرارة النوعية (c) للماء.
تُعرّف **الحرارة النوعية** لأي مادة بكمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من هذه المادة (1°C). ولأن المواد المختلفة لها تراكيب مختلفة، فإن لكل مادة الحرارة النوعية الخاصة بها.

لرفع درجة حرارة الماء (1°C)، يجب أن يمتص كل جرام واحد من الماء 4.184 J، بينما يلزم توفير قدر أقل بكثير من الطاقة لرفع درجة حرارة كتلة مساوية من الخرسانة (1°C). ربما قد لاحظت أن الأرصفة الخرسانية تصبح ساخنة في اليوم الصيفي المشمس. يعتمد مستوى السخونة على الحرارة النوعية للخرسانة، ولكن هناك عوامل أخرى مهمة أيضًا. تبلغ الحرارة النوعية للخرسانة 0.84 J/(g•°C) مما يعني أن درجة حرارة الخرسانة ترتفع تقريبًا خمسة أضعاف درجة حرارة الماء عند امتصاص كتل متساوية من الماء والخرسانة لنفس مقدار الطاقة.

■ **شكل 3** تُصبح مياه النافورة الباردة مرغوبًا فيها بعد المشي على الرصيف الخرساني الحار. يجب ان يمتص الماء خمسة أضعاف الطاقة التي تمتصها كتلة متساوية من الخرسانة ليصل إلى نفس درجة حرارة الخرسانة.
استنتج كيف تتغير درجة حرارة الخرسانة مقارنة بدرجة حرارة الماء خلال ليلة باردة.

X = 0.0001 Cal

نبذة عن المحتوى

وحدة أخرى للحرارة اسأل الطلاب عن كيفية تصنيف قدرات التسخين والتبريد لمعظم الأفران ومكيفات الهواء في الإمارات العربية المتحدة. في BTU، الوحدات الحرارية البريطانية وضح 1 BTU = 1055 J وهي الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنهايت من 63°F إلى 64°F. ض م

الإثراء

من الطاقة إلى الحرارة

وضح للطلاب أنه حتى إذا كانت سيارة مُحسّنة الأداء قادرة على تحويل 25% فقط من الطاقة الكيميائية للجازولين إلى طاقة ميكانيكية مفيدة والتي تقوم بتحريك السيارة وشاغلي السيارة. وضح أن 75% من الطاقة المتبقية يتم فقدها في صورة حرارة للمناطق المحيطة.

■ **سؤال الشكل 3** تبرد الخرسانة في الليل أكثر من الماء.

من شريط Mg في الخليط في الحفرة الصغيرة. اترك 4 cm من الشريط خارجًا لاستخدامها كفتيل. ضع واقي للسلامة بين الفصل والمغسلة. **تحذير: ارتدِ النظارات الواقية.** انقل الطلاب إلى آخر الصف. قم بتعتيم الحجرة. قم بثني نهاية شريط Mg لتشكيل الفتيل ثم أشعله باستخدام الموقد. وابتعد عنه بسرعة. تنتج الحرارة المُوَلدة حديدًا منصهرًا وشرارات من النار. بعد توقف التفاعل، يجب أن يلقي الطلاب نظرة على الرمال المنصهرة أثناء تعتيم الغرفة. وبعد حوالي 15 min، قم باستخدام ملقط بوتقة لتضع الفلز في مجرى من الماء.

عندما يبرد تمامًا، استخدم المطرقة لتكسير الرمال المنصهرة حول اللب الحديدي. اختبر القطع بواسطة المغناطيس.

النتائج

تفاعل Al مع Fe_2O_3 لإنتاج Fe.

التحليل

1. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة.

الطاقة + $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$

2. ما الذي كان يتم استخدامه لإمداد التفاعل بطاقة التنشيط العالية؟ حرارة شريط Mg المحترق

التقويم

المعرفة اجعل الطلاب يشرحوا كيف يمكن استخدام تفاعل الثيرميت في تطبيقات عملية. اللحام تحت الماء مثال على ذلك. ض م

0492_0498_C14_S1_681708.indd 495 1/15/1

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

الإيثانول(l)	2.44
الماء(s)	2.03
الماء(g)	2.01
البريليوم(s)	1.825
المغنيسيوم(s)	1.023
الألمنيوم(s)	0.897
الخرسانة(s)	0.84
الجرانيت(s)	0.803
الكالسيوم(s)	0.647
الحديد(s)	0.449
السترونشيوم(s)	0.301
الفضة(s)	0.235
الباريوم(s)	0.204
الرصاص(s)	0.129
الذهب(s)	0.129

معادلة حساب الحرارة

$$q = c \times m \times \Delta T$$

q تُمثل الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها. c تُمثل الحرارة النوعية للمادة. m تُمثل كتلة العينة بالجرامات. ΔT هو التغير في درجة الحرارة °C أو $T_f - T_i$.

إن كمية الحرارة التي تمتصها المادة أو تُطلقها مساوية لحاصل ضرب حرارتها النوعية في كتلتها في التغير في درجة حرارتها.

يمكنك استخدام هذه المعادلة لحساب الحرارة التي امتصتها الكتلة الخرسانية.

$$q = c \times m \times \Delta T$$

$$q_{\text{concrete}} = \frac{0.84\ \text{J}}{(\text{g}\cdot\text{°C})} \times (5.00 \times 10^3\ \text{g}) \times 6.0\text{°C} = 25{,}000\ \text{J or } 25\ \text{kJ}$$

يبلغ إجمالي مقدار الطاقة التي امتصتها الكتلة الخرسانية 25,000 J أو 25 kJ.

على سبيل المقارنة، ما مقدار الحرارة التي يمتصها 5.00×10^3 g من الماء عندما تزيد درجة حرارته بمقدار 6.0°C؟ إن حساب للماء هو q نفسه بالنسبه للخرسانة باستثناء أنه يجب عليك استخدام الحرارة النوعية الخاصة بالماء 4.184J/(g·°C).

$$q_{\text{water}} = \frac{4.184\ \text{J}}{(\text{g}\cdot\text{°C})} \times (5.00 \times 10^3\ \text{g}) \times 6.0\text{°C} = 1.3 \times 10^5\ \text{J} = 130\ \text{kJ}$$

إذا قسمت الحرارة التي امتصها الماء (130 kJ) على الحرارة التي امتصتها الخرسانة(25kJ) ستجد أنه بالنسبة لنفس التغير في درجة الحرارة، فقد امتص الماء خمسة أضعاف مقدار الحرارة التي امتصتها الكتلة الخرسانية.

حساب الطاقة المنطلقة يمكن للمواد امتصاص الطاقة وإطلاقها على حد سواء. يمكن استخدام المعادلة السابقة نفسها لحساب الطاقة التي تطلقها المواد عندما تبرد. افترض أن قطعة خرسانية كتلتها 5.00×10^3 g وصلت إلى درجة حرارة 74.0°C خلال يوم مشمس وانخفضت درجة حرارتها إلى 40.0°C ليلًا. فكم كمية الحرارة التي تم تحريرها؟ احسب أولًا ΔT.

$$\Delta T = 40.0\text{°C} - 74.0\text{°C} = -34.0\text{°C}$$

الإشارة السالبة في الإجابة النهائية تدل على أن الطاقة منطلقة

ثم، استخدم المعادلة لحساب كمية الحرارة.

$$q = c \times m \times \Delta T$$

$$q_{\text{خرسانة}} = \frac{0.84\ \text{J}}{(\text{g}\cdot\text{°C})} \times (5.00 \times 10^3\ \text{g}) \times -34.0\text{°C} = -140{,}000\ \text{J أو } -140\ \text{kJ}$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

عند 25.0°C أم 10.0 g من الإيثانول
عند 30.0°C. 10.0 g من الإيثانول
عند 30.0°C ثم، اسأل أيهما ينقل
حرارة أكثر عندما يبرد بمقدار 10.0°C؟
100.0 من الإيثانول عند 25.0°C

ضّح المفهوم

ضّح للطلاب كيف يقومون بحساب
قادير الحرارة في المثال السابق.

$q_1 = 2.44\ \text{J/(g•°C)} \times 100.0\ \text{g}$
$10.0\text{°C} = 2440\ \text{J}$

$q_2 = 2.44\ \text{J/(g•°C)} \times 10.0\ \text{g} \times$
$10.0\text{°C} = 244\ \text{J}$

تويم المعرفة الجديدة

أعط
طلاب المعلومات التالية: قطعة كتلتها
5.00 من الرصاص عند درجة حرارة
85.0°C وقطعة كتلتها 20.00 g من
ألمنيوم عند درجة حرارة 65.0°C يتم
ضعهما في حاوية من الماء البارد. بعد
ن حقق كلا الفلزين اتزانًا حراريًا، فإن
رجة الحرارة التي يقرأها الثيرمومتر
ي الماء هي 25.0°C. اسأل الطلاب
ي الفلزين له درجة الحرارة الأولية
أعلى. الرصاص اسأل أيهما حقق ΔT
أعلى عند تبريده؟ الرصاص اجعل
طلاب يقارنوا بين الحرارة المفقودة
ن كلٍ من الفلزين وتفسير الفرق.

$q_{Pb} = 0.129\ \text{J/(g•°C)} \times 5.00\ \text{g}$
$\times\ 60.0\text{°C} = 38.7\ \text{J}$

$q_{Al} = 0.897\ \text{J/(g•°C)} \times 5.00\ \text{g}$
$\times\ 40.0\text{°C} = 179\ \text{J}$

أ الألمنيوم عند درجة حرارة أقل
حقق ΔT، أصغر إلا أنه فقد الكثير
ن الحرارة لأن له حرارة نوعية
على. ض م

0492_0498_C14_S1_681708.indd 496 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

معلوم

الطاقة الناتجة = 114 J
كتلة الحديد = 10.0 g Fe
$T_i = 50.4°C$
$T_f = 25.0°C$

المجهول

الحرارة النوعية للحديد $c = ?\ J/(g \cdot °C)$

2 حساب المجهول

احسب ΔT.

$$\Delta T = 50.4°C - 25.0°C = 25.4°C$$

اكتب معادلة حساب كمية الحرارة.

$$q = c \times m \times \Delta T$$

عدل المعادلة لإيجاد c

$$\frac{c \times \cancel{m} \times \cancel{\Delta T}}{\cancel{m} \times \cancel{\Delta T}} = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

عوض $q = 114\ J,\ m = 10.0\ g,\ \Delta T = 25.4°C$.

$$c = \frac{114\ J}{(10.0\ g)(25.4°C)}$$

$$c = 0.449\ J/(g \cdot °C)$$

3 تقييم الإجابة

تتكون القيم المستخدمة في الحساب من ثلاثة أرقام معنوية. لذا فإن الجواب سيتكون بشكل صحيح من ثلاثة أرقام. تبلغ قيمة مقام الكسر في هذه المعادلة تقريبًا ضعف قيمة البسط، لذا فإن النتيجة النهائية والتي تبلغ 0.5 تعتبر نتيجة معقولة. القيمة المحسوبة هي نفس القيمة المُسجلة للحديد في **جدول 2**.

تطبيق

4. إذا زادت درجة حرارة كتلة من الإيثانول مقدارها 34.4 g من 25.0°C إلى 78.8°C، فما كمية الحرارة التي امتصها الإيثانول؟ انظر **جدول 2**.
5. تم تسخين عينة كتلتها 155 g من مادة غير معلومة من 25.0°C إلى 40.0°C. وامتصت هذه المادة خلال العملية 5696 J من الطاقة. فما هي الحرارة النوعية لهذه المادة؟ تعرّف على هذه المادة من بين تلك المواد المُدرجة في **جدول 2**.
6. **تحدي** امتصت كتلة صلبة مقدارها 4.50 g من الذهب الخالص 276 J من الحرارة. كانت درجة الحرارة الابتدائية 25.0°C. فما هي درجة الحرارة النهائية؟

$c = 0.424\ J/(g \cdot °C)$

تطبيق

4. 4.52×10^3 J
5. 2.45 J/(g·°C) الحرارة النوعية قريبة جداً من قيمة الحرارة النوعية للإيثانول.
6. 5.00×10^{20}°C

تطوير المفاهيم

الحرارة النوعية اسأل الطلاب في أي عملية يتم فقد طاقة أكثر: تبريد 1 mol من الماء من درجة غليانه لدرجة تجمده أم تكثيف 1 mol من البخار بدرجة 100°C إلى 1 mol من الماء بنفس درجة الحرارة. ربما سيعتقد الطلاب أنه تم فقدان المزيد من الطاقة في عملية التبريد لأن التغير في درجة الحرارة كان 100°C. وضّح حسابات التبريد: 18.0 g × 4.18 J/g°C × 100°C = 7520 J. فسر كيف أن القيمة أقل بكثير من تلك الخاصة بتكثيف البخار عند 100°C. 40,700 J ض م

التدريس المتمايز

متعلمو اللغة اطلب إلى الطلاب إعداد بطاقات للمصطلحات والتعابير الواردة في هذا القسم. يجب أن تحتوي كل بطاقة على مصطلح أو عبارة على أحد وجهيها والتعريف على الوجه الآخر. ثم اجعل الطلاب يعملوا في مجموعات ثنائية باستخدام البطاقات حتى يتمكنوا من معرفة المصطلحات. ض م

0492_0498_C14_S1_681708.indd 497 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

استخدام طاقة الشمس نظرًا لارتفاع الحرارة النوعية للماء، فإنه يُستخدم أحيانًا للاستفادة من طاقة الشمس. فبعد تسخين الماء بواسطة الأشعة الشمسية، يمكن توزيع الماء الساخن على المنازل والشركات لتوفير الحرارة والدفء. يمكن لأشعة الشمس توفير جميع احتياجات العالم من الطاقة وهذا يقلل من استهلاك الوقود مما يخفض إنتاج ثاني أكسيد الكربون. ولكن هناك عدة عوامل أدت إلى تأخر تطوير تكنولوجيا الطاقة الشمسية. على سبيل المثال، تُشرق الشمس لفترة واحدة فقط من كل يوم. وفي بعض الأماكن، غالبًا ما تُقلل السحب كمية الأشعة المتوفرة. وبسبب هذه المتغيرات، تعتبر الوسائل الفعالة لتخزين الطاقة وسائل صعبة.

هناك منهج أكثر تفاؤلًا لاستخدام الطاقة الشمسية والذي يتمثل في تطوير الخلايا الكهروضوئية، كتلك الموضحة في **شكل 4**. تُحول هذه الخلايا أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء. تمد الخلايا الكهروضوئية رواد الفضاء بالطاقة، ولكن لا يتم استخدامها على نطاق واسع لتلبية احتياجات الطاقة العادية. يرجع ذلك لارتفاع تكلفة توفير الكهرباء عن طريق الخلايا الكهروضوئية مقارنةً بتكلفتها عند حرق الفحم أو النفط.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إنتاج الحرارة.
- طاقة الوضع الكيميائية هي طاقة مخزنة في الروابط الكيميائية للمادة نتيجة ترتيب الذرات والجسيمات.
- يتم تحرير طاقة الوضع الكيميائية أو امتصاصها خلال العمليات أو التفاعلات الكيميائية.

7. الفكرة **الرئيسة فسر** كيف تتغير الطاقة من شكل إلى آخر في التفاعلات الطاردة. وفي التفاعلات الماصة للحرارة.
8. **ميز** بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع في الأمثلة التالية: مغناطيسين منفصلين؛ انهيار ثلجي؛ كُتب على أرفف المكتبة؛ جدول جبلي؛ سباق سيارات.
9. **وضح** كيف يرتبط ضوء الشمعة المحترقة وحرارتها بطاقة الوضع الكيميائية.
10. **احسب** مقدار الحرارة التي يتم امتصاصها عندما يتم تسخين 5.50 g من الألمنيوم من درجة حرارة 25.0°C إلى 95.0°C. تبلغ الحرارة النوعية للألمنيوم 0.897 J/(g•°C).
11. **فسِّر البيانات** تم ترك كتل متساوية من الألمنيوم، والذهب، والحديد، والفضة في الشمس في نفس الوقت ولنفس المدة الزمنية. استخدم **جدول 2** لترتيب الفلزات الأربعة وفقًا لزيادة درجة حرارتهم من الأعلى إلى الأقل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ليد في البركة بسبب ضوء الشمس.
س للحرارة ض م

ادة التدريس

ل الطلاب يشرحوا الفرق بين
جة الحرارة والحرارة. درجة الحرارة
قياس متوسط الحركة الجزيئية
سيمات التي تُكوّن المادة. الحرارة هي
رة من صور الطاقة التي تتدفق من
دة الساخنة إلى المادة الباردة. ض م

توسع

ح للطلاب أن دراسة الطاقة في
اعلات الكيميائية تُعرَف بالديناميكا
رارية، التي لها مفردات مُخصصة.
ب إليهم أن يقوموا بعمل قائمة
طلحات وتعريفات الديناميكا في دفاتر
ميائية الخاصة بهم. ض م

لقسم 1 مراجعة

7. تتحول طاقة الوضع الكيميائية إلى حرارة في التفاعلات الطاردة للحرارة وتنطلق الحرارة. في التفاعلات الماصة للحرارة، يتم امتصاص الطاقة وتتحول إلى طاقة وضع كيميائية.
8. يتم شرح طاقة الوضع بواسطة استخدام مغناطيسين منفصلين. في انهيار الجليد، تتحول طاقة الوضع الكامنة إلى طاقة حركية. يتم تفسير طاقة الوضع الكامنة بواسطة استخدام الكتب الموجودة على الرف. تتحول طاقة الوضع الكامنة إلى طاقة حركية في الجدول النهري. في سباق السيارات، تتحول طاقة الوضع الكامنة إلى طاقة حركية.
9. تتحول طاقة الوضع الكيميائية الموجودة في الشمعة إلى ضوء وحرارة وتتحرر تلك الطاقة بسبب حدوث اشتعال أثناء التفاعل الكيميائي.
10. 345 J
11. التغير في درجة الحرارة يتناسب عكسيًا مع الحرارة النوعية: الألمنيوم والفضة والذهب.

0492_0498_C14_S1_681708.indd 498 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

الحرارة بينما تُطلقها الأخرى.

مراجعة المفردات

الضغط pressure: القوة المُطبقة على وحدة المساحة

المفردات الجديدة

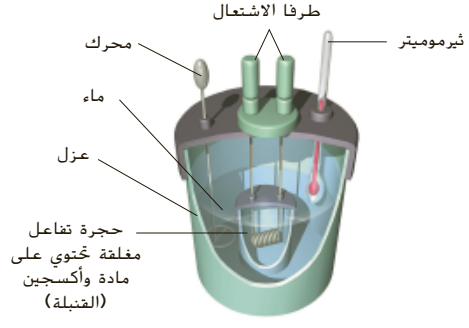
calorimeter	المُسعِّر (كالوريمتر)
thermochemistry	الكيمياء الحرارية
system	النظام
surroundings	المحيط
universe	الكون
enthalpy	المحتوى الحراري
enthalpy (heat) of reaction	المحتوى الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل)

قياس الحرارة

هل تساءلت يومًا كيف يحصل كيميائيو التغذية على المعلومات الخاصة بالسعرات الحرارية المكتوبة على الأغذية المُعلبة؟ يُكتب على العبوات نتائج تفاعلات الاحتراق التي تم تنفيذها في المُسعِّرات. **المُسعِّر** هو جهاز معزول يُستخدم لقياس كمية الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها أثناء العملية الكيميائية أو الفيزيائية. يتم وضع كمية معلومة من الماء في حجرة معزولة لامتصاص الطاقة الناتجة عن نظام التفاعل أو لتوفير الطاقة التي يمتصها النظام. تمثل البيانات التي سيتم جمعها في تغير درجة حرارة كمية الماء. **شكل 5** يوضح نوع من أنواع المُسعِّرات. والذي يُطلق عليه، مسعر احتراق، والذي يستخدمه كيميائيو التغذية.

تحديد الحرارة النوعية يمكنك الحصول على نتائج مرضية في تجاربك التي تُجريها لقياس الحرارة وذلك باستخدام مسعر مصنوع من كوب بلاستيك رغوي والذي يعتبر أكثر الأجهزة بساطة من حيث استخدامه. تتميز المُسعِّرات هذه بأنها تعمل في الهواء الطلق، لذا، فإن جميع التفاعلات التي تحدث بداخلها تحدث تحت ضغط ثابت. يمكنك استخدام هذه الأجهزة لتحديد الحرارة النوعية لفلز غير معلوم.

افترض أنك وضعت 125 g من الماء في الكوب البلاستيكي الرغوي ووجدت أن درجة حرارته 25.60°C. ثم سخنت عينة كتلتها 50.0 g من فلز غير معلوم إلى 115.0°C ثم وضعتها في الماء. تنتقل الحرارة من الفلز الساخن إلى الماء البارد، وترتفع درجة حرارة الماء. يتوقف انتقال الحرارة فقط عندما تصبح درجة حرارة الفلز والماء متساويتين.



مسعر احتراق

■ **شكل 5** توضع العينة في حجرة داخلية فولاذية تُسمى القنبلة، والتي تكون مملوءة بالأكسجين تحت ضغط عالٍ. يُحيط بالقنبلة كمية محددة من الماء والذي يحركه محرك منخفض الاحتكاك لضمان درجة حرارة موحدة. يبدأ التفاعل بشرارة. ويتم تسجيل درجة الحرارة حتى تصل إلى حدها الأقصى.

استنتج ما سبب أهمية عدم توليد المحرك لأي احتكاك؟

قياس تمثيلي للتغير في المحتوى الحراري

الحراري استخدم المثال التالي لمساعدة الطلاب على كيفية حساب التغير في المحتوى الحراري: افترض أن حسابك البنكي، في شهر معين، بدأ برصيد AED 1000 واختتم الشهر برصيد AED 850. إذا حسبت التغير، ΔB، باعتبارها الرصيد $B_{final} - B_{initial}$، فإن الحساب سيكون:

$\Delta B = \text{AED } 850 - \text{AED } 1000 = -\text{AED } 150$

وضّح أن التغير في المحتوى الحراري، ΔH، يتم حسابه على النحو التالي:

$\Delta H = H_{products} - H_{reactants}$.

وضّح أن التفاعل الذي يفقد حرارة (الطارد للحرارة)، يُشبه الحساب البنكي الذي يفقد المال، $H_{products}$ أقل من $H_{reactants}$ و ΔH تحمل إشارة سالبة. ثم وضّح أن هناك تشابهًا بين الحساب البنكي الذي يكسب مالاً وبين التفاعل الذي يكسب طاقة حرارية.

2 التدريس

تطوير المفاهيم

حرارة الاحتراق وضّح أنه عند احتراق المادة في المسعر، يُطلق على الطاقة المحررة عن كل جرام من هذه المادة حرارة الاحتراق. إذا احترق مول واحد من المادة تمامًا، يُطلق على الطاقة الناتجة الحرارة المولية للاحتراق.

■ **سؤال الشكل 5** الاحتكاك يولد الحرارة والتي ستُضاف إلى الماء وتُحدث خطأ في التغير الحراري الذي يتم قياسه.

دفتر الكيمياء

مسعر الاحتراق اطلب إلى الطلاب البحث في كيفية استخدام مسعر الاحتراق لتحديد محتوى الطعام من السعرات الحرارية. اطلب إليهم تصميم رسم للمسعر وشرح كيفية عمله. يجب على الطلاب إرفاق رسومهم وشروحهم في دفاتر الكيمياء اليومية الخاصة بهم. ض م

0499_0504_C14_S2_681708.indd 499 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

■ **شكل 6 a.** سجلت درجة حرارة ابتدائية 25.60°C لمقدار 125 g من الماء بالمِسعّر **b.** تم تسخين عينة كتلتها 50.0 g من فلز غير معلوم إلى درجة حرارة 115.0°C وتم وضعها في المِسعّر **c.** تنتقل الحرارة من الفلز إلى الماء حتى يصبح كلاهما بنفس درجة الحرارة. تبلغ درجة الحرارة النهائية 29.30°C.

شكل 6 يوضح إجراء التجربة. لاحظ أن درجة الحرارة في المِسعّر أصبحت ثابتة عند 29.30°C، وهي درجة الحرارة النهائية لكل من الماء والفلز. بافتراض عدم فقدان أي حرارة وانتقالها للوسط المحيط، فإن مقدار الحرارة التي اكتسبها الماء مساوية لمقدار الحرارة التي فقدها الفلز. يمكن حساب كمية الحرارة باستخدام المعادلة التي تعلمتها في القسم 1.

$$q = c \times m \times \Delta T$$

☑ **التحقق من فهم النص** **عرّف** المتغيرات الأربعة في المعادلة أعلاه.

أولًا، احسب الحرارة التي اكتسبها الماء. للقيام بذلك، تحتاج إلى معرفة الحرارة النوعية للماء 4.184 J/(g·°C).

$$q_{\text{ماء}} = 4.184\text{J/(g·°C)} \times 125\text{ g} \times (29.30\text{°C} - 25.60\text{°C})$$
$$q_{\text{ماء}} = 4.184\text{J/(g·°C)} \times 125\text{ g} \times 3.70\text{°C}$$
$$q_{\text{ماء}} = 1940\text{J}$$

تساوي الحرارة التي اكتسبها الماء والتي تبلغ 1940 J والحرارة التي فقدها الفلز ($q_{\text{فلز}}$)؛ لذا يمكنك كتابة هذه المعادلة.

$$q_{\text{فلز}} = -q_{\text{ماء}}$$
$$q_{\text{فلز}} = -1940\text{J}$$
$$c_{\text{فلز}} \times m \times \Delta T = -1940\text{J}$$

الآن عدل في المعادلة لإيجاد الحرارة النوعية للفلز.

$$c_{\text{فلز}} = \frac{-1940\text{ J}}{m \times \Delta T}$$

التغير في درجة حرارة الفلز ΔT هي الفرق بين درجة الحرارة النهائية للماء ودرجة الحرارة الابتدائية للفلز (29.30°C − 115.0°C = −85.7°C). عوض في المعادلة وأوجد الحل.

$$c_{\text{فلز}} = \frac{-1940\text{ J}}{(50.0\text{ g})(-85.7\text{°C})} = 0.453\text{ J/(g·°C)}$$

الحرارة النوعية للفلز غير المعلوم 0.453 J/(g·°C). **جدول 2** يوضح أن الفلز قد يكون الحديد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تعزيز

تغيرات الطاقة اطلب إلى الطلاب رنة التغيرات في الطاقة خلال عاملات الكيميائية بالأرباح والخسائر اصلة في الأعمال التجارية. توجد دات (مبالغ مالية موجبة) ونفقات (مبالغ ة بالسالب) شهرية لكل عمل تجاري. زادت الإيرادات على النفقات، تتحقق ئدة أو المبلغ المالي الموجب. إذا كانت قات أكبر من الإيرادات، فسيُفقد المال حقق المبلغ المالي السالب. ض م

جربة كيميائية

د تجربة كيميائية في نهاية الوحدة كن استخدامها عند هذه المرحلة من رس.

التأكد من فهم النص q هي كمية الحرارة، m هي الكتلة بالجرامات، ΔT هي التغير في درجة الحرارة و c هي الحرارة النوعية.

مشروع الكيمياء

مواد البناء اطلب إلى الطلاب البحث عن مدى أهمية الحرارة النوعية لمواد البناء في متطلبات الطاقة الخاصة بالمباني. يمكن للطلاب عرض نتائجهم على الفصل في صورة ملصقات أو عروض. ض م

0499_0504_C14_S2_681708.indd 500 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

كمية الحرارة التي تم امتصاصها $q = 256\ J$

$\Delta T = 182°C$

2 إيجاد القيمة المجهولة

$q = c \times m \times \Delta T$ — اكتب المعادلة الخاصة بكمية الحرارة q.

$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$ — أوجد قيمة c.

$c = \frac{256\ J}{(4.68\ g)(182°C)} = 0.301\ J/(g \cdot °C)$ — عوض $q = 256\ J$, $m = 4.68\ g$, $\Delta T = 182°C$.

يوضح الجدول 2 أن الفلز قد يكون السترونشيوم.

3 تقييم الإجابة

تتكون الكميات الثلاثة المستخدمة في الحساب من ثلاثة أرقام معنوية، لذا فإن الجواب سيتكون بشكل صحيح من ثلاثة أرقام. الحسابات صحيحة وتعطي الوحدة المتوقعة.

تطبيق

12. امتصت عينة من فلز غير معلوم كتلتها 90.0 g كمية من الحرارة مقدارها 25.6 J وارتفعت درجة حرارتها بمقدار 1.18°C. فما الحرارة النوعية لهذا الفلز؟
13. ارتفعت درجة حرارة عينة الماء من 20.0°C إلى 46.6°C عند امتصاصها 5650 J من الحرارة. ما كتلة العينة؟
14. ما كمية الطاقة التي تكتسبها صخرة من الجرانيت كتلتها 2.00×10^3 g ($c_{\text{الجرانيت}} = 0.803\ J/(g \cdot °C)$) عندما تتغير درجة حرارتها من 10.0°C إلى 29.0°C؟
15. **تحدي** إذا فقد 335 g من الماء درجة حرارته 65.5°C، كمية من الحرارة مقدارها 9750 J. فما هي درجة حرارة الماء النهائية؟

الطاقة الكيميائية والكون

علميًا، إن أي تفاعل كيميائي وتغير في الحالة الفيزيائية إما أن يطلق أو يمتص حرارة. **الكيمياء الحرارية** هي دراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية وللتغيرات في الحالة الفيزيائية. يولد حرق الوقود دائمًا حرارة. تم تصميم بعض المنتجات لإنتاج حرارة وفقًا للطلب. على سبيل المثال، يستخدم الجنود في الميدان تفاعل طارد للحرارة لتسخين وجباتهم. ربما تكون قد استخدمت كمادة ساخنة لتسخين يديك في يوم بارد. تصدر الحرارة المنبعثة من الكمادة الساخنة نتيجة للتفاعل التالي والتي تظهر في المعادلة كأحد النواتج.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 1625\ kJ$$

التدريس المتمايز

ضعاف السمع استخدم نماذج الكرة والعصا لتصوير التفاعل الطارد للحرارة $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$. بينما تقوم بتركيب الجزيئات المتفاعلة، ارسم هذه الجزيئات على السبورة بجانب الرسم البياني للطاقة في أعلى مستوى للطاقة (باتجاه الجزء العلوي من السبورة). ثم، كوّن الجزيئات الناتجة وارسمها على الرسم البياني للطاقة في أدنى مستوى للطاقة (تجاه الجزء السفلي من السبورة). وضّح كيف تتغير الطاقة برسم سهم متجه إلى الأسفل بداية من المواد المتفاعلة وصولاً إلى المواد الناتجة. ض م

$1{,}560\ J = 2.44\ J/(g \cdot °C) \times 124\ g \times \Delta T$

$\Delta T = 5.16°C$;

$5.16 \cdot °C = T_f - 30.0°C$;

$T_f = 35.2°C$

تطبيق

12. 0.241 J/(g•°C)
13. 50.8 g
14. 30,500 J
15. 58.5°C

التقويم

المعرفة اسأل الطلاب لماذا نحتاج إلى مزيد من الحرارة لرفع درجة حرارة كتلة معينة من الماء إلى عدد معين من الدرجات عما هو مطلوب لرفع نفس الكتلة من الإيثانول إلى نفس العدد من الدرجات. الحرارة النوعية للماء أعلى من الحرارة النوعية للإيثانول. ض م

0499_0504_C14_S2_681708.indd 501 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

تياطات السلامة

تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة
البدء في العمل. أرشد الطلاب إلى
امل بحذر مع السخان الكهربائي والماء
لي.

تراتيجيات التدريس

حضر عينات فلزية مختلفة للمجموعات
حتى يمكن للطلاب مشاركة البيانات
إكمال الحسابات الإضافية.
كرار بعض العينات أمر مهم ومفيد
حتى يتمكن للطلاب من جمع البيانات
مقارنتها.
مكن استخدام الموقد والحلقة
الحامل بدلاً من السخان الكهربائي.

ئج محتملة قد تكون قيم الحرارة
عية غير دقيقة بعض الشيء حيث
ظل بعض الماء المغلي فوق الفلز أثناء
لية النقل.

وذج بيانات

لة الفلز	65.637 g
جم الماء	90.0 mL
جة حرارة الماء البارد	28.0°C
جة حرارة الماء الساخن	98.5°C
جة الحرارة العظمى خليط	32.0°C

في العمل.

2. ارسم جدول لتسجيل بياناتك.
3. ضع حوالي 150 mL من **الماء المقطر** في كأس سعة 250 mL. ضع الكأس على **سخان كهربائي**.
4. استخدم **ميزان** لتحديد كتلة **قطعة الفلز**.
5. باستخدام **ملقط** ضع قطعة الفلز بحذر في الكأس الموجود فوق السخان.
6. قس 90.0 mL من الماء المقطر باستخدام **مخبار مدرج**.
7. صب الماء في **كوب القهوة** الموجود داخل **كأس آخر سعته 250 mL**.
8. قس وسجل درجة حرارة الماء باستخدام **ثيرموميتر غير زئبقي**.

التحليل

1. **احسب** مقدار الحرارة التي امتصها الماء. الحرارة النوعية للماء H_2O هي 4.184 J/g•°C لأن كثافة الماء تبلغ 1.0 g/mL. استخدم كمية الماء باعتبارها الكتلة.
2. **احسب** الحرارة النوعية للفلز الخاص بك. افترض أن الحرارة التي امتصها الماء تساوي الحرارة التي فقدها الفلز.
3. **قارن** هذه القيمة التجريبية بالقيمة الصحيحة للحرارة النوعية للفلز الخاص بك.
4. **صف** مصادر الخطأ الرئيسة في هذه التجربة. ما التعديلات التي يمكنك تنفيذها في هذه التجربة لتقليل الخطأ؟

نظرًا لأنك مهتم بالحرارة المنبعثة من التفاعل الكيميائي والتي تمتصها الكمادة، فمن المناسب أن تفكر بالكمادة ومحتوياتها باعتبارها النظام. في الكيمياء الحرارية يعتبر **النظام** هو الجزء المعين من الكون الذي يشمل التفاعل أو العملية التي ترغب في دراستها. يعتبر كل شيء في الكون بخلاف النظام **المحيط**. لذا يُعرف **الكون** بالنظام زائد المحيط.

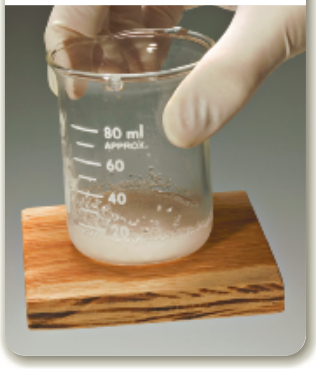
الكون = النظام + المحيط

ما نوع انتقال الطاقة الذي يحدث خلال التفاعل الطارد في الكمادة الساخنة؟ تنتقل الحرارة الناتجة عن التفاعل من الكمادة الساخنة (نظام التفاعل) إلى يديك الباردتين (جزء من المحيط).

ماذا يحدث خلال العملية أو التفاعل الماص للحرارة؟ بنعكس انتقال الحرارة. تنتقل الحرارة من المحيط إلى النظام. عندما يتم وضع هيدروكسيد الباريوم وبلورات ثيوسيانات الأمونيوم، كما هو موضح في **الشكل 7** في الكأس ويتم خلطهما معًا، يحدث تفاعل ماص للحرارة. يسمح وضع الكأس على لوح رطب بانتقال الحرارة من الماء واللوح (المحيط) إلى الكأس (النظام). يعتبر التغير في درجة الحرارة كبير حيث يؤدي إلى التصاق الكأس على اللوح بسبب تجمد الماء الموجود بين أسفل الكأس واللوح.

المحتوى الحراري وتغير المحتوى الحراري يعتمد إجمالي ما تحتويه المادة من الطاقة على عدة عوامل والتي لا يزال بعضها غير مفهومًا تمامًا. لذا، بات مستحيلًا معرفة محتوى الطاقة الإجمالي للمادة. اهتم الكيميائيون بتغيرات الطاقة التي تحدث خلال التفاعلات أكثر من اهتمامهم بكميات الطاقة الموجودة في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.

شكل 7 يمتص خليط التفاعل، خلال هذا التفاعل الماص للحرارة، طاقة كافية من الماء الموجود على السطح الرطب مما يؤدي إلى تجمده فيلتصق الكأس باللوح.



التحليل

3. 1–. ستختلف نتائج الطلاب وفقًا للفلز المُستخدم.
4. قد ينوه الطلاب إلى فقدان الحرارة وانتقالها إلى الأوساط المحيطة والتصاق الماء الساخن بالفلز أو فقدان الحرارة من الفلز خلال عملية النقل وحدوث خطأ في القياس والانسكاب. يجب على الطلاب اقتراح أن أكبر مصادر الخطأ وهو فقدان الحرارة من المسعر يمكن الحد منه عن طريق تحسين العزل.

مشروع الكيمياء

فهرسة التفاعلات اليومية

اطلب إلى الطلاب التفكير في تفاعلين أو عمليتين طاردتين للحرارة وتفاعلين آخرين ماصين للحرارة من التفاعلات التي يواجهونها في حياتهم اليومية. اطلب إليهم تسجيل المعلومات التالية: وصف لكل تفاعل أو عملية واتجاه التدفق الحراري بين النظام والأوساط المحيطة وتغير المحتوى الحراري للنظام وتغير المحتوى الحراري للأوساط المحيطة وإشارة (موجب أو سالب) لـ ΔH_{rxn}. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0499_0504_C14_S2_681708.indd 502 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

للمادة، إلا أنه بوسعك قياس التغير الذي يطرأ على المحتوى الحراري وهو الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها خلال التفاعل الكيميائي. يُطلق على التغير في المحتوى الحراري للتفاعل **المحتوى الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل)** (ΔH_{rxn}). لقد تعلمت بالفعل أن الرمز الذي يسبقه الحرف اليوناني (Δ) يُقصد به التغير في الخاصية. لذلك، فإن ΔH_{rxn} هو الفرق بين المحتوى الحراري للمواد التي توجد في نهاية التفاعل والمحتوى الحراري للمواد الموجودة في بداية التفاعل.

$$\Delta H_{rxn} = H_{final} - H_{initial}$$

ولأن المواد المتفاعلة موجودة في بداية التفاعل والمواد الناتجة موجودة في نهاية التفاعل تصبح المعادلة.

$$\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants}$$

إشارة المحتوى الحراري للتفاعل تذكَّر تفاعل الكمادة الساخنة.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 1625\ kJ$$

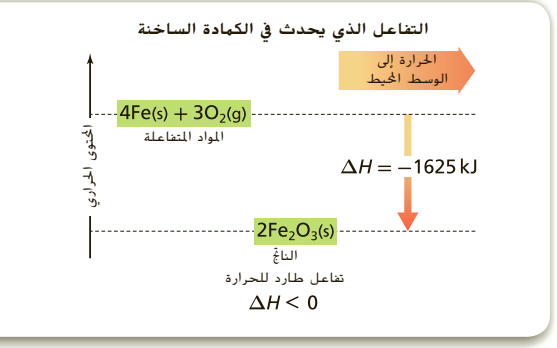
طبقًا للمعادلة، تفقد المواد المتفاعلة في هذا التفاعل الطارد للحرارة حرارتها فتكون H المواد الناتجة < H المواد المتفاعلة. عندما يتم طرح H المواد المتفاعلة من H المواد الناتجة الأصغر نحصل على قيمة سالبة لـ ΔH_{rxn}. التغيرات الحرارية في التفاعلات الطاردة للحرارة دائمًا سالبة. تُكتب معادلة تفاعل الكمادة الساخنة وتغيرها الحراري عادةً على النحو التالي.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)\ \Delta H_{rxn} = -1625\ kJ$$

تم عرض رسم بياني للتغير في المحتوى الحراري في **الشكل 8**.

شكل 8 يشير السهم المتجه نحو الأسفل إلى أنه تم تحرير 1625 kJ من الحرارة إلى المحيط في التفاعل الذي حدث بين الحديد والأكسجين. توفر الكمادة الساخنة التي تستخدم هذا التفاعل الطاقة لتدفئة اليدين الباردتين.

فسِّر كيف يوضح الرسم البياني أن هذا التفاعل طارد للحرارة.



المحتوى الحراري وضّح أن المحتوى الحراري هو دالّة الحالة—خاصية النظام التي تعتمد فقط على حالتها الحالية. وضّح أن إحدى الخصائص المهمة لدالّة الحالة، مثل H، هو عدم اعتماد التغير في H (ΔH) على المسار بين الحالتين الأولى والنهائية. $\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants}$

■ **سؤال الشكل 8** يوضح هذا الشكل تفاعلًا طاردًا للحرارة حيث طاقة المواد المتفاعلة أعلى من طاقة المواد الناتجة على مقياس الطاقة.

التقويم

مهارة اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة كيميائية حرارية للتفاعل بين مادتين صلبتين، A و B والذي يُسفر عن مادتين غازيتين، C و D ويُطلق 128 kJ من الحرارة.

$A(s) + B(s) \rightarrow C(g) + D(g)\ \Delta H = -128\ kJ$ ض م

التعلم بالوسائل البصرية

الشكل 7 وضّح للطلاب أن الماء لا يمتص كل الطاقة الناتجة عن التفاعل داخل المسعر. يمتص المسعر نفسه جزءًا من هذه الطاقة، وتعتمد كمية الطاقة على المواد المستخدمة داخل المسعر وكيفية تكوينها. لذلك، تتم معايرة المسعرات الجديدة كل على حدة لتحديد درجة ثبات المسعر والتي يتم تطبيقها على جميع الحسابات التي تتم باستخدام هذا المسعر.

0499_0504_C14_S2_681708.indd 503 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

المادة المتفاعلة
عملية ماصة للحرارة
$\Delta H > 0$

■ **شكل 9** يشيرالسهم المتجه نحو الأعلى إلى أنه قد تم امتصاص 27 KJ من الحرارة من المحيط خلال عملية إذابة NH_4NO_3. يُعد هذا التفاعل أساس الكمادة الباردة. عندما تُوضع الكمادة الباردة على ساق شخص، يُصدر ساقه الحرارة اللازمة ويبرد نفسه.

حدد كمية الطاقة التي تمتصها نيترات الأمونيوم عند تنشيط الكمادة الباردة؟

الآن، تذكر عملية الكمادة الباردة.

$$27\ kJ + NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

بالنسبة للتفاعل الماص للحرارة $H_{products} > H_{reactants}$. لذلك، عندما يتم طرح $H_{reactants}$ من $H_{products}$ يتم تحقيق نتيجة موجبةلـ ΔH_{rxn}. يكتب الكيميائيون معادلة عملية الكمادة الباردة وتغير محتواها الحراري بالطريقة التالية:

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)\ \ \Delta H_{rxn} = 27\ kJ$$

شكل 9 يوضح التغير في الطاقة لعملية الكمادة الباردة. المحتوى الحراري للنواتج في هذه العملية أكبر بمقدار 27kJ من المحتوى الحراري للمادة المتفاعلة حيث تم امتصاص الطاقة. لذلك، فإن إشارة ΔH_{rxn} لهذا التفاعل وغيره من التفاعلات والعمليات الأخرى الماصة للحرارة تكون موجبة. تذكر أن إشارة ΔH_{rxn} لجميع التفاعلات الطاردة للحرارة تكون سالبة.

التغير في المحتوى الحراري ΔH يعادل الحرارة المكتسبة أو المفقودة q_p خلال التفاعل أو العملية التي تمت تحت ضغط ثابت. نظرًا لأن جميع التفاعلات الواردة في هذا الكتاب قد تمت تحت ضغط ثابت، يمكنك القول بأن $q = \Delta H_{rxn}$.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يُعرّف الكون، في الكيمياء الحرارية، بالنظام زائد المحيط.
- تُسمى الحرارة المكتسبة أو المفقودة خلال التفاعل الكيميائي أو العملية التي تمت تحت ضغط ثابت التغير في المحتوى الحراري(ΔH).
- عندما تكون ΔH موجبة، يكون التفاعل ماص للحرارة. عندما تكون ΔH سالبة، يكون التفاعل طاردًا للحرارة.

16. **الفكرة الرئيسة صف** كيف يمكنك حساب مقدار الحرارة الذي تم اكتسابه أو فقدانه عند تغير درجة حرارة المادة.
17. **فسِّر** لماذا ΔH تكون للتفاعل الطارد للحرارة دائمًا قيمة سالبة؟
18. **فسِّر** لماذا يعتبر مقدار الماء المحدد جزء أساسي من المِسعَّر؟
19. **فسِّر** سبب وجوب معرفة الحرارة النوعية للمادة كي تتمكن من حساب الحرارة المكتسبة أو المفقودة نتيجة لتغير درجة حرارة المادة.
20. **صف** ماذا يُقصد بالنظام في الديناميكا الحرارية، وما العلاقة بين النظام والمحيط والكون.
21. **احسب** الحرارة النوعية J/(g•°C) لمادة غير معلومة إذا كانت عينة كتلتها 2.50 g تحرر طاقة مقدارها 12.0 cal عندما تتغير درجة حرارتها من 25.0°C إلى 20.0°C.
22. **صمم تجربة** صف الخطوات التي يمكنك اتباعها لتحديد الحرارة النوعية لقطعة فلز كتلتها 45 g.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ك، فإن أي مزيج من النظام والأوساط
حيطة قد يكون مثالاً على الكون. ض م

ادة التدريس

ب إلى الطلاب تعريف ومقارنة الطاقة،
رارة والمحتوى الحراري. الطاقة هي
درة على بذل شغل أو إنتاج الحرارة.
رارة هي شكل من أشكال الطاقة
ي تتدفق من جسم أو مادة أكثر سخونة
جسم أو مادة أكثر برودة. المحتوى
راري هو محتوى حرارة النظام عند
ط ثابت. ض م

توسع

م رحلة ميدانية إلى محطة قريبة لتوليد
هرباء أو اطلب إلى ممثلة شركة كهرباء
يقدم عرضًا للطلاب حول عملية إنتاج
هرباء. وبدلاً من ذلك، يمكن لأي طالب
م ولديه شغف بالموضوع أن يُجري
بلة مع ممثل الشركة ويقدم عرضًا
مله الدراسي بالنتائج التي توصل إليها.
م

سؤال الشكل 9 27 kJ

لقسم 2 مراجعة

16. تُعادل الحرارة التي تم امتصاصها أو إطلاقها الحرارة النوعية للمادة × كتلتها × تغير درجة حرارتها.
17. $H_{products} < H_{reactants}$ و $\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants}$.
18. يجب أن تعرف كتلة الماء كي تتمكن من حساب الطاقة التي تم امتصاصها أو إطلاقها ($q = cm\Delta T$).
19. تُخبرك الحرارة النوعية للمادة بعدد وحدات الجول التي تم فقدها أو اكتسابها عن كل درجة تغير في درجات الحرارة وعن كل جرام من المادة.
20. يشمل النظام العملية التي يتم دراستها. تتمثل الأوساط المحيطة في كل شيء عدا النظام والكون هو كل ما يحيط به.
21. 4.02 J/(g•°C)
22. ضع كتلة معلومة من الماء في المسعر وقس درجة حرارتها. قم بتسخين عينة من فلز كتلتها 45 g إلى درجة 100°C وضع العينة في الماء. انتظر حتى تصبح درجة حرارة الماء ثابتة. قِس درجة الحرارة العظمى للماء واحسب الحرارة النوعية للفلز.

0499_0504_C14_S2_681708.indd 504 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

أو إطلاقها خلال التفاعل الكيميائي؟

مراجعة المفردات

تفاعل الاحتراق combustion reaction: هو تفاعل كيميائي يحدث عند تفاعل المادة مع الأكسجين، ويصدر طاقة في صورة حرارة وضوء

المفردات الجديدة

المعادلة الكيميائية الحرارية	thermochemical equation
حرارة الاحتراق	enthalpy (heat) of combustion
الحرارة المولية للتبخير	molar enthalpy (heat) of vaporization
الحرارة المولية للانصهار	molar enthalpy (heat) of fusion

والإرهاق بتفاعلات الاحتراق التي تحدث في خلايا جسمك، هذا الاحتراق هو نفس الاحتراق الذي قد تلاحظه عند احتراق الوقود.

كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية

يعتبر تغير الطاقة جزء هام من التفاعلات الكيميائية، لذا، يُدرج الكيميائيون ΔH كجزء من عدة تفاعلات كيميائية. يُطلق على معادلات الكمادة الساخنة والكمادة الباردة معادلات كيميائية حرارية عند كتابتها على النحو التالي:

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) \quad \Delta H = -1625 \text{ kJ}$$

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq) \quad \Delta H = 27 \text{ kJ}$$

المعادلة الكيميائية الحرارية هي عبارة عن معادلة كيميائية موزونة تتضمن الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناتجة وتغير الطاقة، والذي يتم التعبير عنه عادة بالتغير في المحتوى الحراري ΔH.

ينتج عن احتراق الجلوكوز الطارد للحرارة في الجسم طاقة (عملية الأيض). تُكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الجلوكوز على النحو التالي:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) \quad \Delta H_{comb} = -2808 \text{ kJ}$$

حرارة الاحتراق (ΔH_{comb}) هي التغير في المحتوى الحراري عند الاحتراق الكامل لمول واحد من المادة. تم عرض حرارة الاحتراق القياسية للعديد من المواد في **جدول 3**. يُرمز لتغيرات المحتوى الحراري القياسية بالرمز ΔH°. يُشير الصفر العلوي إلى تحديد التغيرات في المحتوى الحراري لجميع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في ظل ظروف قياسية. تتمثل الظروف القياسية في ضغط 1 atm ودرجة حرارة 298 K (25°C) ويجب عدم الخلط بينها وبين الضغط ودرجة الحرارة القياسيين (STP).

جدول 3 حرارة الاحتراق القياسية

المادة	الصيغة	ΔH°_{comb} (kJ/mol)
السكروز (سكر المائدة)	$C_{12}H_{22}O_{11}(s)$	−5644
الأوكتان (أحد مكونات الجازولين)	$C_8H_{18}(l)$	−5471
الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الفاكهة)	$C_6H_{12}O_6(s)$	−2808
البروبان (وقود غازي)	$C_3H_8(g)$	−2219
الميثان (وقود غازي)	$CH_4(g)$	−891

الحرارية اطلب إلى الطلاب الرجوع إلى الصورة الافتتاحية للوحدة واطلب إليهم تذكر التفاعل الكيميائي الذي يزود صواريخ الدفع في المكوك الفضائي بالطاقة.

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

وضّح لهم أنه يوجد تفاعل مشابه ولكن أقل نشاطًا وهو يحدث عند احتراق غاز الهيدروجين في الهواء (حيث يتفاعل مع الأكسجين) لإنتاج الماء السائل. وضّح أن هذا التفاعل الطارد للحرارة يُطلق 286 kJ لكل مول ماء تم تكوينه. ثم، اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لهذا التفاعل خلال العملية، مع التأكد من إدراج الحالات الفيزيائية لكل من المواد المتفاعلة والناتجة.

$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$
$\Delta H = -286$ kJ
or $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$
$\Delta H = -572$ kJ ض م

2 التدريس

استخدام المصطلحات العلمية

مصطلحات يجب معرفتها اطلب إلى الطلاب استخدام القاموس لإيجاد وفهم معاني العديد من المفردات الأساسية المستخدمة في الأقسام 1، 2، 3: الكامنة، التصنيف، النظام، الأوساط المحيطة، الكون، الكيمياء الحرارية، الاحتراق، التبخير والانصهار. ض م

مشروع الكيمياء

كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية

اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية لاحتراق مول واحد لكل مادة من المواد المدرجة في جدول 3. أم

0505_0509_C14_S3_681708.indd 505 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

حمض الأسيتيك	CH_3COOH	23.4	11.7
الأمونيا	NH_3	23.3	5.66

تغيرات الحالة

هناك العديد من العمليات، غير التفاعلات الكيميائية، التي تمتص الحرارة أو تطلقها. على سبيل المثال، فكّر فيما يحدث عند خروجك من حمام ساخن. سوف ترتعش حيث يتبخر الماء من جلدك. يرجع هذا لأن جلدك يوفر الحرارة اللازمة لتبخر الماء.

وبينما تخرج الحرارة من جلدك لتبخير الماء، سوف تشعر بالبرودة. يُطلق على الحرارة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل **الحرارة المولية للتبخير** (ΔH_{vap}). وبالمثل، إذا أردت كوبًا من الماء البارد، يمكنك وضع مكعب من الثلج بداخله. فيبرد الماء حيث أنه يوفر الحرارة اللازمة لانصهار الثلج. يُطلق على الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من المادة الصلبة **الحرارة المولية للانصهار** (ΔH_{fus}). ولأن عمليات تبخير السائل وصهر المادة الصلبة تعتبر عمليات ماصة للحرارة، فإن قيم ΔH لها تكون موجبة. تم عرض الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار لخمسة مركبات شائعة في **جدول 4.**

المعادلات الكيميائية الحرارية لتغيرات حالة المادة يمكن وصف تبخير الماء وانصهار الثلج بالمعادلات التالية:

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_{vap} = 40.7\ kJ$$
$$H_2O(s) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{fus} = 6.01\ kJ$$

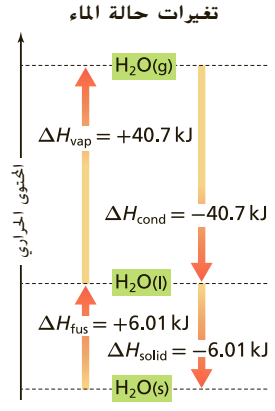
تُشير المعادلة الأولى إلى أنه قد تم امتصاص 40.7 kJ من الطاقة عند تحويل مول واحد من الماء إلى مول واحد من بخار الماء. تُشير المعادلة الثانية إلى أنه تم امتصاص 6.01 kJ من الطاقة عند انصهار مول واحد من الثلج ليتحول إلى مول واحد من الماء السائل.

ما الذي يحدث في العمليات العكسية، عندما يتكثف بخار الماء ويتحول إلى ماء سائل أو يتجمد الماء السائل ويتحول إلى ثلج؟ يتم إطلاق نفس كميات الطاقة في هذه العمليات الطاردة للحرارة تمامًا كالتي يتم امتصاصها في العمليات الماصة للحرارة كالتبخير والانصهار. لذلك، تكون الحرارة المولية للتكثف (ΔH_{cond}) والحرارة المولية للتبخير نفس القيمة العددية ولكن مختلفة في الإشارة. وبالمثل، فإن الحرارة المولية للتجمد (ΔH_{solid}) تساوي القيمة العددية للحرارة المولية للانصهار ولكن مختلفة الإشارة.

$$\Delta H_{vap} = -\Delta H_{cond}$$
$$\Delta H_{fus} = -\Delta H_{solid}$$

تم توضيح العلاقات في **شكل 10.**

■ **شكل 10** تُشير الأسهم المتجهة للأعلى إلى زيادة طاقة النظام عند انصهار الثلج ثم تبخره بعد ذلك. تُشير الأسهم المتجهة نحو الأسفل إلى انخفاض طاقة النظام عند تكثف بخار الماء ثم تجمده بعد ذلك.



دفتر الكيمياء

إضافات الجازولين يخضع شرط احتواء الجازولين على المركبات المعالجة بالأكسجين في بعض المناطق بالبلاد للفحص الدقيق بسبب تكلفتها العالية وما لها من آثار سلبية على البيئة. اطلب إلى الطلاب البحث في آثار إضافة المركبات المعالجة بالأكسجين كالإيثانول وميثيل ثالثي بيوتيل إيثر (MTBE) إلى الجازولين على مسافة السير وعلى البيئة. اطلب إليهم تسجيل النتائج التي توصلوا إليها في دفاتر الكيمياء. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0505_0509_C14_S3_681708.indd 506 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

الانصهار والتبخير.

التحقق من فهم النص **صنّف** عمليات التكثف، والتجمد، والتبخير، والانصهار باعتبارهم عمليات طاردة أو ماصة للحرارة.

مختبر حل المسائل

ارسم رسومًا بيانية واستخدمها

كيف يمكنك رسم منحنى تسخين؟ تمتاز جسيمات الماء بقوة تجاذبها لبعضها وذلك لأنها قطبية وتكون روابط هيدروجينية. بسبب قوة التجاذب بين جسيمات الماء تكون الحرارة النوعية للماء كبيرة وكذلك الحرارة المولية للتبخير والانصهار.

التحليل

استخدم البيانات المُسجلة بالجدول لرسم منحنى تسخين (درجة الحرارة مقابل الزمن) لعينة كتلتها 180 g من الماء والتي يتم تسخينها بمعدل ثابت ما بين درجة حرارة −20°C إلى 120°C. ارسم خط مناسب عبر النقاط. لاحظ الزمن اللازم لمرور الماء عبر كل جزء من أجزاء الرسم البياني.

التفكير الناقد

1. **حلّل** كل منطقة من المناطق الخمس على الرسم البياني، والتي تتميز بتغير مفاجيء في الميل. وضح كيف يُغير امتصاص الحرارة طاقة (الحركة والوضع) لجسيمات الماء.
2. **احسب** كمية الحرارة اللازمة للمرور عبر كل منطقة من مناطق الرسم البياني، $180\ g\ H_2O = 10\ mol\ H_2O$, $\Delta H_{fus} = 6.01\ kJ/mol$, $\Delta H_{vap} = 40.7\ kJ/mol$, $c_{H_2O(s)} = 2.03\ J/(g \cdot °C)$, $c_{H_2O(\ell)} = 4.184$ $c_{H_2O(g)} = 2.01\ J/(g \cdot °C)$. كيف يرتبط الزمن اللازم للمرور عبر كل منطقة بكمية الحرارة التي تم امتصاصها؟
3. **استنتج** كيف يبدو شكل منحنى تسخين الإيثانول؟ ينصهر الإيثانول عند درجة حرارة −114°C ويغلي عند 78°C. ارسم منحنى تسخين الإيثانول من درجة حرارة −120°C إلى 90°C. ما العوامل التي تحدد أطوال المناطق المسطحة وميل المنحنى بين المناطق المسطحة؟

بيانات الزمن ودرجة الحرارة للماء

الزمن (min)	درجة الحرارة (°C)	الزمن (min)	درجة الحرارة (°C)
0.0	−20	13.0	100
1.0	0	14.0	100
2.0	0	15.0	100
3.0	9	16.0	100
4.0	26	17.0	100
5.0	42	18.0	100
6.0	58	19.0	100
7.0	71	20.0	100
8.0	83	21.0	100
9.0	92	22.0	100
10.0	98	23.0	100
11.0	100	24.0	100
12.0	100	25.0	100

التدريس المتمايز

متعلمون فوق المستوى وضح أن قيمة ΔH 286 kJ− لتكوين 1 mol من الماء السائل من عناصره في حالتها القياسية تُعرف بحرارة تكوين الماء السائل. يمكن استخدام حرارة التكوين لحساب قيم ΔH لعديد من التفاعلات من خلال طرح مجموع درجات حرارة تكوين المواد المتفاعلة من مجموع درجات حرارة تكوين المواد الناتجة: $\Delta H_{(reaction)} = \Sigma\ \Delta H_{f(products)} - \Sigma\ \Delta H_{f(reactants)}$. اطلب إلى الطلاب استخدام جدول درجات الحرارة القياسية للتكوين لتحديد $\Delta H_{(reaction)}$ للتفاعلات التالية. وضّح أن القيم المدرجة بالجدول هي درجات الحرارة المولية للتكوين، لذا يجب ضربها في عدد المولات المذكورة في التفاعل. أم

a. $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2$ [−116.2 kJ]
b. $Fe_2O_3 + 3CO(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 2Fe(s)$ [−24.8 kJ]

استراتيجيات التدريس

- راجع العلاقة بين درجة الحرارة ومتوسط الحركة الجزيئية.
- استخدم المغناطيس لتمثيل الطاقة الكامنة المرتبطة بالقوى ثنائية القطب القوية بين جزيئات الماء.
- ستتكون الرسوم البيانية للطلاب من ثلاث خطوات. سيتزايد المنحدر الأول من 0°C to −20°C ويستقر عند 0°C. وسيتزايد المنحدر الثاني من 0°C إلى 100°C ويستقر عند 100°C. ويزداد المنحدر الثالث من 100°C إلى 120°C.

التفكير الناقد

1. من −20°C إلى 0°C، تزداد الحركة الجزيئية. عند مستوى 0°C، تزداد الطاقة الكامنة. من 0°C إلى 100°C، تزداد الحركة الجزيئية. عند مستوى 100°C، تزداد الطاقة الكامنة. من 100°C إلى 120°C، تزداد الحركة الجزيئية.
2. من −20°C إلى 0°C، $q = 7\ kJ$. انصهار الثلج، $q = 60\ kJ$. من 0°C إلى 100°C، $q = 80\ kJ$. تبخر الماء، $q = 400\ kJ$. من 100°C إلى 120°C، $q = 7\ kJ$.
3. من −120°C إلى −114°C يرتفع المنحنى بصورة منتظمة. عند −114°C، يصبح المنحنى أفقيًا لبعض الوقت ثم يرتفع مرة أخرى حتى يصل إلى 78°C حيث يصبح أفقيًا مرة أخرى. وبمرور الزمن، يرتفع المنحنى إلى 90°C. تعتمد أطوال المناطق المستوية على كمية الإيثانول التي يتم تسخينها وكمية الحرارة التي يتم إضافتها مع مرور الزمن. تحدد هذه العوامل بالإضافة إلى الحرارة النوعية للمادة ميل المنحنى التصاعدي بين المناطق المستوية

التأكد من فهم النص التكاثف، طارد للحرارة؛ التجمد، طارد للحرارة؛ التبخير، ماص للحرارة؛ الانصهار، ماص للحرارة

0505_0509_C14_S3_681708.indd 507 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

معلوم
كتلة الجلوكوز = 54.0 g $C_6H_{12}O_6$
$\Delta H_{comb} = -2808$ kJ

مجهول
q = ؟ kJ

2 حساب المجهول
حوّل جرامات $C_6H_{12}O_6$ إلى مولات $C_6H_{12}O_6$.

$$54.0\ \text{g}\ C_6H_{12}O_6 \times \frac{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}{180.18\ \text{g}\ C_6H_{12}O_6} = 0.300\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6$$

اضرب في مقلوب الكتلة المولية $\frac{1\ \text{mol}}{180.18\ \text{g}}$.

اضرب مولات $C_6H_{12}O_6$ في حرارة الاحتراق ΔH_{comb}.

$$0.300\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6 \times \frac{2808\ \text{kJ}}{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6} = 842\ \text{kJ}$$

اضرب مولات الجلوكوز في $\frac{2808\ \text{kJ}}{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}$.

3 تقييم الإجابة
جميع القيم المستخدمة في الحساب لها ثلاثة أرقام معنوية لذا فإن الجواب سيتكون بشكل صحيح من ثلاثة أرقام. كما هو متوقع، فإن الحرارة الناتجة أقل من ثلث ΔH_{comb}.

تطبيق

23. احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7 g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره.
استخدم **جدول 4**.

24. ما كمية الحرارة الناتجة عند تكثيف 275 g من غاز الأمونيا وتحويله إلى سائل عند درجة غليانه؟ استخدم **جدول 4** لتحديد ΔH_{cond}.

25. تحدي ما هي كتلة الميثان(CH_4) التي يجب حرقها لإنتاج 12,880 kJ من الحرارة؟ استخدم **جدول 3**.

الربط بعلم الأحياء عندما يتم احتراق مول واحد من الجلوكوز في مسعر الاحتراق، يتم إطلاق 2808 kJ من الحرارة. يتم إنتاج نفس هذا القدر من الطاقة داخل جسمك عندما تؤيّض كتلة مساوية من الجلوكوز أثناء عملية التنفس الخلوي. تحدث هذه العملية في كل خلية من خلايا جسمك في سلسلة من مجموعة خطوات معقدة يتكسر خلالها الجلوكوز ويتم إطلاق الماء وثاني أكسيد الكربون. هذه هي نفس المواد الناتجة عن احتراق الجلوكوز في المِسعّر. يتم تخزين الطاقة الناتجة باعتبارها طاقة وضع كيميائية في روابط جسيمات الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP). عندما يحتاج أي جزء من أجزاء الجسم للطاقة، تُطلق جسيمات ATP طاقتها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

2.58 kJ .
376 kJ .
232 g CH_4 .

التقويم

مهارة اطلب إلى الطلاب كتابة
عادلة الكيميائية الحرارية لعملية الأكسدة
ملة للسكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$) وتحوله إلى
ثاني أكسيد الكربون والماء السائل
$C_{12}H_{22}O_{11}(s) + 12O_2(g)$
$12CO_2(g) + 11H_2O$
$\Delta H = -5644$ kJ **م**

دفتر الكيمياء

المعادلات الكيميائية الحرارية بعد دراسة القسم 3، اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية في دفاتر الكيمياء الخاصة بهم لثلاثة تفاعلات كيميائية أو أكثر من التفاعلات التي قد درسوها في الوحدات السابقة. اطلب إليهم الحصول على قيم الحرارة اللازمة للتكوين من جدول R-11. **ض م**

التدريس المتمايز

متعلمون فوق المستوى اطلب إلى الطلاب البحث في الدور الذي تلعبه الكيمياء الحرارية في مجال هندسة علم المواد. أخبر الطلاب أن مجال المواد اللاصقة كتلك المستخدمة في الأشرطة والأصماغ تعتبر أحد المجالات التي يمكنهم بدء أبحاثهم من خلالها. **أم**

0505_0509_C14_S3_681708.indd 508 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

$C_{10}H_8(s) \rightarrow C_{10}H_8(l)$ ماص للحرارة

$H_2O(l) \rightarrow H_2O(s)$ طارد للحرارة ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب كتابة ومقارنة المعادلات الكيميائية والكيميائية الحرارية لاحتراق مول واحد من غاز الميثان.

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$; $\Delta H = -891$ kJ

تشمل المعادلة الكيميائية الحرارية الحالة الفيزيائية لكلٍ من المواد المتفاعلة والناتجة والتغير في المحتوى الحراري. ض م

التوسع

اشرح للطلاب أن بعض المواد الصلبة تتحول مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون أن تتحول إلى سائل. يُطلق على هذه العملية اسم "التسامي". اسأل الطلاب عن كيفية المقارنة بين الطاقة اللازمة لتسامي مول واحد من الماء والطاقة اللازمة لانصهاره ثم تبخيره. قد نحتاج إلى كمية الطاقة نفسها. ض م

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 891$ kJ

تعمل معظم المركبات كالسيارات، والطائرات، والقوارب، والشاحنات باحتراق الجازولين، والذي يتكون معظمه من الأوكتان (C_8H_{18}). **جدول 3** يوضح أن احتراق مول واحد من الأوكتان ينتج 5471 kJ وتكتب معادلة احتراق الأوكتان على النحو التالي:

$C_8H_{18}(l) + \frac{25}{2}O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(l) + 5471$ kJ

هناك تفاعل احتراق آخر وهو احتراق الهيدروجين.

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) + 286$ kJ

يوفر احتراق الهيدروجين الطاقة اللازمة لرفع المكوك في الفضاء، كما هو موضح في الصفحة الافتتاحية لهذه الوحدة.

■ **شكل 11** تعتبر هذه الأطعمة وقودًا للجسم. إنها توفر الجلوكوز الذي يتم حرقه لإنتاج 2808 kJ/mol للقيام بأنشطة الحياة اليومية.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- تتضمن المعادلة الكيميائية الحرارية الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة كما تُحدد التغير في المحتوى الحراري.
- الحرارة المولية للتبخير ΔH_{vap} هو مقدار الطاقة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل.
- الحرارة المولية للانصهار ΔH_{fus} هو مقدار الطاقة اللازمة لصهر مول واحد من المادة الصلبة.

26. الفكرة **الرئيسة اكتب** معادلة كيميائية حرارية لاحتراق الإيثانول (C_2H_5OH) $\Delta H_{comb} = -1367$ kJ/mol

27. **حدد** أي من العمليات التالية تعتبر طاردة للحرارة؟ وأيها ماصة للحرارة؟

a. $C_2H_5OH(l) \rightarrow C_2H_5OH(g)$

b. $Br_2(l) \rightarrow Br_2(s)$

c. $C_5H_{12}(g) + 8O_2(g) \rightarrow 5CO_2(g) + 6H_2O(l)$

d. $NH_3(g) \rightarrow NH_3(l)$

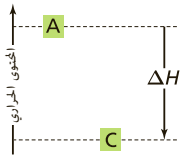
e. $NaCl(s) \rightarrow NaCl(l)$

28. **وضح** كيف يمكنك حساب الحرارة الناتجة عن تجمُّد 0.250 mol من الماء.

29. **احسب** ما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 206 g من غاز الهيدروجين؟ $\Delta H_{comb} = -286$ kJ/mol

30. **طبِّق** الحرارة المولية لتبخير الأمونيا هي 23.3 kJ/mol. ما هي الحرارة المولية لتكثف الأمونيا؟

31. **فسِّر الرسوم العلمية** تم توضيح المحتوى الحراري للتفاعل A ← C في الرسم البياني على اليسار. هل يعتبر التفاعل تفاعل ماص أم طارد للحرارة؟ فسر إجابتك.



القسم 3 مراجعة

26. $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$ $\Delta H_{comb} = -1367$ kJ/mol

27. التفاعلات **b** و **c** و **d** طاردة للحرارة. التفاعلان **a** و **e** ماصان للحرارة.

28. اضرب 0.250 mol في الحرارة المولية لانصهار الماء 6.01 kJ/mol.

29. 29,300 kJ

30. −23.3 kJ/mol

31. يعتبر هذا التفاعل طاردًا للحرارة حيث أن طاقة المادة الناتجة (C) أقل من طاقة المادة المتفاعلة (A).

0505_0509_C14_S3_681708.indd 509 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

التفاعلات تفهم بصورة أفضل حين تشاهدها على أنها مجموعة من تفاعلين بسيطين أو أكثر.

قانون هس

في بعض الأحيان يكون من المستحيل أو من غير العملي حساب ΔH في تفاعل ما باستخدام الكالوريميتر. يبين **الشكل 12**، تحويل الكربون من صورته التآصلية الماس، إلى صورته التآصلية الجرافيت.

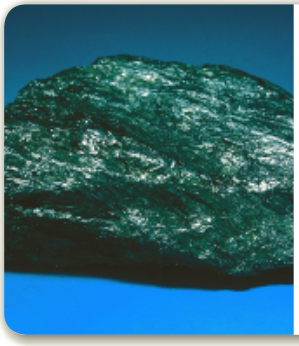
$$C(s, \text{ماس}) \rightarrow C(s, \text{جرافيت})$$

يحدث هذا التفاعل ببطء شديد بحيث يصبح حساب التغير في المحتوى الحراري مستحيلًا. تحدث تفاعلات أخرى في ظل ظروف يصعب تكرارها في المختبر. كما أن هناك تفاعلات أخرى ينتج عنها نواتج غير تلك المرغوب فيها. لهذا يستخدم الكيميائيون طريقة نظرية لحساب ΔH.

لنفترض أنك تدرس تكوين ثالث أكسيد الكبريت في الهواء الجوي. ستحتاج لحساب ΔH لهذا التفاعل.

$$2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = ?$$

لسوء الحظ ينتج عن التجارب المعملية لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت وحساب ΔH مزيج من النواتج غالبًا ما تكون ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في مواقف مثل هذه. يمكنك حساب ΔH باستخدام قانون هس للجمع الحراري. **قانون هس** ينص على أنك إذا استطعت جمع معادلتين حراريتين أو أكثر لإنتاج معادلة نهائية للتفاعل فسيكون مجموع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الفردية هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل النهائي.



الشكل 12 إن عبارة "الماس يدوم للأبد" تشير إلى قوة ومتانة الماس وتوضح أن تحويل الماس إلى جرافيت يتم ببطء شديد بحيث سيكون من المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري.

- ما التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما باستخدام بيانات حرارة التكوين القياسية؟

مراجعة المفردات

المتآصل allotrope: ظاهرة وجود العنصر في أكثر من صورة يكون لها تراكيب بنائية وخصائص مختلفة حين تكون جميعها في نفس الحالة.

المفردات الجديدة

قانون هس	Hess's law
حرارة التكوين القياسية	standard enthalpy (heat) of formation

ة الطلاب من التعقيد الظاهري عند
خدام قانون هس عند قراءتهم هذا
سم لأول مرة، عليك بتوجيههم من خلال
خدام المثال الموجود في بداية القسم.

a. $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$
$\Delta H = -297$ kJ

b. $2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2($
$\Delta H = 198$ kJ

c. $2S(s) + 2O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g$
$\Delta H = -594$ kJ

d. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3($
$\Delta H = -198$ kJ

ل عن الصيغ التي يتم إلغاؤها عند جمع
d لإنتاج المعادلة المطلوبة.
$2SO_2($ يُلغى من طرفي المعادلة
ائية. ض م

التدريس

طوير المفاهيم

ون هس ساعد الطلاب على فهم
ون هس باستخدام هذا التشبيه. افترض
ستذهب في رحلة طويلة بالسيارة.
قدت مسافة 800 km في اليوم
ل و 720 km في اليوم الثاني و
600 k في اليوم الثالث و 680 km في
م الرابع، يمكنك حساب إجمالي
افة الرحلة بجمع المسافات المقطوعة
ل الأيام.
(800 km + 720 km + 600 km
680 km = 2800 k وضّح أنه، إذا
التفاعل هو مجموع تفاعلين أو أكثر،
إجمالي التغيرات في المحتوى الحراري
ين التفاعلين أو أكثر هو التغير في
حتوى الحراري للتفاعل بشكل عام.
م

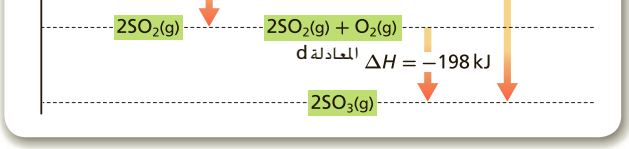
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

0510_0517_C14_S4_681708.indd 510 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

أن مجموع المعادلتين هو A → D.

■ **سؤال الشكل 13** +792 kJ



تطبيق قانون هس كيف يمكن استخدام قانون هس لحساب التغير في الطاقة للتفاعل الذي ينتج عنه SO_3؟

$$2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = ?$$

الخطوة 1 وهناك حاجة إلى المعادلات الكيميائية التي تحتوي على المواد الموجودة في المعادلة المطلوبة ويكون التغير في المحتوى الحراري معلومًا. تحتوي المعادلات التالية على S و O_2 و SO_3.

a. $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) \quad \Delta H = -297kJ$

b. $2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = 198kJ$

الخطوة 2 توضح المعادلة المطلوبة تفاعل مولين من الكبريت. لذا أعد كتابة المعادلة **a** لمولين من الكبريت عن طريق ضرب معاملاتها في 2. ضاعف التغير في المحتوى الحراري ΔH لأنه سيتم إطلاق ضعف الطاقة إذا تفاعل مولان من الكبريت. مع هذه التغيرات تصبح المعادلة **a** كالتالي (المعادلة **c**).

c. $2S(s) + 2O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) \quad \Delta H = 2(-297kJ) = -594kJ$

الخطوة 3 في المعادلة المطلوبة يكون ثالث أكسيد الكبريت ناتجًا وليس مادة متفاعلة. لذا قم بعكس المعادلة **b**. حين تقوم بعكس معادلة ما، يجب أن تغير إشارة ΔH الخاصة بها فتصبح المعادلة **b** هي المعادلة **d**.

d. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = -198\ kJ$

الخطوة 4 اجمع المعادلتين **c** و **d** للحصول على التفاعل المطلوب واجمع القيم المطابقة ل ΔH.

$2S(s) + 2O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) \quad \Delta H = -594\ kJ$

$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = -198\ kJ$

$2\cancel{SO_2}(g) + 2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2\cancel{SO_2}(g) + 2SO_3(g) \quad \Delta H = -792\ kJ$

تكون المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكبريت وتكوين ثالث أكسيد الكبريت كالتالي:

$$2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = -792\ kJ$$

يوضح الشكل 13 التغيرات في الطاقة.

دفتر الكيمياء

موازنة دفتر شيكات اطلب إلى الطلاب وصف أوجه الشبه بين موازنة دفتر شيكات وحساب ΔH لتفاعل كيميائي باستخدام قانون هس. إذا لم يكن لديهم حساب جارٍ أو لم يعرفوا كيفية موازنة الحساب، فقدّم لهم مثالاً وبيّن لهم كيفية موازنة الحساب. اطلب إليهم إدراج وصفهم في دفاتر الكيمياء الخاصة بهم. ض م

0510_0517_C14_S4_681708.indd 511 1/15/1

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

B. $CO(g) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow CO_2(g$
$\Delta H = -283$ kJ

جابة $\Delta H = -111$ kJ
ن المعادلة C عن طريق عكس
عادلة B وتغيير علامة ΔH.
C. $CO_2(g) \rightarrow CO(g) + 1/2\ O_2($
$\Delta H = 283$
ع المعادلتين A و C
اج المعادلة المطلوبة.
$1/2\ O_2(g) + (Cs,$ جرافيت$) \rightarrow CO$
افة قيم ΔH للمعادلات A و C يُنتج
-111.

التأكد من فهم النص تمت كتابة
المعادلة المذكورة أعلاه لتكوين
1 mol من SO_3 باستخدام معامل
كسري. تمت كتابة المعادلة الواردة
بالصفحة السابقة لتكوين مولين
من SO_3. لذلك، فإن ΔH للمعادلة
الواردة بالصفحة السابقة يعتبر ضعف
ΔH للمعادلة المذكورة أعلاه.

عرض توضيحي سريع

لتحلل الطارد للحرارة

تحذير: يعتبر بيروكسيد
الهيدروجين 30% عامل
أكسدةٍ قوياً ويمكن أن يُسبب
حروقًا شديدة. ارتدِ واقيًا
للعين ومريول المختبر
وقفازات مطاطية. نفذ العرض
التوضيحي داخل خزانة
الغازات. ضع مخبارًا زجاجيًا مدرجًا
سعته 100 mL في وعاء أو حوض.
ضف 5 mL من بيروكسيد الهيدروجين
(H_2O_2) و 5 mL من منظف غسيل
الأطباق السائل. استخدم ملعقة
صغيرة لإضافة حوالي 1 g من يوديد
البوتاسيوم (KI) للمخبار. (KI يحفز
حلل H_2O_2). يتحلل H_2O_2 سريعًا إلى
H_2O و O_2. مطلقًا الكثير من الحرارة
ومكونًا O_2 مع تكوّن رغوة.

مثال 5

قانون هس استخدم المعادلات الكيميائية الحرارية a و b أدناه لحساب ΔH لتفكك بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وهو مركب له استخدامات متعددة تتراوح من تبييض الشعر وحتى تزويد مُحرّكات الصواريخ بالطاقة.

$$2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$

a. $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)\ \Delta H = -572$ kJ

b. $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)\ \Delta H = -188$ kJ

1 تحليل المسألة

لقد تم إعطائك معادلتين كيميائيتين مع التغير في المحتوى الحراري لهما.
تحتوي المعادلتان على جميع المواد الموجودة في المعادلة المطلوبة.

معلوم

a. $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)\ \Delta H = -572$ kJ

b. $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)\ \Delta H = -188$ kJ

مجهول

$\Delta H = ?$ kJ

2 حساب المجهول

H_2O_2 هو مادة متفاعلة.

$H_2O_2(aq) \rightarrow H_2(g) + O_2(g)\ \Delta H = 188$ kJ — اعكس المعادلة b وغير إشارة ΔH.

نحتاج إلى مولين من H_2O_2.

c. $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2(g) + 2O_2(g)$ — اضرب المعادلة المعكوسة في اثنين للحصول على المعادلة c.

ΔH c للمعادلة $= (188\text{ kJ})(2)$ — اضرب 188kJ في اثنين للحصول على ΔH للمعادلة c.
$= 376$ kJ

c. $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2(g) + 2O_2(g)\ \Delta H = 376$ kJ — اكتب المعادلة c و ΔH.

اجمع المعادلتين a وc. مع إلغاء. اجمع ΔH للمعادلتين a وc.

a. $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)\ \Delta H = -572$ kJ — اكتب المعادلة a

c. $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2(g) + 2O_2(g)\ \Delta H = 376$ kJ — اكتب المعادلة c

$2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)\ \Delta H = -196$ kJ — اجمع المعادلتين a و c. واجمع ΔH.

3 تقييم الإجابة

ينتج عن جمع المعادلتين المعادلة المطلوبة.

دفتر الكيمياء

معادلات التكوين الكيميائية الحرارية

اطلب إلى الطلاب كتابة معادلات التكوين الكيميائية الحرارية للمركبات التالية ووضعها في دفاترهم اليومية: سيانيد الفضة ض م

سيانيد الفضة (s)	$\Delta H_f^\circ = 146$ kJ/mol
هيدروكسيد المغنيسيوم (s)	$\Delta H_f^\circ = -925$ kJ/mol
خماسي فلوريد الفوسفور (g)	$\Delta H_f^\circ = -1578$ kJ/mol
$CH_3COOH(l)$	$\Delta H_f^\circ = -484$ kJ/mol

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0510_0517_C14_S4_681708.indd 512 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

عرض توضيحي سريع

حرق السكر وضّح الاحتراق الطارد للحرارة لسكر المائدة برش بعض من الرماد الناعم من قطعة خشبية على مكعب سكر. يعمل الغبار الخشبي كحفاز للاحتراق. استخدم ملقطًا لوضع مكعب السكر في لهب الموقد. يمكن وضع الكربون الناتج في سلة المهملات عندما يبرد. اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق السكروز وتحوله إلى غاز ثاني أكسيد الكربون والماء السائل.

$C_{12}H_{22}O_{11}(s) + 12O_2(g) \rightarrow 12CO_2(g) + 11H_2O(l); \Delta H = -5644\ kJ$

حرارة التكوين القياسية

يسمح لك قانون هس بحساب قيم ΔH المجهولة باستخدام التفاعلات المعلومة وقيم ΔH التي تم حسابها بشكل تجريبي. ومع ذلك، فتدوين قيم ΔH لجميع التفاعلات الكيميائية المعلومة سيكون مهمة ضخمة ولا نهائية. ولكن عوضًا عن ذلك، يدون العلماء التغيرات في المحتوى الحراري ويستخدمونها لنوع واحد فقط من التفاعلات – تفاعل يتكون فيه مركب من عناصره في حالتها القياسية. الحالة القياسية لمادة ما تعني حالته الفيزيائية المعتادة عند 1 atm و 298K (25°C) على سبيل المثال، في الحالات القياسية يكون الحديد صلبًا والزئبق سائل والأكسجين غاز ثنائي الذرة.

قيمة ΔH لهذا التفاعل تسمى حرارة التكوين القياسية للمركب. **حرارة التكوين القياسية** (ΔH_f°) تعرف بأنها التغير في المحتوى الحراري الذي يصاحب تكوين مول واحد من المركب من عناصره التي تكون في حالتها القياسية. ويعد تفاعل التكوين لمول واحد من SO_3 من عناصره تفاعل حرارة تكوين قياسية.

$$S(s) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow SO_3(g) \quad \Delta H_f^\circ = -396\ kJ$$

ناتج هذا التفاعل هو SO_3. وهو غاز خانق ينتج مطر حمضي حين يمتزج مع رطوبة الهواء الجوي. تتضح النتائج التدميرية للمطر الحمضي في **الشكل 14**.

الشكل 14 ثالث أكسيد الكبريت يمتزج مع الماء في الهواء الجوي لتكوين حمض الكبريتيك (H_2SO_4)، وهو حمض قوي يصل إلى الأرض على هيئة مطر حمضي. يدمر المطر الحمضي الأشجار والعقارات ببطء.

التدريس المتمايز

متعلمون فوق المستوى اطلب إلى الطلاب استخدام المحتوى الحراري لاحتراق السكروز (−5644 kJ/mol) والمحتوى الحراري لتكون غاز ثاني أكسيد الكربون والماء السائل لحساب ΔH_f° للسكروز.

$C_{12}H_{22}O_{11}(s) + 12O_2(g) \rightarrow 12CO_2(g) + 11H_2O(l)$

$\Delta H^\circ_{rxn} = S\Delta H^\circ_f(\text{products}) - S\Delta H^\circ_f(\text{reactants})$

$-5644\ kJ = (12(-394\ kJ) + 11(-286\ kJ)) - \Delta H^\circ_{f\ \text{سكروز}}$

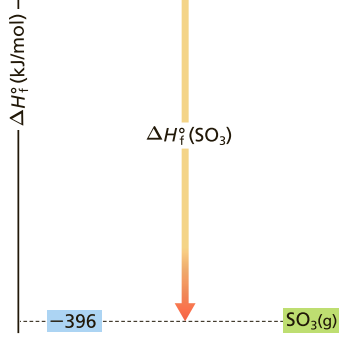
$\Delta H^\circ_{f\ \text{سكروز}} = -2230\ kJ$ **أم**

0510_0517_C14_S4_681708.indd 513 1/15/1

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

ف من عناصر الهيدروجين والكلور
لور والكربون. تتميز مركبات HCFC
حتواها الحراري العالي للتبخر والتكثيف.
ح أن المضخات الحرارية تشبه الثلاجة
حيث إمكانية عملها في اتجاهين.
ي فصل الصيف، تستخدم المضخات
رارية عملية التبخير الماص للحرارة
برد لامتصاص الحرارة من داخل المنزل
تخدم عملية التكثيف الطارد للحرارة
برد لطرد الحرارة في الهواء الخارجي.
ي فصل الشتاء، تستخدم المضخات
رارية عملية التبخير الماص للحرارة
برد لامتصاص الحرارة من الهواء
ارجي البارد وتستخدم عملية التكثيف
ارد للحرارة لنقل الحرارة داخل المنزل.
تم الإلغاء التدريجي لاستخدام مركبات
HC نظرًا لخصائص المواد المستنفذة
يقة الأوزون ولكن يتم تطوير مركبات
رى لتحل محل مركبات HCFC.

سؤال الشكل 15
H يجب وضعه تحت 0.0 kJ حوالي
ة أرباع المسافة إلى 396 kJ−.



■ **الشكل 15** ΔH_f° للعناصر N_2 و O_2 و S هي 0.0 kJ. حين يتفاعل N_2 و O_2 لتكوين مول واحد من NO_2، يتم امتصاص +33.2 kJ/mol وبالتالي ΔH_f° لـ NO_2 هي +33.2 kJ/mol. عندما يتفاعل S و O_2 لتكوين مول واحد من SO_3، يتحرر 396 kJ/mol− لذلك فإن ΔH_f° لـ SO_3 هي 396 kJ/mol−.
تنبؤ صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه.
$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ **هي** $\Delta H_f^\circ = -286$ kJ/mol

تحديد حرارة التكوين من التجارب تم قياس حرارة التكوين القياسية للعديد من المركبات تجريبيًا. على سبيل المثال، لننظر إلى معادلة تكوين ثاني أكسيد النيتروجين التالية:

$$\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO_2(g) \quad \Delta H_f^\circ = +33.2 \text{ kJ}$$

كلا من النيتروجين والأكسجين غازات ثنائية الذرة في حالاتها القياسية، لذا حرارة التكوين القياسية لكل منهما تساوي صفر. عندما يتفاعل غازي الأكسجين والنيتروجين معًا لتكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين، تكون ΔH المحسوبة تجريبيًا للتفاعل تساوي 33.2 kJ+ هذا يعني أنه يتم امتصاص 33.2 kJ من الطاقة في تفاعل ماص للحرارة. محتوى طاقة الناتج NO_2 33.2 kJ وهو أكبر من محتوى طاقة المواد المتفاعلة. على تدريج تكون فيه ΔH_f° للمتفاعلات تساوي 0.0 kJ فتكون ΔH_f° لـ NO_2 33.2 kJ+. **الشكل 15** يوضح أنه على تدريج حرارة التكوين القياسية تكون NO_2 أعلى من العناصر التي تكون منها بمقدار 33.2 kJ. أما ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) فيوضع عند 396 kJ أقل من الصفر على التدريج لأن تكون $SO_3(g)$ يعد تفاعلًا طاردًا للحرارة. المحتوى الحراري لثالث أكسيد الكبريت ΔH_f° هو 396 kJ−. **الجدول 5** يبين حرارة التكوين القياسية لبعض المركبات الشائعة. توجد قائمة أكثر تفصيلًا في **الجدول R–11**.

الجدول 5 حرارة التكوين القياسية

المركب	معادلة التكوين	ΔH_f° (kJ/mol)
$H_2S(g)$	$H_2(g) + S(s) \rightarrow H_2S(g)$	−21
$HF(g)$	$\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow HF(g)$	−273
$SO_3(g)$	$S(s) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$	−396
$SF_6(g)$	$S(s) + 3F_2(g) \rightarrow SF_6(g)$	−1220

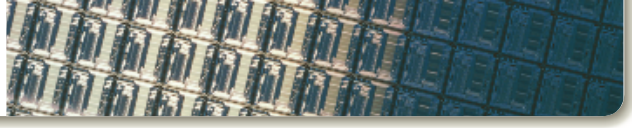
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مشروع الكيمياء

جيرمان هس اطلب إلى الطلاب البحث في حياة جيرمان هس وتقديم النتائج التي توصلوا إليها في تقرير أو خط زمني أو رسوم. اطلب إلى الطلاب إدراج الأحداث السياسية والعلمية الكبرى والمتعددة التي عاشها هس. اسأل الطلاب عن كيفية تأثير تلك الأحداث على البحث العلمي خلال الفترة التي عاشها هس. ض م أم

0510_0517_C14_S4_681708.indd 514 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	



استخدام حرارة التكوين القياسية يمكن استخدام حرارة التكوين القياسية لحساب التغيرات في المحتوى الحراري ΔH°_{rxn} للعديد من التفاعلات في ظروف قياسية باستخدام قانون هس. لنفترض أنك ترغب في حساب ΔH°_{rxn} لتفاعل ينتج عنه سادس فلوريد الكبريت. وسادس فلوريد الكبريت هو غاز مستقر وغير نشط كيميائيًا له العديد من التطبيقات المهمة أحدها موضح في **الشكل 16**.

$$H_2S(g) + 4F_2(g) \rightarrow 2HF(g) + SF_6(g) \quad \Delta H^\circ_{rxn} = ?$$

الخطوة 1 بالرجوع إلى **الجدول 5** لمعرفة معادلة تكوين كل مركب من المركبات الثلاثة في المعادلة المطلوبة H_2S و SF_6 و HF.

a. $\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow HF(g)$ $\quad \Delta H^\circ_f = -273$ kJ

b. $S(s) + 3F_2(g) \rightarrow SF_6(g)$ $\quad \Delta H^\circ_f = -1220$ kJ

c. $H_2(g) + S(s) \rightarrow H_2S(g)$ $\quad \Delta H^\circ_f = -21$ kJ

الخطوة 2 تصف المعادلتين **a** و **b** تكوين النواتج HF و SF_6 في المعادلة المطلوبة، لذا استخدم المعادلات **a** و **b** في الاتجاه الذي كتبت فيه.

تصف المعادلة **c** تكوين الناتج H_2S، ولكن في المعادلة المطلوبة يكون H_2S مادة متفاعلة. تعكس المعادلة **c** وتغير إشارة ΔH°_f.

$$H_2S(g) \rightarrow H_2(g) + S(s) \quad \Delta H^\circ_f = 21 \text{ kJ}$$

الخطوة 3 نحتاج لمولين من HF. اضرب المعادلة **a** والتغير في محتواها الحراري في اثنين.

$$H_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2HF(g) \quad \Delta H^\circ_f = 2(-273) = -546 \text{ kJ}$$

الخطوة 4 اجمع المعادلات الثلاثة والتغير في محتواهم الحراري. احذف العناصر H_2 و S.

$\cancel{H_2(g)} + F_2(g) \rightarrow 2HF(g)$	$\Delta H^\circ_f = -546$ kJ
$\cancel{S(s)} + 3F_2(g) \rightarrow SF_6(g)$	$\Delta H^\circ_f = -1220$ kJ
$H_2S(g) \rightarrow \cancel{H_2(g)} + \cancel{S(s)}$	$\Delta H^\circ_f = 21$ kJ
$H_2S(g) + 4F_2(g) \rightarrow 2HF(g) + SF_6(g)$	$\Delta H^\circ_{rxn} = -1745$ kJ

مناقشاتهم. ض م **التعلم التعاوني**

التعلم بالوسائل البصرية

الجدول 5 اطلب إلى الطلاب اختيار ثلاثة تفاعلات، بخلاف تفاعل تكوين $NO_2(g)$ والذي تم عرضه في شكل 15، من قائمة جدول 5 ورسم رسوم بيانية توضح تغيرات الطاقة في هذه التفاعلات. اطلب إليهم استخدام شكل 15 كنموذج لرسومهم البيانية. ض م

دفتر الكيمياء

الكيميائية إلى الكيميائية الحرارية اطلب إلى الطلاب اختيار خمس معادلات من التطبيق الوارد في وحدة التفاعلات الكيميائية. اطلب إليهم البحث عن حرارة التكوين لجميع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وحساب ΔH لكل تفاعل. وأخيرًا، اطلب إليهم تحويل كل معادلة كيميائية إلى أخرى كيميائية حرارية. يجب على الطلاب تلخيص النتائج التي توصلوا إليها في جداول وإدراج هذه الجداول في دفاتر الكيمياء الخاصة بهم. ض م

0510_0517_C14_S4_681708.indd 515 1/15/1

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

وكافة المواد المتفاعلة.

ΔH°_{rxn} يتم الحصول عليها عن طريق طرح مجموع حرارة تكوين المتفاعلات من مجموع حرارة تكوين النواتج.

يمكنك أن ترى كيف تنطبق هذه المعادلة على التفاعل بين كبريتيد الهيدروجين والفلور.

$$H_2S(g) + 4F_2(g) \rightarrow 2HF(g) + SF_6(g)$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(2)\Delta H^\circ_f(HF) + \Delta H^\circ_f(SF_6)] - [\Delta H^\circ_f(H_2S) + (4)\Delta H^\circ_f(F_2)]$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(2)(-273\ kJ) + (-1220\ kJ)] - [-21\ kJ + (4)(0.0\ kJ)]$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = -1745\ kJ$$

مثال 6

ايجاد التغير في المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية استخدم حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH°_{rxn} لتفاعل احتراق الميثان.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

1 تحليل المسألة

تم إعطاؤك معادلة واحدة وطلب منك حساب التغير في المحتوى الحراري. المعادلة

$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\Delta H^\circ_f$ (النواتج) $- \Sigma\Delta H^\circ_f$ (المتفاعلات)

يمكن استخدامها مع بيانات جدول قيم حرارة التكوين القياسية.

معلوم	مجهول
$\Delta H^\circ_f(CO_2) = -394\ kJ$	$\Delta H^\circ_{rxn} = ?\ kJ$
$\Delta H^\circ_f(H_2O) = -286\ kJ$	
$\Delta H^\circ_f(CH_4) = -75\ kJ$	
$\Delta H^\circ_f(O_2) = 0.0\ kJ$	

2 حساب المجهول

استخدم الصيغة $\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\Delta H^\circ_f$ (النواتج) $- \Sigma\Delta H^\circ_f$ (المتفاعلات)

اضرب كل حرارة تكوين قياسية في معامل المادة في المعادلة الكيميائية الموزونة

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [\Delta H^\circ_f(CO_2) + (2)\Delta H^\circ_f(H_2O)] - [\Delta H^\circ_f(CH_4) + (2)\Delta H^\circ_f(O_2)]$$

عوض عن CO_2 و H_2O للنواتج، CH_4 و O_2 للمتفاعلات. اضرب H_2O و O_2 في اثنين.

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(-394\ kJ) + (2)(-286\ kJ)] - [(-75\ kJ) + (2)(0.0\ kJ)]$$

عوض عن $\Delta H^\circ_f(CO_2) = -394\ kJ$، $\Delta H^\circ_f(H_2O) = -286\ kJ$، $\Delta H^\circ_f(CH_4) = -75\ kJ$ و $\Delta H^\circ_f(O_2) = 0.0\ kJ$ في المعادلة.

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [-966\ kJ] - [-75\ kJ] = -966\ kJ + 75\ kJ = \mathbf{-891\ kJ}$$

احتراق مول واحد CH_4 ينتج عنه 891 kJ.

$= -53.6$

تطبيق

a. $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$

تكوين NO: $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$

تكوين NO_2: $N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2$

NO هي مادة متفاعلة في المسألة، لذا أضف معادلة تكوين NO العكسية إلى معادلة تكوين NO_2،

$2NO + N_2 + 2O_2 \rightarrow N_2 + O_2 + 2NO_2$

$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$

b. $H_2(g) + S(s) + 2O_2(g) \rightarrow H_2SO_4(l)$

$SO_3(g) \rightarrow S(s) + \frac{3}{2}O_2(g)$

$H_2O(l) \rightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

$SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(l)$

c. -1398 kJ

d. -2186 kJ

e. 33.2 kJ

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0510_0517_C14_S4_681708.indd 516 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

للتفاعل التالي:

$4NH_3(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4NO_2(g) + 6H_2O(l)$

36. احسب ΔH°_{comb} لحمض البيوتانويك، $C_3H_7COOH(l) + 5O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 4H_2O(l)$.
استخدم جدول قيم حرارة التكوين القياسية والمعادلة التالية:

$4C(s) + 4H_2(g) + O_2(g) \rightarrow C_3H_7COOH(l) \quad \Delta H = -534\ kJ$

37. تحدي ينتج عن جمع معادلتي التكوين **a** و **b** معادلة تفاعل أكسيد النيتروجين والأكسجين. ويكون ناتج التفاعل هو ثاني أكسيد النيتروجين.

$NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO_2(g) \quad \Delta H^\circ_{rxn} = -58.1\ kJ$:

a. $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO(g) \quad \Delta H^\circ_f = 91.3\ kJ$

b. $\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO_2(g) \quad \Delta H^\circ_f = ?$

ما قيمة ΔH°_f للمعادلة **b**؟

القسم 4 مراجعة

ملخص القسم

- التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما يمكن حسابه عن طريق جمع معادلتين أو أكثر من المعادلات الكيميائية الحرارية والتغيرات في محتواها الحراري.
- حرارة التكوين القياسية للمركبات يتم احتسابها اعتمادًا على حرارة التكوين القياسية لعناصرها في حالاتها القياسية.

38. الفكرة **الرئيسة** **اشرح** قانون هس وكيف يُستخدم لحساب ΔH°_{rxn}.

39. اشرح بالكلمات الصيغة التي يمكن استخدامها لحساب ΔH°_{rxn} عند استخدام قانون هس.

40. صف كيف تعرف العناصر في حالاتها القياسية على تدريج حرارة التكوين القياسية؟

41. افحص البيانات في **الجدول 5**. ما النتيجة التي يمكن أن تستخلصها بشأن استقرار المركبات الواردة في الجدول بالنسبة للعناصر في حالاتها القياسية؟ تذكر أن انخفاض الطاقة يرتبط بالاستقرار.

42. احسب استخدم قانون هس لحساب ΔH للتفاعل التالي:
$NO(g) + O(g) \rightarrow NO_2(g) \quad \Delta H = ?$ إذا علمت التفاعلات التالية:

$O_2(g) \rightarrow 2O(g) \quad \Delta H = +495\ kJ$

$2O_3(g) \rightarrow 3O_2(g) \quad \Delta H = -427\ kJ$

$NO(g) + O_3(g) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = -199\ kJ$

43. تفسير الرسوم العلمية استخدم البيانات أدناه لرسم مخطط لحرارة التكوين القياسية يشبه **الشكل 15** واستخدم هذا المخطط لحساب الحرارة المولية لتبخير الماء عند 298 K.

الماء السائل: $\Delta H^\circ_f = -285.8\ kJ/mol$

الماء في الحالة الغازية $\Delta H^\circ_f = -241.8\ kJ/mol$

حرارية صفرية لإرساء قيمة قياسية يمكن مقارنتها بالمحتويات الحرارية للمركبات أو المحتويات الحرارية للعناصر في حالتها غير القياسية. ض م

إعادة التدريس

أسأل الطلاب عن كيفية استخدامهم بيانات حرارة التكوين لحساب ΔH لكل تفاعل لا يستطيعون تنفيذه. اكتب معادلة التفاعل. ثم استخدم الصيغة $\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\Delta H^\circ_f(products) - \Sigma\Delta H^\circ_f(reactants)$. ض م

التوسع

وفّر للطلاب هذه البيانات: ΔH°_f (الكربون، الجرافيت) = 0.0 kJ/mol، ΔH°_f (الكربون، الماس) = 1.9 kJ/mol. اطلب إليهم كتابة معادلة تحويل الجرافيت إلى ماس وحدد ΔH_{rxn}. $C(\text{جرافيت}) \rightarrow C(\text{ماس}); \Delta H_{rxn} = 1.9\ kJ - 0.0\ kJ = 1.9\ kJ$. أسأل عن الحالة القياسية للكربون. الجرافيت ض م

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة تكوين نيترات النحاس (II) الصلب. $Cu(s) + N_2(g) + 3O_2(g) \rightarrow Cu(NO_3)_2(s)$ أسأل الطلاب ماذا يُسمى تغير المحتوى الحراري للمعادلة. حرارة تكوين نيترات النحاس (II) الصلبة ض م

القسم 4 مراجعة

38. ينص قانون هس على أنه إذا تم جمع معادلتين أو أكثر إلى معادلة كلية، فإن ΔH°_{rxn} المعادلة الكلية، ستصبح مجموع قيم ΔH°_{rxn} المعادلات التي تم جمعها.

39. $\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\Delta H^\circ_f(products) - \Sigma\Delta H^\circ_f(reactants)$.

40. يعادل المحتوى الحراري للتفاعل في ظل الظروف القياسية (298 K و 1 atm) مجموع حرارة التكوين القياسية للمواد الناتجة ناقص مجموع حرارة التكوين القياسية للمواد المتفاعلة.

40. يتم تخصيص حرارة تكوين تساوي صفر لهذه المواد.

41. تعتبر جميع المركبات المدرجة بالجدول 5 أكثر ثباتًا من العناصر المكونة لها.

42. $NO(g) + O(g) \rightarrow NO_2(g)$.
$\Delta H = -233\ kJ$

43. سوف تعرض الرسوم الماء السائل عند 285.8 kJ/mol أقل من 0.0 kJ وماء غازي عند 241.8 kJ/mol أقل من 0.0 kJ. حرارة التبخر هي فرق الطاقة بين الحدين أو $-241.8\ kJ - (-285.8\ kJ) = 44.0\ kJ$.

0510_0517_C14_S4_681708.indd 517 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

للطاقة يكون هناك ميلًا طبيعيًا نحو حدوث اضطراب.

العمليات التلقائية

في **الشكل 17** يمكنك أن ترى صورة مألوفة لما يحدث لجسم من الحديد في حال تم تركه في الهواء الرطب. يصدأ الحديد تبعًا لنفس المعادلة الكيميائية التي تصف ما يحدث في الكمادة الساخنة التي قرأت عنها في قسم سابق من هذه الوحدة.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) \quad \Delta H = -1625 \text{ kJ}$$

يتم تنشيط الكمادة الساخنة في اللحظة التي تقوم بتفعيلها فيها. وبالمثل فإن الأجسام الحديدية تصدأ سواء رغبت في ذلك أم لا.

الصدأ أمر تلقائي. أي تغيير فيزيائي أو كيميائي يبدأ في أي لحظة ويحدث دون أي تدخل خارجي يكون **عملية تلقائية**. ومع هذا، فبالنسبة للعديد من العمليات التلقائية ينبغي توفير بعض الطاقة من البيئات المحيطة من أجل بدء العملية. على سبيل المثال، قد تحتاج لاستخدام عود ثقاب لإشعال لهب بنزن في مختبر مدرستك.

لنفترض أنك عكست اتجاه معادلة صدأ الحديد. تذكر أنك حين تغير اتجاه التفاعل فإن إشارة ΔH تتغير. ويصبح التفاعل ماصًا للحرارة

$$2Fe_2O_3(s) \rightarrow 4Fe(s) + 3O_2(g) \quad \Delta H = 1625 \text{ kJ}$$

إن عكس المعادلة لن يتسبب في تحلل الصدأ تلقائيًا ليتحول إلى حديد وأكسجين في ظل الظروف الطبيعية. تمثل المعادلة تفاعل غير تلقائي..

مراجعة المفردات

التبخير vaporization: هو العملية التي تحتاج إلى طاقة والتي يتحول عن طريقها السائل إلى بخار.

المفردات الجديدة

spontaneous process	العملية التلقائية
entropy	الإنتروبي
second law of thermodynamics	القانون الثاني للديناميكا الحرارية
free energy	الطاقة الحرة

الشكل 17 هذا الحديد الذي ترك في هذا القارب دون عناية مع وجود الكثير من الماء والأكسجين في الهواء، يتحول تلقائيًا إلى صدأ (Fe_2O_3).

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التنوع الثقافي

إيثانول قش القمح كانت شركة في بابيلا فوينته (سلامانكا)، بإسبانيا، الأولى في العالم التي تقوم بتنفيذ الإنتاج المستمر من الإيثانول السيليلوزي من قش القمح للاستخدام التجاري، بمعدل لا يقل عن خمسة ملايين لتر في العام. الإيثانول السيليلوزي هو إيثانول مصنوع من السيليلوز. تلعب الحفازات الإنزيمية دورًا مهمًا في العملية، قبل تخمير الإيثانول واستخلاصه. يحمل إنتاج الإيثانول من السليلوز وعودًا كبيرة باعتباره وسيلة للحد من استخدام الوقود القائم على البترول والحد من انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري.

0518_0524_C14_S5_681708.indd 518 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

وتبخير السائل وتسخين الغاز الموجود في درجة حرارة منخفضة إلى درجة حرارة عالية مع ثبات الحجم. ناقش كل تغير من هذه التغيرات مع الفصل. ض م

استخدام المصطلحات العلمية

الإنتروبي اطلب إلى الطلاب كتابة بيانات تصف العديد من التفاعلات والعمليات. يجب أن تشتمل كل عبارة على المصطلح إنتروبي (*entropy*). ض م

يعد تفاعل تكون الصدأ على الحديد تفاعلاً تلقائيًا وطاردًا للحرارة. أما التفاعل العكسي فهو تفاعل غير تلقائي وماص للحرارة. يمكنكم استنتاج أن كافة العمليات الطاردة للحرارة هي عمليات تلقائية وكافة العمليات الماصة للحرارة هي عمليات غير تلقائية. ولكن تذكر أن الثلج ينصهر في درجة حرارة الغرفة وهو عملية تلقائية ماصة للحرارة. يلعب عامل آخر غير ΔH دورًا في تحديد ما إذا كانت العملية الكيميائية تحدث بشكل تلقائي تحت مجموعة ظروف محددة. هذا العامل يسمى الإنتروبي.

ما هو الإنتروبي؟ قد لا تندهش إذا شممت رائحة الفطائر التي تخبز في المطبخ منتشرة في كل مكان بالمنزل. وأنت تعلم أن الغازات تميل للانتشار خلال الهواء الجوي. تتصرف الغازات بهذا الشكل؟ حين تنتشر الغازات، يصل النظام إلى حالة من كبيرة من الإنتروبي. **الإنتروبي** (S) هو قياس عدد الطرق التي يمكن أن يتم بها توزيع الطاقة عبر نظام ما ويرتبط ذلك بحرية جسيمات النظام في الحركة وعدد الطرق التي يتم تنظيمها بها.

لننظر إلى الدورقين في **الشكل 18**. عند غلق المحبس، يحتوي دورق على جزيء واحد من الأكسجين. بينما يحتوي الآخر على ذرة واحدة من الهيليوم. عند فتح المحبس يتحرك جسيما الغازين بحرية بين الدورقين. يمكن أن ينتشر جسيم الغاز في ضعف الحجم الأصلي. يمكن العثور على الجسيمين في أي من الترتيبات الأربعة الموضحة. إنتروبي النظام يكون أكبر حين يكون المحبس مفتوحًا لأن عدد الترتيبات الممكنة للجسيمات وتوزيع طاقتها يزيد.

ومع زيادة عدد الجسيمات، يزيد عدد الترتيبات الممكنة لمجموعة من الجسيمات بشكل كبير. إذا كان عدد الجسيمات في الدورقين 10 جسيمات، فسيكون عدد الترتيبات الممكنة أكثر ب 1024 مرة مما إذا كان عدد الجسيمات نفسه موجودًا في دورق واحد. بوجه عام، يزيد عدد الترتيبات الممكنة لنظام ما في ظل الظروف الآتية: عندما يزيد الحجم، عندما تزيد الطاقة، عندما يزيد عدد الجسيمات أو عندما تزيد حرية حركة الجسيمات.

القانون الثاني للديناميكا الحرارية يتم تلخيص الميل نحو زيادة الإنتروبي عن طريق **القانون الثاني للديناميكا الحرارية**، والذي ينص على أن العمليات التلقائية دائما ما تستمر بالطريقة التي يزداد بها إنتروبي الكون. في بعض الأحيان يعتبر الإنتروبي هو قياس لاضطراب أو عشوائية الجسيمات التي يتكون منها نظام ما. فتعتبر الجسيمات الأكثر انتشارًا أكثر اضطرابًا مما يجعل الإنتروبي للنظام أكبر مما سيكون عليه الحال إذا كانت الجسيمات أقرب لبعضها البعض.

■ **الشكل 18** في **a** يحتوي دورق على جزيء أكسجين والآخر على ذرة الهيليوم. عند فتح المحبس في **b** تتحرك جسيمات الغازين بحرية في ضعف الحجم الأصلي. يمكن وجود أربعة ترتيبات من الجسيمات والتي تمثل زيادة في الإنتروبي في أي وقت.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل. الاستخدام العام

النظام

الاستخدام العلمي العملية أو التفاعل المحدد الذي يتم دراسته. يتكون الكون من نظام ومحيط.

الاستخدام العام: إجراء منظم أو مرتب.

لقد قامت بتنفيذ نظام ناجح سيحصل فيه الجميع على فرص متكافئة.

التدريس المتمايز

ضعاف البصر ضع قطرات عديدة من زيت النعناع في طبق تبخير والعديد من قطرات زيت عطري آخر في طبق آخر. ضع الطبق الذي يوجد به زيت النعناع على سخان كهربائي واخفض النار وضع الطبق الذي يوجد به الزيت الآخر في كأس مملوءة بالثلج المجروش. ضع الطبقين على بعد متساوٍ من الفصل. تصل رائحة زيت النعناع إلى الطلاب أولاً وتكون رائحتها أقوى بكثير. ض م

0518_0524_C14_S5_681708.indd 519 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

لظاهرة أعلى النردين لكل مرة في
جدول ذي أعمدة يحتوي على نقطتين
لى 12 نقطة. احسب النسبة المئوية
كل مجموع من المجاميع الإجمالية.
ونظرًا لأن عدد اللفات (المرات 72)
عتبر عدد قليل نسبيًا، فإن البيانات
لتي ستحصل عليها ستقرّب فقط
لتوزيع النظري التالي:
2 (2 مرة، 2.8%)
3 (4 مرة، 5.6%)
4 (6 مرة، 8.3%)
5 (8 مرة، 11.1%)
6 (10 مرة، 13.9%)
7 (12 مرة، 16.7%)
8 (10 مرة، 13.9%)
9 (8 مرة، 11.1%)
10 (6 مرة، 8.3%)
11 (4 مرة، 5.6%)
12. (2 مرة، 2.8%) وضّحْ أن
حرجة نردين في الزمن نفسه ينتج
36 ناتجًا منفصلاً وتعتمد النسبة
لمئوية لكل إجمالي على عدد ترتيبات
لنردين التي ستنتج هذا الإجمالي.
على سبيل المثال، 7 يمكن أن يحدث
ي ست مجموعات:
لنرد 1 = 6 والنرد 2 = 1؛
لنرد 1 = 5 والنرد 2 = 2؛
لنرد 1 = 4 والنرد 2 = 3؛
لنرد 1 = 3 والنرد 2 = 4؛
لنرد 1 = 2 والنرد 2 = 5؛
لنرد 1 = 1 والنرد 2 = 6.
وضّحْ أن الأنظمة العشوائية للذرات
الجزيئات والأيونات لها العديد
ن الترتيبات الممكنة عن الأنظمة
لمرتبة. وبالتالي، تعتبر الترتيبات ذات
لإنتروبي العالية لها احتمالات أكثر من
لترتيبات ذات الإنتروبي المنخفضة.
ض م

1. يمكن التنبؤ بالتغيرات في الإنتروبي المرتبط بتغير الحالة الفيزيائية للمادة. في المواد الصلبة تكون حركة الجسيمات محدودة. وفي السوائل تكون ذات حرية أكثر للحركة أما في الغازات فتتحرك الجسيمات بحرية كبيرة للغاية في الوعاء. وبالتالي يزيد الإنتروبي مع تغير حالة المادة من صلبة إلى سائلة ومن سائلة إلى غازية. $\Delta S_{\text{النظام}}$ تكون موجبة في حالتي تبخر الماء وانصهار الميثانول.

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g) \quad \Delta S_{\text{النظام}} > 0$$

$$CH_3OH(s) \rightarrow CH_3OH(l) \quad \Delta S_{\text{النظام}} > 0$$

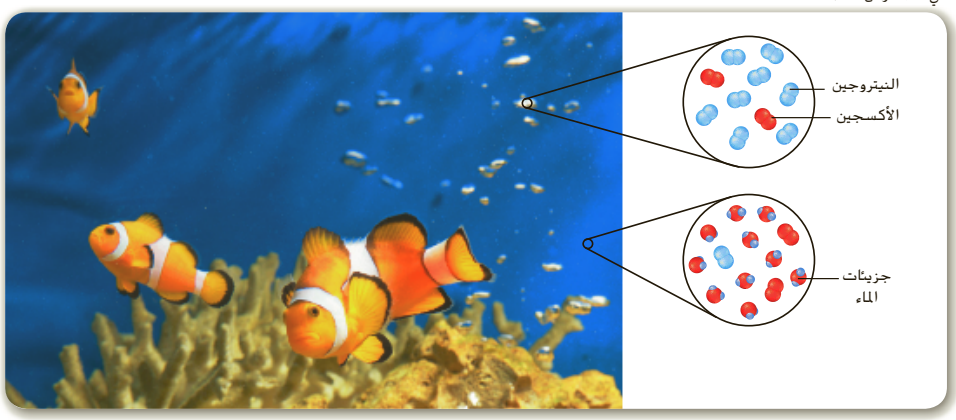
2. إن ذوبان غاز ما في مذيب ينشأ عنه دائمًا انخفاض في الإنتروبي. تتمتع جسيمات الغاز بمزيد من الإنتروبي حين تستطيع التحرك بحرية أكثر مما إذا ذابت في سائل حيث تحد من حركتها وعشوائيتها. $\Delta S_{\text{النظام}}$ تكون سالبة في حالة ذوبان الأكسجين في الماء كما يظهر في **الشكل 19**.

$$O_2(g) \rightarrow O_2(aq) \quad \Delta S_{\text{النظام}} < 0$$

3. على افتراض عدم حدوث أي تغير في الحالة الفيزيائية فإن إنتروبي أي نظام عادة ما يزيد حين يكون عدد مولات الغازات الناتجة أكبر من عدد مولات الغازات المتفاعلة. في التفاعل التالي تكون قيمة $\Delta S_{\text{النظام}}$ موجبة نظرًا لأن عدد مولات الغازات الناتجة أكبر من عدد مولات الغازات المتفاعلة.

$$2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g) \quad \Delta S_{\text{النظام}} > 0$$

■ **الشكل 19** في الفقاعات، يمكن أن تتحرك جسيمات غازي النيتروجين والأكسجين التي يتكون منها معظم الهواء بحرية أكثر مما إذا تمت إذابتها في ماء حوض السمك.



التدريس المتمايز

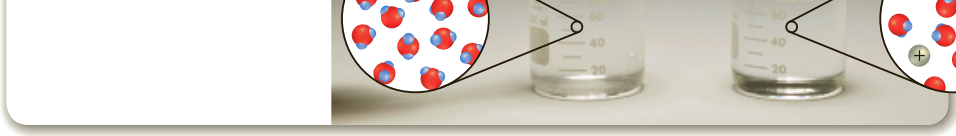
الطلاب دون المستوى اشرح الزيادة في الإنتروبي الحاصل عند انصهار كلوريد الصوديوم في الماء وذلك بعرض نموذج للإنتروبي المنخفض أمام الطلاب، بلورات مكعبة متوسطة الوجه من NaCl. ثم، قم بعد ذلك برسم مخططٍ على السبورة لكأس من الماء يوضح أيونات Na^+ و Cl^- موزعةً عشوائيًا في الكأس. اشرح لهم أن الترتيب المضطرب بدرجة عالية للأيونات في المحلول يمثل حالة عالية من الإنتروبي أكثر من الأيونات المرتبة في الحالة الصلبة. ق م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0518_0524_C14_S5_681708.indd 520 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

كلا طرفي المعادلة وبالتالي من المستحيل بالنسبة للمعادلة بمفردها التنبؤ بعلامة ΔS_{system}.



4. مع وجود بعض الحالات الاستثنائية، يزيد الإنتروبي حين تذوب مادة صلبة أو سائلة في مذيب. تتشتت الجسيمات المذابة التي كانت مرتبطة ببعضها قبل الإذابة بداخل المذيب. تصبح الجسيمات المذابة ذات حرية أكبر في الحركة، كما يتضح في **الشكل 20** الخاص بذوبان كلوريد الصوديوم في الماء. تكون قيمة $\Delta S_{النظام}$ موجبة.

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq) \quad \Delta S_{النظام} > 0$$

5. تزيد الحركة العشوائية لجسيمات مادة ما كلما زادت درجة حرارتها. تذكر أن الطاقة الحركية للجسيمات تزيد بزيادة درجة الحرارة. زيادة الطاقة الحركية تعني حركة أسرع وعشوائية أكثر للجسيمات. لذلك تزيد إنتروبي أي مادة بزيادة درجة حرارتها. تكون قيمة $\Delta S_{النظام}$ موجبة.

تطبيق

44. تنبأ بإشارة $\Delta S_{النظام}$ لكل تغيير من التغيرات التالية:

a. $ClF(g) + F_2(g) \rightarrow ClF_3(g)$

b. $NH_3(g) \rightarrow NH_3(aq)$

c. $CH_3OH(l) \rightarrow CH_3OH(aq)$

d. $C_{10}H_8(l) \rightarrow C_{10}H_8(s)$

45. تحدي ما تنبؤك بشأن إشارة $\Delta S_{النظام}$ للتفاعل

$$Fe(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Zn(s)$$

الربط بعلم الأحياء العمليات التلقائية للأرض

إن البراكين، والمنافذ البركانية، والينابيع الساخنة، والسخانات المائية الطبيعية ما هي إلا دليل على الطاقة الحرارية في باطن الأرض. فالبراكين عبارة عن فتحات في القشرة الأرضية تتدفق منها الصخور المنصهرة (الماجما) والبخار والمواد الأخرى. حين تتحرك مياه السطح نحو الأسفل عبر القشرة الأرضية فيمكنها أن تتفاعل مع الماجما والصخور الساخنة. أما الماء الذي يعود إلى السطح على هيئة ينابيع ساخنة فتزيد درجة حرارته لتصبح أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط. السخانات المائية الطبيعية هي عبارة عن ينابيع ماء ساخن يتدفق منها الماء الساخن والبخار في الهواء أما المنافذ البركانية فيتدفق منها البخار وغازات أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين. هذه العمليات البيئية الحرارية هي عمليات تلقائية بوضوح. هل يمكنك أن تحدد زيادة الإنتروبي في هذه العمليات؟

الإثراء

حالة الاضطراب(العشوائية) اشرح للطلاب أن ميل حدوث التفاعلات من حالات ذات طاقة عالية إلى حالات ذات طاقة منخفضة، ومن الحالات ذات الإنتروبي المنخفض إلى حالات ذات الإنتروبي العالي ما هي إلا تعبير عن القانون الثاني للديناميكا الحرارية. ينص القانون الثاني للديناميكا الحرارية على أنه في أي عملية من العمليات التلقائية، يزداد إنتروبي الكون بصفة دائمة. وضّح أن ميل حالات التفاعل للتغير من الطاقة العالية إلى الطاقة المنخفضة يحدث نظرًا لأنه يتم اكتساب الطاقة التي يفقدها النظام من الأوساط المحيطة، مما يؤدي إلى زيادة الإنتروبي للأوساط المحيطة.

■ **سؤال حول النص** البراكين: عندما تتدفق الحمم ويتسرب البخار من فتحات البركان، تصبح الجسيمات ذات حرية أكبر في الحركة، مما يزيد من إنتروبي النظام. الينابيع والسخانات الحارة: عندما تسقط المياه السطحية على الحمم البركانية والصخور الساخنة، يتم تسخين الماء وربما تتغير حالته ويتحول إلى بخار، مما يؤدي إلى زيادة طاقته الحرارية وإنتروبي النظام.

التدريس المتمايز

متعلمون فوق المستوى يزداد الإنتروبي للنظام عادةً عندما ينصهر جسم صلب أو سائل ليشكل محلولاً. ومع هذا، اشرح للطلاب القادرين أن بعض المذابات تكوّن أيونات ذات شحنة عالية في المحلول مما يمكن أن ينشأ عنه تجمع مكثف لجزيئات الماء في أنماط مرتبة حول الأيونات ويؤدي ذلك إلى انخفاض في الإنتروبي. أم

0518_0524_C14_S5_681708.indd 521 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

لأن الكون يساوي النظام مضافًا إليه المحيط، وأي تغيير في الإنتروبي للكون هو مجموع التغيرات التي تحدث في كل من النظام والمحيط.

$$\Delta S_{\text{الكون}} = \Delta S_{\text{النظام}} + \Delta S_{\text{المحيط}}$$

في الطبيعة تميل أن تكون قيمة $\Delta S_{\text{الكون}}$ موجبة في التفاعلات والعمليات في ظل الظروف التالية:

1. حين يكون التفاعل أو العملية طارد للحرارة أي قيمة $\Delta S_{\text{النظام}}$ سالبة. تُزيد الحرارة الناتجة عن تفاعل طارد للحرارة من درجة حرارة المحيط ومن ثم تزيد إنتروبي المحيط وتصبح قيمة $\Delta S_{\text{المحيط}}$ موجبة.
2. زيادة إنتروبي النظام وبالتالي تكون قيمة $\Delta S_{\text{النظام}}$ موجبة.

إذا، فالتفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة التي يصحبها زيادة في الإنتروبي تكون جميعها تلقائية.

الطاقة الحرة هل يمكنك أن تحدد بالضبط ما إذا كان التفاعل تلقائيًا؟ في عام 1878، تعرف جيه ويلارد جيبس وهو عالم فيزياء بجامعة ييل، على دالة علاقة تربط بين المحتوى الحراري والإنتروبي سميت الطاقة الحرة لجيبس وهي تجيب على هذا التساؤل. بالنسبة للتفاعلات أو العمليات التي تحدث بضغط ودرجة حرارة ثابتين، فإن الطاقة الحرة لجيبس ($G_{\text{النظام}}$) الذي يطلق عليها عادة **الطاقة الحرة** تكون هي الطاقة المتاحة للقيام بالشغل. ومن ثم فإن الطاقة الحرة تكون طاقة مفيدة. وعلى النقيض فإن بعض الإنتروبي مرتبطة بطاقة تنتشر في البيئة المحيطة، كما على سبيل لمثال، الحركة العشوائية للجسيمات، ولا يمكن استعادتها للقيام بعمل مفيد. التغير في الطاقة الحرة ($\Delta G_{\text{النظام}}$) هو الفرق بين التغير في المحتوى الحراري للنظام ($\Delta H_{\text{النظام}}$) وناتج حاصل ضرب درجة الحرارة بالكلفن في التغير في الإنتروبي ($T\Delta S_{\text{النظام}}$).

معادلة الطاقة الحرة

$$\Delta G_{\text{النظام}} = \Delta H_{\text{النظام}} - T\Delta S_{\text{النظام}}$$

$\Delta G_{\text{النظام}}$ يمثل التغير في الطاقة الحرة. $\Delta H_{\text{النظام}}$ يمثل التغير في المحتوى الحراري. T هي درجة الحرارة. $\Delta S_{\text{النظام}}$ تمثل التغير في الإنتروبي.

تعادل الطاقة الحرة الممتصة أو المنطلقة من تفاعل ما الفرق بين التغير في المحتوى الحراري وناتج حاصل ضرب التغير في الإنتروبي (بالجول لكل كلفن) في درجة الحرارة بالكلفن.

لحساب التغير في الطاقة الحرة يكون من الضروري عادة تحويل الوحدات لأن عادة ما يتم التعبير عن ΔS بوحدة J/K ويتم التعبير عن ΔH بوحدة kJ.

■ **الشكل 21** من الصعب إدراك أن هذه المنحوتة الإغريقية القديمة هي رأس لحيوان. تتشتت جسيمات الحجر الجيري التي تتفكك بفعل الرياح والطقس أو تتحلل بفعل المطر بشكل عشوائي بحيث تتفتت المنحوتة إلى جسيمات صغيرة وتزداد إنتروبي النظام.

المطويات®
خذ معلومات من هذا القسم واكتبها في مطويتك.

دفتر الكيمياء

عمل جيه ويلارد جيبس اجعل الطلاب يبحثوا في عمل جيه ويلارد جيبس (1839–1903)، عالم أمريكي ولد في نيو هافن في ولاية كونيكتيكت. في دفاتر الكيمياء الخاصة بهم، اجعلهم يلخصون مساهمات جيبس في فهمنا للطاقة والإنتروبي المرتبط بالعمليات والتفاعلات. ض م

272	6011	22.06
274	6011	22.06

ر الجدول الكميات المرتبطة بانصهار
ج عند درجة حرارة (272 K) 1°C− و
(274 K) 1°C+. اسأل لماذا تكون إشارة
ΔH موجبة. لأن العملية ماصة للحرارة
ل لماذا تكون إشارة ΔS_{fus} موجبة.
بب زيادة إنتروبي النظام أثناء الانصهار
ل الطلاب يستخدموا القانون:
$\Delta G = \Delta H - T\Delta$ لحساب
صهار الثلج عند درجتي الحرارة. At
272 K, $\Delta G = 11$ J/mol. At 2
K, $\Delta G = -33$ J/m. اجعل الطلاب
خدموا نتائجهم في تفسير سبب انصهار
ج عند 274 K وليس عند 272 K.
د 274 K، القيمة السالبة لـ ΔG
ي أن إنتروبي الوسط يزداد؛ وبالتالي،
العملية تلقائية. عند 272 K، القيمة
وجبة لـ ΔG تعني أن الإنتروبي
سط ينخفض؛ وبالتالي، فإن العملية
ت تلقائية. ض م

لمطويات®

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0518_0524_C14_S5_681708.indd 522 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

الأمونيا؟

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

$$\Delta H^\circ_{\text{النظام}} = -91.8\ \text{kJ} \quad \Delta S^\circ_{\text{النظام}} = -197\ \text{J/K}$$

يقل إنتروبي النظام بسبب تفاعل 4 مولات من الجسيمات الغازية بينما ينتج مولين فقط من الجسيمات الغازية فتكون قيمة $\Delta S^\circ_{\text{النظام}}$ سالبة. يميل النقص في إنتروبي النظام إلى جعل التفاعل غير تلقائي ولكن التفاعل يكون طاردًا للحرارة ($\Delta H^\circ_{\text{النظام}}$ سالبة) والذي يميل لجعل التفاعل تلقائيًا. أي الميلين سيطغى على الآخر، يجب أن نحسب $\Delta G^\circ_{\text{النظام}}$ للتفاعل. أولًا نحول $\Delta S^\circ_{\text{النظام}}$ إلى كيلو جول.

$$\Delta S^\circ_{\text{النظام}} = -197\ \text{J/K} \times \frac{1\ \text{kJ}}{1000\ \text{J}} = -0.197\ \text{kJ/K}$$

الآن بالتعويض في المعادلة .

$$\Delta G^\circ_{\text{النظام}} = \Delta H^\circ_{\text{النظام}} - T\Delta S^\circ_{\text{النظام}}$$

$$\Delta G^\circ_{\text{النظام}} = -91.8\ \text{kJ} - (298\ \text{K})(-0.197\ \text{kJ/K})$$

$$\Delta G^\circ_{\text{النظام}} = -91.8\ \text{kJ} + 58.7\ \text{kJ} = -33.1\ \text{kJ}$$

$\Delta G^\circ_{\text{النظام}}$ لهذا التفاعل سالبة، لذا فالتفاعل تلقائي.

يوضح التفاعل بين الهيدروجين والنيتروجين أن إنتروبي النظام يمكن أن تقل أثناء العملية التلقائية. ومع ذلك لن يحدث ذلك إلا إذا زادت إنتروبي البيئة المحيطة بأكبر من المقدار الذي انخفضت به إنتروبي النظام. ومن ثم فإن إنتروبي الكون (النظام + البيئة المحيطة) دائما يزيد في أي عملية تلقائية. يوضح **الجدول 6** كيف تعتمد تلقائية التفاعل على إشارات $\Delta S^\circ_{\text{النظام}}$ و $\Delta H^\circ_{\text{النظام}}$.

المفردات

المفردات الأكاديمية

أظهر

اعرض بوضوح

الناس مستعدون لعرض طريقة عمل الجهاز.

الجدول 6 تلقائية التفاعل $\Delta G_{\text{النظام}} = \Delta H_{\text{النظام}} - T\Delta S_{\text{النظام}}$

$\Delta H_{\text{النظام}}$	$\Delta S_{\text{النظام}}$	$\Delta G_{\text{النظام}}$	تلقائية التفاعل
سالب	موجب	سالب دائمًا	تلقائي دائمًا
سالب	سالب	موجب أو سالب	تلقائي في درجات حرارة منخفضة
موجب	موجب	موجب أو سالب	تلقائي في درجات حرارة عالية
موجب	سالب	موجب دائمًا	غير تلقائي دائمًا

$-28{,}800\ \text{J}$

$\Delta G_{\text{system}} = -28{,}800\ \text{J} - (298\ \text{K})(-54.0\ \text{J/K}) = -12{,}700\ \text{J}$. بما أن ΔG_{system} سالبة القيمة، فإن التفاعل تلقائي عند 298 K.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب تحديد الظروف التي يكون فيها التفاعل الطارد للحرارة مع قيمة سالبة لـ ΔS_{system} تلقائيًا. يكون التفاعل تلقائيًا فقط إذا كان مجموع ΔH_{system} و $-T\Delta S_{\text{system}}$ ينتج عنه قيمة سالبة. ض م

مشروع الكيمياء

توقع التغيرات في الإنتروبي اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة كيميائية موزونة لكل من الأنواع التالية من التغيرات والتفاعلات الكيميائية. اطلب إليهم إنشاء جدول يدرجون فيه نوع التغير أو التفاعل والمعادلة الموزونة والتغير المتوقع في الإنتروبي والعلامة المتوقعة ΔS_{system}.

1. تنصهر المادة الصلبة في المذيب. يزداد الإنتروبي؛ ΔS_{system} يكون +
2. الغاز في المذيب. ينخفض الإنتروبي؛ ΔS_{system} يكون −
3. عدد جزيئات المتفاعل الغازي أكبر من عدد جزيئات الناتج الغازي. الإنتروبي ينخفض؛ ΔS_{system} يكون −
4. تتغير المواد من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. الإنتروبي يزداد؛ ΔS_{system} يكون + ض م

0518_0524_C14_S5_681708.indd 523 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

2 حساب المجهول

حول $\Delta S_{\text{النظام}}$ إلى kJ/K

$322\ \text{J/K} \times \frac{1\ \text{kJ}}{1000\ \text{J}} = 0.322\ \text{kJ/K}$ — حول $\Delta S_{\text{النظام}}$ النظام إلى kJ/k.

حل معادلة الطاقة الحرة.

$\Delta G_{\text{النظام}} = \Delta H_{\text{النظام}} - T\Delta S_{\text{النظام}}$ — اكتب معادلة الطاقة الحرة.

$\Delta G_{\text{النظام}} = 145\ \text{kJ} - (382\ \text{K})(0.322\ \text{kJ/K})$ — بالتعويض

$\Delta G_{\text{النظام}} = 145\ \text{kJ} - 123\ \text{kJ} = \mathbf{22\ kJ}$

بما أن $\Delta G_{\text{النظام}}$ موجبة، إذا فإن العملية غير تلقائية.

3 تقييم الإجابة

بما أن ΔH موجبة ودرجة الحرارة ليست عالية بما يكفي لجعل الجزء الثاني من المعادلة أكبر من الأول تكون $\Delta G_{\text{النظام}}$ موجبة.

تطبيق

46. حدد ما إذا كان كل تفاعل من التفاعلات التالية تلقائيًا:

a. $\Delta H_{\text{النظام}} = -75.9\ \text{kJ}, T = 273\ \text{K}, \Delta S_{\text{النظام}} = 138\ \text{J/K}$

b. $\Delta H_{\text{النظام}} = -27.6\ \text{kJ}, T = 535\ \text{K}, \Delta S_{\text{النظام}} = -55.2\ \text{J/K}$

c. $\Delta H_{\text{النظام}} = 365\ \text{kJ}, T = 388\ \text{K}, \Delta S_{\text{النظام}} = -55.2\ \text{J/K}$

d. $\Delta H_{\text{النظام}} = 452\ \text{kJ}, T = 165\ \text{K}, \Delta S_{\text{النظام}} = 55.7\ \text{J/K}$

47. تحدي إذا علمت أن $\Delta S_{\text{النظام}} = -36.8\ \text{J/K}$ و $\Delta H_{\text{النظام}} = -144\ \text{kJ}$ لتفاعل ما، حدد أقل درجة حرارة بالكلفن يكون التفاعل عندها تلقائيًا.

القسم 5 مراجعة

ملخص القسم

- الإنتروبي هو مقياس الاضطراب أو العشوائية في نظام ما.
- دائمًا ما ينتج عن العملية التلقائية زيادة في الإنتروبي بالكون.
- الطاقة الحرة هي الطاقة المتاحة للقيام بالشغل. تشير إشارة التغير في الطاقة الحرة إلى ما إذا كان التفاعل تلقائيا أم لا.

48. الفكرة **الرئيسة قارن** بين التفاعلات التلقائية والتفاعلات غير التلقائية.

49. صف كيف تتغير إنتروبي نظام ما إذا أصبح النظام أكثر اضطرابًا خلال عملية ما.

50. قرر هل تزيد أو تقل إنتروبي أي نظام ما عند ذوبان مكعب من السكر في كوب من الشاي؟ عرف النظام وفسر إجابتك.

51. حدد ما إذا كان النظام التالي تلقائي أم غير تلقائي

$\Delta H_{\text{النظام}} = -20.5\ \text{kJ}, T = 298\ \text{K}, \Delta S_{\text{النظام}} = -35.0\ \text{J/K}$

52. لخص استعن بالعناوين الرأسية الزرقاء والحمراء لتلخيص هذا القسم. تحت كل عنوان قم بتلخيص الأفكار الرئيسة التي تمت مناقشتها

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

التقويم

تحقق من الاستيعاب

ط للطلاب هذه المعادلة الخاصة بتكون
يد السيليكون من الرمل وفحم الكوك.
$624.7\ \text{kJ} + SiO_2(s) + 3C(s)$
$SiC(s) + 2CO$. اطلب إليهم كتابة
ير في المحتوى الحراري للنظام والتنبؤ
ارة التغير في الإنتروبي
$\Delta H°_{rxn} = 624.7\ \text{kJ}, \Delta S_{sys}$
ن موجبًا. ض م

ادة التدريس

بحرق قطعة خشبية واسأل الطلاب
ب يتغير إنتروبي النظام والبيئات
حيطة به؟ يزداد كل منهما. يكون
تاعل طاردًا للحرارة مما يزيد من
تروبي للبيئة المحيطة. إنتروبي الرماد
ر من إنتروبي الخشب. ض م

توسع

ل الطلاب يلاحظون العمليات
يميائية والفيزيائية في البيئات المحيطة
ويضعون قائمة بكل عملية وتصنيفها
ن أنها تلقائية أو غير تلقائية وتحديد
ق الطاقة خلال العملية وهل تزيد
لية إنتروبي الكون أم لا. ض م

القسم 5 مراجعة

48. يحدث أي تفاعل بشكل تلقائي فقط في حالة تغير درجة الحرارة والإنتروبي ضمن النظام وحين يتسبب تبادل الطاقة بين النظام والبيئة المحيطة في زيادة إنتروبي الكون.

49. يزداد إنتروبي النظام.

50. يزداد إنتروبي النظام. يتكون النظام من السكر والشاي. تزداد العشوائية أو الاضطراب كلما تشتت جزيئات السكر، التي كانت في الأصل محتفظة بموقعها في الهيئة الصلبة لمكعب السكر في الشاي.

51. التفاعل تلقائي.

52. يجب أن تتضمن مخططات الطلاب كافة الأفكار المهمة التي تم التعبير عنها في ملخص القسم.

0518_0524_C14_S5_681708.indd 524 1/15/17

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

100% إلى E85 والذي يتكون من 15% جازولين و 85% إيثانول من حيث الحجم.

الخلفية

الجازولين هو خليط من الهيدروكربونات المشتقة من النفط. يُطلق أيضًا على الإيثانول كحول إيثيلي وهو يذوب في الماء وقابل للتحلل الحيوي. عند تسرب E85، فإنه يُشكل خطرًا أقل على البيئة من تسرب الجازولين.

يمكن للإيثانول أن يُتلف أنظمة وقود المركبات التقليدية. ولتفادي هذا الضرر، تم تصنيع خطوط وقود FFV من الفولاذ المقاوم للصدأ أو يتم تبطينها بالبلاستيك – بولي رباعي فلورو إيثيلين (PTFE).

يحلل جهاز استشعار الأكسجين والذي يُطلق عليه مسبار لامبدا، في معظم FFVs، الغازات المنبعثة من العادم ويرسل معلوماته إلى جهاز كمبيوتر على متن السيارة والذي يضبط بدوره نسبة الوقود مع الهواء وتوقيت شرارة التشغيل وذلك للتشغيل الأمثل.

تتنوع الانخفاضات التقديرية لغازات الدفيئة عند استخدام E85 بشكل كبير ويعتمد ذلك على تقنيات المركبات وخامات تغذية الإيثانول وطرق إنتاج الإيثانول.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلاب قراءة التوضيحات وفهمها للإجابة على السؤال التالي: كيف تختلف حاقنات وقود FFV عن تلك الموجودة في السيارات التقليدية؟ يجب أن تكون حاقنات وقود FFV قادرة على ضخ مزيد من الوقود.
- وجه الطلاب إلى مناقشة العوامل الاقتصادية والبيئية المرتبطة بمركب E85.
- استخدم هذا الموضوع لمراجعة الحسابات الكيميائية. اطلب إلى الطلاب حساب نسب كتلة وقود الأكسجين لتفاعلي الاحتراق. تبلغ نسبة كتلة الأوكتان إلى الأكسجين للاحتراق الكامل 1:3.502؛ ونسبة كتلة الإيثانول إلى الأكسجين 1:2.0838.

استخدامه في السيارات المرنة في استعمال الوقود أو المعروفة بـ FFV. تعمل السيارات التقليدية بوقود جازولين 100% أو بخليط من 10% إيثانول و90% جازولين. إلا أن السيارات المرنة في استعمال الوقود يمكنها أن تعمل بهذه الأنواع وأيضًا بالنوع E85 والذي هو عبارة عن 85% إيثانول. يتميز وقود E85 بأنه لا يعتمد بصورة كبيرة على الوقود الأحفوري.

1 الموارد المتجددة E85 هو عبارة عن 15% جازولين و85% إيثانول. الإيثانول (C_2H_5OH) وقود متجدد يمكن إنتاجه محليًا.

2 الفائدة البيئية مقارنة بالجازولين فإن حرق E85 يمكن أن يقلل من انبعاث غازات الاحتباس الحراري كثاني اكسيد الكربون وأكسيدات النيتروجين.

3 شروط الاحتراق يحتاج محرك السيارات ذات الوقود المرن الذي يحرق وقود E85 خليط أكثر كثافة (مزيد من الوقود وهواء أقل) من الحجم المماثل له في الجازولين. لذا يجب أن تكون محاقن وقود سيارات FFV قادرة على حقن كمية من الوقود أكثر بنسبة 30%.

4 منع الأضرار محتوى الإيثانول في وقود E85 كبير بما يكفي للإضرار ببعض المواد التي تستخدم في تصنيع السيارات التقليدية. لذلك يصنع خزان وقود السيارات من النوع FFV من الفولاذ. كما أن خطوط الوقود مصنوعة أيضًا من الفولاذ أو تكون مبطنة بمواد غير نشطة كيميائيًا.

الكتابة في الكيمياء

اكتب المعادلات الكيميائية الحرارية للاحتراق الكامل لمول واحد من الأوكتان (C_8H_{18})، وهو من مكونات الجازولين، ولاحتراق مول واحد من الإيثانول.

$\Delta H_{comb}\ C_8H_{18} = -5471 kJ/mol$

$\Delta H_{comb}\ C_2H_5OH = -1367 kJ/mol.$

أيهما يطلق أكبر كمية طاقة لكل مول من الوقود؟ أيهما يطلق طاقة أكبر لكل كيلو جرام من الوقود؟ ناقش أهمية نتائجك.

الكتابة في الكيمياء

احتراق الإيثانول: $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g)$
$\Delta H^\circ_{comb} = -1367\ kJ;$
احتراق الأوكتان: $C_8H_{18}(l) + 12.5O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(g)$
$\Delta H^\circ_{comb} = -5471\ kJ;$
يُطلق الأوكتان طاقة أكبر لكل مول.
تبلغ الكتلة المولية للإيثانول 46.07 g.
$(-1367\ kJ \div 0.04607\ kg = -29,670\ kJ/kg)$.
الكتلة المولية للأوكتان هي 114.23 g.

$(-5471\ kJ \div 0.11423\ kg = -47,890\ kJ/kg);$
يُطلق الأوكتان طاقة أكبر لكل كيلو جرام. نظرًا لأن احتراق الإيثانول يُطلق طاقة أقل من التي يتم إنتاجها عند احتراق كتلة مساوية من الجازولين، فإن الكيلومترات التي ستقطعها FFV لكل لتر ستكون أقل عند استخدام وقود E85 عما ستقطعه عند استخدام الجازولين 100%.

0525_C14_FEA_681708.indd 525 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

السؤال: كم عدد السعرات الحرارية في رقاقة البطاطس؟

المواد

رقاقة بطاطس كبيرة أو أي وجبات خفيفة أخرى
كأس سعة 250 mL
مخبار مدرج 100 mL
طبق تبخير
ثيرمومتر
حامل حلقات مع حلقة
مشبك معدني
أعواد الثقاب
ساق تقليب
الميزان

احتياطات السلامة

تحذير: قد لا تبدو الأجسام الساخنة وكأنها ساخنة. لا تقم بتسخين الأواني الزجاجية المكسورة أو المتشققة أو المتصدعة. لا تأكل أي أصناف يتم استخدامها في المختبر.

الإجراءات

1. اقرأ تعليمات السلامة لهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. قس كتلة رقاقة البطاطا وسجلها في جدول البيانات.
3. ضع رقاقة البطاطا في طبق تبخير على القاعدة المعدنية للحامل الحلقي. اضبط وضعية الحلقة والمشبك المعدني بحيث تصبح أعلى رقاقة البطاطا بـ 10 cm.
4. قس كتلة كأس فارغ سعة 250 mL وسجلها في جدول البيانات.
5. مستخدمًا مخبار مدرج، قس 50 mL من الماء وقم بوضعه في الكأس. قس كتلة الكأس والماء وسجلها في جدول البيانات.
6. قس درجة الحرارة الأولية للماء وسجلها.
7. ضع الكأس على المشبك المعدني على الحامل الحلقي واستخدم عود ثقاب لإشعال رقاقة البطاطا من أسفل.
8. قلِّب الماء في الكأس بلطف بينما تحترق الرقاقة. قس أعلى درجة حرارة تم الحصول عليها في الماء وسجلها.
9. **التنظيف والتخلص من النفايات** اغسل جميع معدات المختبر وأعدها إلى مكانها المخصص.

التحليل والنتائج

1. **صنف**. هل التفاعل ماص للحرارة أم طارد للحرارة؟ فسر كيف تعرف ذلك.
2. **لاحظ واستدل** صف المادة المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي. هل تم استنفاذ مادة التفاعل (رقاقة البطاطا) بالكامل؟ ما الدليل الذي يدعم إجابتك؟
3. **احسب** ما كتلة الماء والتغير في درجة حرارته. استخدم المعادلة $q = c \times m \times \Delta T$ لحساب مقدار الحرارة الذي انتقل للماء عن طريق حرق الرقاقة بالجول.
4. **احسب** حول كمية الحرارة من جول/ للرقاقة إلى سعر حراري/ للرقاقة.
5. **احسب** باستخدام المعلومات الموجودة على علبة رقائق البطاطا احسب كتلة حصة واحدة بالجرام. احسب عدد السعرات الحرارية في حصة واحدة. استخدم بياناتك لحساب عدد السعرات الحرارية الناتجة عن احتراق حصة واحدة.
6. **تحليل الخطأ** قارن سعراتك الحرارية التي حسبتها لكل حصة بالقيمة الواردة على عبوة الرقائق. احسب النسبة المئوية للخطأ.
7. احسب متوسط نتائج مجموعات طلاب الصف وقارنها مع القيمة الواردة على علبة الرقائق. لم ستؤدي المزيد من البيانات إلى نتائج أكثر دقة؟

التوسع في الاستقصاء

تنبأ هل تمتلك كافة رقائق البطاطا نفس عدد السعرات الحرارية؟ ضع خطة لاختبار أنواع مختلفة من العلامات التجارية لرقائق البطاطا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

لامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء
العمل. يجب على الطلاب ارتداء مريول
ختبر ونظارات واقية. يُصدر التفاعل
ارد للحرارة لهبًا. يجب على الطلاب
حاب الشعر الطويل ربط شعرهم إلى
راء.

خلص من النفايات يمكن وضع الرماد
وعاء مخصص للنفايات الصلبة. يمكن
خلص من السخام بغسل الكأس بالماء
صابون.

اد بديلة يمكن استخدام منتجات
جبات الخفيفة المشابهة، مثل رقائق
رة بدلاً من شرائح البطاطس.

جراءات

ضح أن السخام الموجود في الكأس هو
ربون غير محترق. إنه يُمثل خطأ بنسبة
بيرة.

ستكشاف الأخطاء وإصلاحها
سوف يرتفع اللهب مسافة 10 cm
وق الجزء العلوي لشرائح البطاطس.

تحليل والنتائج

. يعتبر التفاعل تفاعلاً طاردًا
للحرارة حيث يمكن رؤية الحرارة
والضوء وارتفعت درجة حرارة
الماء.
. تتفاعل شرائح البطاطس مع
الأكسجين الموجود بالهواء لإنتاج
غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار
الماء والكربون غير المحترق. لم
تُستهلك الشرائح بأكملها حيث
يوجد السخام والرماد.
. 50.26 g ماء، 15.3°C.
رقاقة/3220 J
. 0.770 Cal
. 28 g لكل وجبة
× (رقاقة 1/ 0.770 Cal)
حصة 1/28 g × (1 رقاقة/1.63 g)
= 13.2 Cal
. 75 Cal لكل وجبة.
ولكن ستختلف الإجابات وفقًا
لشرائح البطاطس المستخدمة
(75 Cal − 13.2 Cal)/
.75 Cal × 100 = 82%

التوسع في الاستقصاء

ستختلف الإجابات. يجب أن تشتمل كل التجارب على عناصر مختبر الكيمياء والتي تشمل احتياطات السلامة والأمان.

0526_C14_CL_681708.indd 526 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

- تنطلق الطاقة الكيميائية الكامنة أو تُمتص على شكل حرارة أثناء العمليات أو التفاعلات الكيميائية.

$$q = c \times m \times \Delta T$$

- **الحرارة**
- **سعر حراري**
- **جول**
- **الحرارة النوعية**

القسم 2 الحرارة

الفكرة **الرئيسة** التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما هو التغير في المحتوى الحراري للنواتج مطروحا منه التغير في المحتوى الحراري للمتفاعلات.

- في الكيمياء الحرارية يعرف الكون بأنه النظام والمحيط.
- الحرارة المفقودة أو المكتسبة بواسطة نظام ما خلال التفاعل أو العملية التي يتم تنفيذها تحت ضغط ثابت يسمى التغير في المحتوى الحراري (ΔH).
- عندما تكون ΔH موجبة، يكون التفاعل ماصًا للحرارة. عندما تكون ΔH سالبة، يكون التفاعل طاردًا للحرارة.

المفردات

- **الكالوريميتر "المُسعر"**
- **الكيمياء الحرارية**
- **النظام**
- **المحيط**
- **الكون**
- **التغير في المحتوى الحراري**
- **حرارة التفاعل**

القسم 3 المعادلات الكيميائية الحرارية

الفكرة **الرئيسة** تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن كمية الحرارة الناتجة أو الممتصة خلال التفاعلات الكيميائية.

- تتضمن المعادلة الكيميائية الحرارية الحالات الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج وتحدد التغير في المحتوى الحراري.
- الحرارة المولية للتبخير، ΔH_{vap}، هو مقدار الطاقة المطلوبة لتبخير مول واحد من السائل.
- الحرارة المولية للانصهار، ΔH_{fus}، هو مقدار الطاقة المطلوبة لصهر مول واحد من المادة الصلبة.

المفردات

- **المعادلة الكيميائية الحرارية**
- **حرارة التفاعل**
- **الحرارة المولية للتبخير**
- **الحرارة المولية للانصهار**

القسم 4 حساب التغير في المحتوى الحراري

الفكرة **الرئيسة** يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما باستخدام قانون هس.

- التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما يمكن حسابه عن طريق جمع معادلتين أو أكثر من المعادلات الكيميائية الحرارية والتغيرات في محتواها الحراري.
- حرارة التكوين القياسية للمركبات يتم احتسابها اعتمادًا على حرارة التكوين القياسية لعناصرها في حالاتها القياسية.

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\, \Delta H^\circ_f \text{(النواتج)} - \Sigma \Delta H^\circ_f \text{(المتفاعلات)}$$

المفردات

- **قانون هس**
- **حرارة التكوين القياسية**

القسم 5 تلقائية حدوث التفاعلات

الفكرة **الرئيسة** تحدد التغيرات في المحتوى الحراري والإنتروبي ما إذا كانت العملية تلقائية.

- الإنتروبي هو مقياس الاضطراب أو العشوائية في نظام ما.
- غالبًا ما ينشأ عن العمليات التلقائية زيادة في إنتروبي الكون.
- الطاقة الحرة هي الطاقة المتاحة للشغل. تشير إشارة التغير في الطاقة الحرة إلى ما إذا كان التفاعل تلقائيًا أم لا.

$$\Delta G_{\text{النظام}} = \Delta H_{\text{النظام}} - T\Delta S_{\text{النظام}}$$

المفردات

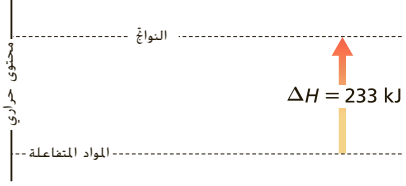
- **عملية تلقائية**
- **الإنتروبي**
- **القانون الثاني للديناميكا الحرارية**
- **الطاقة الحرة**

استراتيجيات المراجعة

- اطلب إلى الطلاب ربط طاقة الوضع الكيميائية بالتفاعلات الماصة والطاردة للحرارة. ض م
- اطلب إلى الطلاب وصف الخطوات المُتبعة عند كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية. ض م
- اطلب إلى الطلاب توضيح أهمية قانون هس واستخدامه في تحديد المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية. ض م

0527_C14_SG_681708.indd 527 1/15/1

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	



■ **الشكل 23**

69. هل التفاعل الموضح في **الشكل 23** ماص للحرارة أم طارد للحرارة؟ كيف يمكنك معرفة ذلك؟
70. اذكر مثالين على الأنظمة الكيميائية وعرف الكون بالنسبة لهذه الأمثلة.
71. في ظل أي ظروف تكون كمية الطاقة(q) المنطلقة أو الممتصة في تفاعل كيميائي مساوية للتغير في المحتوى الحراري (ΔH)؟
72. التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما ΔH له قيمة سالبة. إلام يشير ذلك فيما يتعلق بطاقة الوضع الكيميائية لنظام ما قبل وبعد التفاعل؟
73. ما هي إشارة ΔH لتفاعل طارد للحرارة؟ ولتفاعل ماص للحرارة؟

إتقان حل المسائل

74. كم جولًا من الحرارة تفقده كتلة جرانيت مقدارها 3850 kg عندما تقل درجة حرارتها من 41.2°C إلى 12.9°C−؟ الحرارة النوعية للجرانيت هي 0.803 J/(g•°C).
75. **حمام سباحة** حمام سباحة أبعاده هي 20.0 m × 12.5 m ملئ بالماء حتى عمق 3.74 m فإذا كانت درجة الحرارة الأولية هي 18.4°C، فما مقدار الحرارة الذي يجب إضافته للماء لرفع درجة الحرارة إلى 29.0°C؟ افترض أن كثافة الماء 1.000 g/mL.
76. ما كمية الحرارة التي تمتصها قطعة من الرصاص كتلتها 44.7g حين ترتفع درجة حرارتها بمقدار 65.4°C.
77. **تحضير الطعام** عند وضع 10.2 g من زيت الكانولا (اللفت) في قدر "وعاء"عند درجة حرارة 25.0°C، فإنه يحتاج إلى 3.34 kJ من الحرارة لتسخينه لدرجة حرارة 196.4°C. فما هي الحرارة النوعية لزيت الكانولا؟
78. **السباك** عند وضع قطعة من سبيكة ساخنة كتلتها 58.8 g في 125 g من الماء البارد في كالوريميتر، تقل درجة حرارة السبيكة بمقدار 106.1°C، بينما ترتفع درجة حرارة الماء بمقدار 10.5°C. ما الحرارة النوعية لهذه السبيكة؟

■ **الشكل 22**

59. صف ما يمكن أن يحدث **في الشكل 22** حين يكون الهواء أعلى سطح البحيرة أبرد من الماء.
60. الحرارة النوعية للإيثانول هي 2.44 J/(g•°C). ماذا يعني هذا؟
61. اشرح كيف يتم حساب كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم ما.

إتقان حل المسائل

62. **تغذية** عنصر غذائي يحتوي على 124 Cal. ما عدد السعرات الموجودة في هذا العنصر الغذائي؟
63. كم جول يتم امتصاصها في عملية تمتص 0.5720 kcal؟
64. **المواصلات** يستخدم الإيثانول كمادة تضاف إلى الجازولين. يحرر احتراق واحد مول من الإيثانول 1367 kJ من الطاقة. كم عدد السعرات الحرارية التي تُطلَق من هذا التفاعل؟
65. لتبخير 2.00 g من الأمونيا، نحتاج إلى 656 cal. كم كيلو جول يلزم لتبخير نفس الكتلة من الأمونيا؟
66. يحرر مول واحد من الإيثانول 326.7 Cal من الطاقة أثناء الاحتراق. كم كيلو جول يتحرر؟
67. **علم المعادن** مسمار كتلته 25.0 g مصنوع من سبيكة يمتص 250 J من الحرارة عندما تتغير درجة حرارته من 25.0°C إلى 78.0°C. فما هي الحرارة النوعية للسبيكة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التي تنتقل من جسم ساخن إلى جسم بارد. درجة الحرارة هي قياس متوسط الحركة الجزيئية في عينة من المادة.
إنها تزداد.
ستختلف إجابات الطلاب. إجابة محتملة: خلال الانهيار الجليدي، تتحول طاقة الوضع (الطاقة الكامنة) للثلج الموجود على ارتفاع عال إلى طاقة حركية بينما يتساقط الثلج أسفل الجبل.
يتحول البعض إلى شغل لكي يتم تحريك مكابس المحرك ويُطلق الكثير من الطاقة في صورة حرارة.
السعر الحراري الغذائي الواحد يعادل 1000 cal. السعر الحراري الغذائي الواحد يعادل 1 kcal.
الحرارة النوعية
إذا كان الهواء باردًا بما يكفي، فقد يتكثف بخار الماء الخارج من البحيرة ويكوّن ضبابًا. ستنتقل الحرارة من الماء الدافئ إلى الهواء البارد. سوف يصبح الهواء الموجود فوق الماء أكثر دفئًا في الحال عن الهواء المحيط وسيظهر الضباب وهو يرتفع فوق البحيرة كالبخار.
وهذا يعني أنه يلزم توفير 2.44 J لرفع درجة حرارة 1 g من الإيثانول درجة سيليزية واحدة.
كمية الطاقة اللازمة تعادل حاصل ضرب كتلة الجسم وحرارتة النوعية وتغير درجة حرارته.

نان حل المسائل

124,000 Cal.
2,393 J.
327 Cal.
2.74 kJ.
1367 kJ.
0.189 J/g•°C.

تسم 2

نان المفاهيم

يتميز كوب الرغوة بأنه معزول بشكل أفضل من الكأس الزجاجي، لذا يتم نقل كمية ضئيلة جدًا من الحرارة داخل أو خارج المسعر.

69. التفاعل ماص للحرارة حيث أن المحتوى الحراري النواتج يزيد عن المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة بمقدار 233 kJ.
70. الكون = النظام + الأوساط المحيطة؛ ستختلف إجابات الطلاب.
71. عند إجراء التفاعل تحت ضغط ثابت
72. تنخفض الطاقة الكامنة الكيميائية للنظام بعد التفاعل عما كانت عليه قبل التفاعل.
73. يصبح ΔH سالبًا في التفاعل الطارد للحرارة وموجبًا في التفاعل الماص للحرارة.

إتقان حل المسائل

74. 1.56×10^8 J
75. 4.16×10^{10} J
76. 377 J
77. 1.91 J/(g•°C)
78. 0.880 J/(g•°C)

0528_0531_C14_CA_681708.indd 528 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

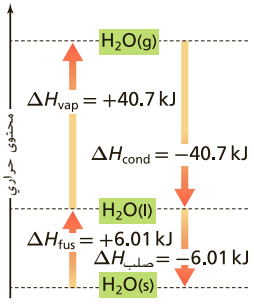
c. $CH_3OH(l) \rightarrow CH_3OH(g)$
d. $NH_3(l) \rightarrow NH_3(s)$

80. الحرارة المولية لانصهار الميثانول تبلغ 3.22kJ/mol ماذا يعني هذا؟

81. فسر كيف يمكن للعرق أن يساعد في تبريد جسمك.

82. اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الميثان. وظف **جدول 3.**

إتقان حل المسائل



■ **الشكل 24**

83. وظف **الشكل 24** لحساب كمية الحرارة اللازمة لتبخير 4.33 mol من الماء عند درجة حرارة 100°C.

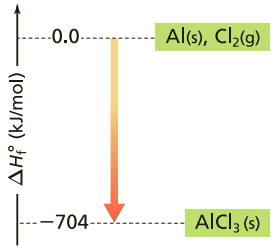
84. زراعة يتم رش الماء على مناطق في الأرض الزراعية خلال الليالي الباردة. إذا كان متوسط مقدار الماء الذي يتجمد في كل منطقة هو 11.8 g، فما كمية الحرارة الناتجة؟

85. شواء ما كتلة البروبان (C_3H_8) التي يجب حرقها لإنتاج 4560 kJ من الحرارة؟ حرارة احتراق البروبان ΔH_{comb} تساوي −2219 kJ/mol.

86. التسخين بالفحم ما كمية الحرارة المتحررة عند حرق 5.00 kg من الفحم إذا كان محتوى الكربون بالفحم 92% بحسب الكتلة والمواد الأخرى في الفحم لا تتفاعل؟ ΔH_{comb} للكربون هي −394 kJ/mol.

87. ما كمية الطاقة المتحررة عند تكثف 1255 g من الماء على هيئة سائل عند درجة حرارة 100°C؟

88. عينة أمونيا (ΔH_{solid} = -5.66 kJ/mol) يتحرر منها 5.66 kJ من الحرارة أثناء تحولها للحالة الصلبة عند مضاعفة كافة كميات المواد ثلاث مرات ويتم عكس المعادلة؟



■ **الشكل 25**

91. استعن **بالشكل 25** لكتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لتكوين واحد مول من كلوريد الألمنيوم من عناصره في حالتها القياسية.

إتقان حل المسائل

92. وظّف جدول قيم حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH°_{rxn} للتفاعل التالي:

$$P_4O_6(s) + 2O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$$

93. استخدم قانون هس والمعادلات الكيميائية الحرارية التالية لتكوين المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل، $C(s, \text{جرافيت}) \rightarrow C(s, \text{ماس})$ ما قيمة ΔH للتفاعل؟

a. $C(s, \text{جرافيت}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -394$ kJ
b. $C(s, \text{ماس}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -396$ kJ

94. استخدم قانون هس والتغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلين التاليين لحساب ΔH للتفاعل $2A + B_2C_3 \rightarrow 2B + A_2C_3$.

$$2A + \frac{3}{2}C_2 \rightarrow A_2C_3 \quad \Delta H = -1874 \text{ kJ}$$

$$2B + \frac{3}{2}C_2 \rightarrow B_2C_3 \quad \Delta H = -285 \text{ kJ}$$

القسم 5

إتقان المفاهيم

95. في أي ظروف يحتمل أن يصبح التفاعل الكيميائي الماص للحرارة والذي تزداد فيه إنتروبي النظام تلقائيًا؟

a. سالب.
b. سالب.
c. موجب.
d. سالب.

80. هذا يعني أنه يلزم توفير 3.22 kJ من الطاقة لانصهار مول واحد من الميثانول.

81. يبرد جسمك حيث أنه يوفر الحرارة اللازمة لتبخير الماء من جلدك.

82. $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad \Delta H = -891$ kJ

إتقان حل المسائل

83. 176 kJ
84. −3.94 kJ
85. 90.60 g
86. −158,000 kJ
87. 2830 kJ
88. 17.03 g

القسم 4

إتقان المفاهيم

89. تصف حرارة التكوين القياسية التغير في المحتوى الحراري عندما يتكون مول واحد من المركب في حالته القياسية من العناصر المكونة له في حالتها القياسية.

90. تضاعف ΔH ثلاثة أضعاف وتتغير الإشارة.

91. $Al(s) + 3/2Cl_2(g) \rightarrow AlCl_3(s) \quad \Delta H^\circ_f = -704$ kJ

إتقان حل المسائل

92. −1343.9 kJ
93. −2 kJ
94. −1589 kJ

القسم 5

إتقان المفاهيم

95. من المرجح أن يكون هذا التفاعل تلقائيًا فقط في ظل درجات الحرارة المرتفعة.

0528_0531_C14_CA_681708.indd 529 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

بالماء الساخن أولا قبل وضع الحساء الساخن فيه.

107. فرّق بين حرارة تكوين كل من $H_2O(g)$ و$H_2O(l)$. لم يكون من الضروري تحديد الحالة الفيزيائية للماء في المعادلة الكيميائية الحرارية التالية:

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O\ (l \text{ or } g)\ \Delta H = ?$

التفكير الناقد

■ **الشكل 27**

108. حلل كلا الصورتين في **الشكل 27** بحسب طاقة الوضع للحالة الظاهرة في الصورة وطاقة الوضع الكيميائية والطاقة الحركية والحرارة.

109. طبق يعد كلوريد الفوسفور مادة أولية في تحضير مركبات الفوسفور العضوية. وضح كيف يمكن استخدام المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b لتحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل $PCl_3(l) + Cl_2(g) \rightarrow PCl_5(s)$.

a. $P_4(s) + 6Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_3(l) \quad \Delta H = -1280\ kJ$

b. $P_4(s) + 10Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_5(s) \quad \Delta H = -1774\ kJ$

110. احسب لنفترض أن هناك قطعتين من الحديد كتلة إحداهما ضعف كتلة الأخرى تمامًا وهما موضوعتان في كالوريميتر. إذا كانت درجتي الحرارة الابتدائية للقطعة الأكبر وللقطعة الأصغر هما 90°C و 50°C على التوالي، ما هي درجة حرارة القطعتين حين يحدث الاتزان الحراري؟ وظف **الجدول 2** لمعرفة الحرارة النوعية للحديد.

111. تنبأ أي من المركبين، غاز الميثان (CH_4) أو بخار الميثانال (CH_2O)، يمتلك حرارة احتراق أكبر. فسر إجابتك. (تلميح: اكتب وقارن بين المعادلات الكيميائية الحرارية لتفاعلي الاحتراق.)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

b. $2NO_2(g) \rightarrow N_2O_4(g) \quad \Delta H_{النظام} = -58\ kJ$

c. $CaCO_3(g) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g) \quad \Delta H_{النظام} = 178\ kJ$

98. وضح كيف يغير تفاعل طارد للحرارة إنتروبي البيئة المحيطة به؟ هل التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل يزيد أم يقل $\Delta G_{النظام}$؟

إتقان المسائل

99. احسب $\Delta G_{النظام}$ لكل عملية، ووضح ما إذا كانت العملية تلقائية أم غير تلقائية.

a. $\Delta H_{النظام} = 145\ kJ,\ T = 293\ K,\ \Delta S_{النظام} = 195\ J/K$

b. $\Delta H_{النظام} = -232\ kJ,\ T = 273\ K,\ \Delta S_{النظام} = 138\ J/K$

c. $\Delta H_{النظام} = -15.9\ kJ,\ T = 373\ K,\ \Delta S_{النظام} = -268\ J/K$

100. احسب درجة الحرارة التي تكون عندها $\Delta G_{النظام} = 0$ إذا كان $\Delta S_{النظام} = 55.2\ J/K$ و $\Delta H_{النظام} = 4.88\ kJ$.

101. بالنسبة لتغير الحالة $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ تكون $\Delta G°_{النظام} = 8.557\ kJ$ و $\Delta H°_{النظام} = 44.01\ kJ$. ما قيمة $\Delta S°_{النظام}$ لهذا التغير؟

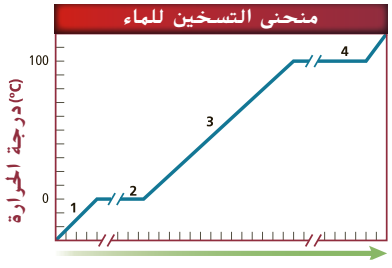
102. هل تفاعل تحويل كبريتيد النحاس (II) إلى كبريتات النحاس(II) في ظل ظروف قياسية تلقائي؟

$CuS(s) + 2O_2(g) \rightarrow CuSO_4(s)$. $\Delta H°_{rxn} = -718.3\ kJ,\ \Delta S°_{rxn} = -368\ J/K$.

فسر إجابتك.

103. احسب درجة الحرارة التي تكون عندها $\Delta G°_{النظام} = -34.7\ kJ$ إذا كان $\Delta H°_{النظام} = 28.8\ kJ$ و $\Delta S°_{النظام} = 22.2\ kJ$.

مراجعة شاملة



■ **الشكل 26**

104. أُضيفت حرارة بشكل مستمر لعينة من الماء لإنتاج المنحنى الحراري في **الشكل 26**. وضح ما يحدث في الأقسام 1, 2, 3 و 4 وعلى المنحنى.

105. خلال النزول، تتحول الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية عند الحركة. عند الصعود، تتحول الطاقة الكيميائية الكامنة والحركة الجزيئية إلى طاقة كامنة.

106. ينقل الماء الساخن الطاقة إلى الترموس في صورة حرارة، مما يرفع درجة حرارة الترموس إلى ما يقرب من درجة حرارة الحساء الساخن. نظرًا لتشابه درجة حرارة الترموس والحساء، سوف يفقد الحساء قليلاً من الحرارة وينقلها إلى الترموس عند وضعه في الداخل.

107. $\Delta H_f°$ بالنسبة $H_2O(l)$ و $H_2O(g)$ تختلف تقريبًا بقيمة حرارة تبخير الماء. نظرًا لاختلاف المحتوى الحراري للماء في حالته السائلة عن حالته الغازية، فإن المحتوى الحراري يتغير في التفاعل وفقًا للحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.

التفكير الناقد

108. الثلج له طاقة كامنة موضعية والتي تتحول إلى طاقة حركية عند التحرك. الخشب له طاقة كيميائية كامنة والتي يمكن تحويلها إلى حرارة وضوء وطاقة حركية.

109. $\Delta H = -124\ kJ$

110. $T_f = 76.7°C$

111. من المرجح أن يكون لغاز الميثان حرارة احتراق أكبر.

$\Delta G°_{system} = \Delta H°_{system} - T\Delta S°_{System}$. التفاعلان **a** و **c** كلاهما له قيمة موجبة ΔH_{System}. بالرغم من هذا، فإن كلا التفاعلين لهما عدد مولات أكثر في النواتج الغازية عن المواد المتفاعلة الغازية، مما يُشير إلى زيادة الإنتروبي عند تكون النواتج. لذلك، فإن درجات الحرارة المرتفعة تميل إلى جعل هذه التفاعلات تفاعلات تلقائية (قيمة سالبة ΔG_{System}). ومن الناحية الأخرى، فإن التفاعل **b** له عدد مولات غازية أقل على طرف النواتج، مما يُشير إلى انخفاض الإنتروبي بينما تتكون النواتج. ولكن نظرًا لأن ΔH_{System} سالب في هذا التفاعل، فإنه سيميل لأن يكون تلقائيًا في درجات الحرارة المنخفضة.

9. ترفع الحرارة الناتجة عن التفاعل الطارد للحرارة من إنتروبي الأوساط المحيطة. يقلل هذا التفاعل ΔG_{System} حيث أن ΔH_{System} سالب في المعادلة $\Delta G°_{system} = \Delta H°_{system} - T\Delta S°_{system}$

إتقان حل المسائل

9.a 87.9 kJ غير تلقائي

b. −270 kJ تلقائي

c. 84.1 kJ غير تلقائي

10. 88.4 K

11. +0.119 kJ/K

12. نعم. التفاعل تلقائي في ظل ظروف قياسية.

13. 266 K

راجعة شاملة

10. القسم 1: تزداد الحركة الجزيئية للماء (الثلج) كلما ارتفعت درجة الحرارة.

القسم 2: تزداد الطاقة الكامنة كلما امتص النظام الطاقة خلال عملية الانصهار.

القسم 3: تزداد الحركة الجزيئية للماء كلما ارتفعت درجة الحرارة.

القسم 4: تزداد الطاقة الكامنة كلما امتص النظام الطاقة خلال عملية التبخير.

0528_0531_C14_CA_681708.indd 530 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

(H_2O). اكتب معادلة احتراق غاز الإيثان التي ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون وماء. احسب حرارة الاحتراق القياسية للإيثان مستخدمًا قيم حرارة التكوين القياسية الموجودة في جدول قيم حرارة التكوين القياسية. باستخدام الناتج وحرارة الاحتراق القياسية للميثان الموجودة في **الجدول 3**. احسب الطاقة المتحررة من احتراق كيلوجرام من الغاز الطبيعي.

مراجعة تراكمية

113. اكتب اسم المركبات الجزيئية التالية:

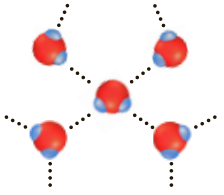
a. S_2Cl_2 **c.** SO_3

b. CS_2 **d.** P_4O_{10}

114. حدد الكتلة المولية للمركبات التالية:

a. $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

b. $Fe(OH)_3$



الشكل 28

115. ما نوع الرابطة الكيميائية التي تمثلها الخطوط المتقطعة في **الشكل 28**؟

116. ما مولارية المحلول الذي يحضر بإذابة 25.0 g من ثيوسيانات الصوديوم (NaSCN) في كمية كافية من الماء لعمل محلول حجمه 500 mL؟

118. طاقة الرياح أجر بحثًا عن استخدام الرياح كمصدر للطاقة الكهربائية. اشرح مزايا وعيوب استخدامها.

DBQ أسئلة تعتمد على المستند

زيت الطهي قامت مجموعة بحث جامعية بحرق أنواع من زيوت الطهي في مسعر احتراق لتحديد ما إذا كان هناك علاقة بين حرارة الاحتراق وعدد الروابط الثنائية في جزيء الزيت. عادة يحتوي زيت الطهي على سلاسل طويلة من ذرات الكربون تتصل ببعضها إما عن طريق رابطة أحادية أو رابطة ثنائية. أي سلسلة ليس بها رابطة ثنائية يقال أنها مشبعة، والتي تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل فهي زيوت غير مشبعة. حرارة الاحتراق للزيوت الأربعة تظهر في **الجدول 7**. استنتج الباحثون أن النتائج تنحرف بمقدار 0.6% واستنتجوا أنه لا يمكن التنبؤ بأن هناك رابط بين التشبع وحرارة الاحتراق عن طريق التجربة المستخدمة.

تم الحصول على البيانات من الموقع: حرارة الاحتراق للزيوت. أبريل 1998 جامعة بنسلفانيا.

الجدول 7 نتائج احتراق الزيوت

نوع الزيت	ΔH_{comb} (kJ/mol)
زيت الصويا	40.81
زيت الكانولا	41.45
زيت الزيتون	39.31
زيت زيتون بكر استثنائي	40.98

119. أي من الزيوت المختبرة توفّر أكبر قدر من الطاقة لكل وحدة كتلة عند الاحتراق؟

120. وفقًا للبيانات، ما كمية الطاقة التي تنتج من حرق 0.554 kg من زيت الزيتون؟

121. افترض أنه تم حرق 12.2 g من زيت الصويا واستخدمت الطاقة الناتجة جميعها في تسخين 1600 Kg من الماء درجة حرارته الابتدائية 20°C. ما هي درجة الحرارة النهائية للماء؟

122. يمكن استخدام الزيوت كوقود. كم جرام من زيت الكانولا يجب حرقها لتوفير الطاقة اللازمة لتبخير 25 g من الماء؟ (ΔH_{vap} = 40.7kJ/mol).

مسألة تحدي

112. −55,200 kJ

مراجعة تراكمية

113. **a.** ثاني كلوريد ثنائي الكبريت

b. ثاني كبريتيد الكربون

c. ثالث أكسيد الكبريت

d. عاشر أكسيد رباعي الفوسفور

114. **a.** 291.07 g/mol

b. 106.88 g/mol

115. روابط هيدروجينية

116. 0.616 *M*

الكتابة في الكيمياء

117. قد يكتب الطلاب أن أفضل استخدام للهيدروجين هو استخدامه كوقود للسيارات في خلايا الوقود. يمكن تكييف العديد من التقنيات المستخدمة لمعالجة غازي الميثان والبروبان لاستخدامها مع الهيدروجين. معظم الهيدروجين المتاح حاليًا هو منتج ثانوي للصناعات البتروكيميائية. لاستخدام الهيدروجين على نطاق واسع كوقود للسيارات وغيرها من احتياجات الطاقة الأخرى، قد يتم إنتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي للماء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة كقوة الرياح أو الطاقة الشمسية. المنتج الوحيد الناتج عن احتراق الهيدروجين هو الماء، لذا فإنه مصدر غير ملوث من مصادر الطاقة.

بعض الناس حيث تعيق طواحين الهواء الجمال الطبيعي للمناظر الطبيعية. يمكن لطواحين الهواء أيضًا أن تقتل الطيور. عند وضع طواحين الهواء بعيدًا عن الشاطئ، فقد يتأثر السمك سلبًا بهذه الهياكل والتراكيب.

DBQ أسئلة حول مستند

بيانات مأخوذة من: Argeros, A., Pincas, D., Shinar, Z., and Sultenfuss, A. April, 1998. Heat of Combustion of Oils. جامعة ولاية بنسلفانيا.

119. زيت الكانيولا: 41.45 kJ/g

120. 21,800 kJ

121. 94.4°C

122. 1.37 g من زيت الكانيولا

0528_0531_C14_CA_681708.indd 531 1/15/1

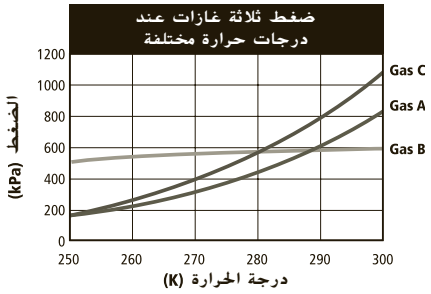
Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

2.20						
Li	Be	B	C	N	O	F
0.98	1.57	2.04	2.55	3.04	3.44	3.98
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0.93	1.31	1.61	1.90	2.19	2.58	3.16

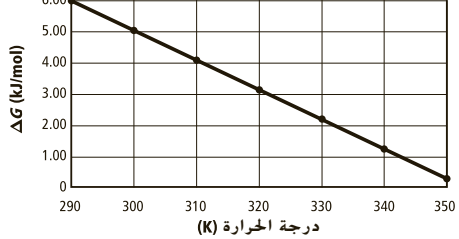
6. ما الرابطة الأكثر قطبية؟
A. H–H **C.** H–N
B. H–C **D.** H–O

7. العنصر Q لديه تأكسد2+, بينما العنصر M لديه تأكسد 3−. ما الصيغة الصحيحة لمركب مكون من العنصرين M و Q؟
A. Q_2M_3 **C.** Q_3M_2
B. M_2Q_3 **D.** M_3Q_2

استعن الرسم البياني أدناه للإجابة على السؤال 8



8. ما ضغط الغاز B عند 295 K؟
A. 500 kPa **C.** 700 kPa
B. 600 kPa **D.** 900 kPa



1. في نطاق درجات الحرارة الموضحة، فإن تبخر الهكسان الحلقي
A. لا يحدث مطلقًا.
B. سوف يحدث تلقائيًا.
C. غير تلقائي.
D. يحدث فقط في درجات الحرارة العالية .

2. ما الطاقة الحرة القياسية لتبخير الهكسان الحلقي ΔG°_{vap} عند 300 K؟
A. 5.00 kJ/mol **C.** 3.00 kJ/mol
B. 4.00 kJ/mol **D.** 2.00 kJ/mol

3. عندما يتم رسم ΔG°_{vap} مقابل درجة الحرارة فإن ميل الخط يساوي ΔS°_{vap} فما قيمة ΔS°_{vap}؟
A. −50.0 J/mol•K **C.** −5.0 J/mol•K
B. −10.0 J/mol•K **D.** −100 J/mol•K

4. ما الذي يكونه فلز الإيتريوم، والذي عدده الذري 39؟
A. أيونات موجبة
B. أيونات سالبة.
C. كلٌّ من الأيونات الموجبة والسالبة.
D. لا يكوّن أي أيونات على الإطلاق

5. تبعًا للتفاعل $2Al + 3FeO \rightarrow Al_2O_3 + 3Fe$ ما هي النسبة المولية بين أكسيد الحديد(II) وأكسيد الألمنيوم؟
A. 2:3 **C.** 3:2
B. 1:1 **D.** 3:1

D
A
D
D
C
B

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0532_0533_C14_STP_681708.indd 532 1/15/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SC**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

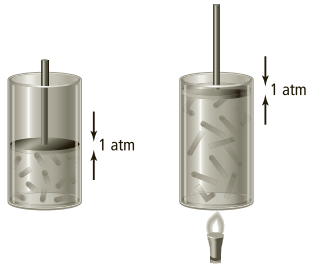
10. ما الصيغة الكيميائية لكلوريد الكالسيوم؟ فسّر سبب تكون هذا المركب الأيوني باستخدام الترميز النقطي للإلكترون الموضح أعلاه.

11. استعن بالترميز النقطي للإلكترون لتفسير الشحنة الكهربائية للكبريت عندما يُكوّن أيون.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

استعن بالمعلومات المذكورة أدناه للإجابة على الأسئلة 12 و 13.

تشغل عينة من الغاز حجم معين عند ضغط 1 atm. إذا ظل الضغط ثابتًا، ستؤدي الحرارة إلى تمدد الغاز، كما هو موضح أدناه.



12. اذكر قانون الغاز الذي يصف سبب شغل الغاز في العلبة الثانية لحجم أكبر عن الغاز في العلبة الأولى.

13. إذا كان حجم الغاز في العلبة الأولى 2.1 L عند درجة حرارة 300.0 K. فلأي مدى يجب تسخين العلبة الثانية لتصل إلى حجم 5.4 L؟ اعرض ما أعددته والجواب النهائي.

15. إذا تم وضع 300 g من رقائق الألمنيوم في فرن وتم تسخينها من 20.0°C إلى 662.0°C وامتصت 1723 J من الحرارة، فما هي الحرارة النوعية للألمنيوم؟

A. 0.131 J/g•°C
B. 0.870 J/g•°C
C. 0.897 J/g•°C
D. 2.61 J/g•°C
E. 0.261 J/g•°C

استعن بالجدول أدناه للإجابة على السؤالين 16 و 17.

بيانات الكثافة والسالبية الكهربائية للعناصر

العنصر	الكثافة (g/ml)	السالبية الكهربائية
الألمنيوم	2.698	1.6
الفلور	1.696×10^{-3}	4.0
الكبريت	2.070	2.6
النحاس	8.960	1.9
المغنيسيوم	1.738	1.3
الكربون	3.513	2.6

17. عينة من فلز معين كتلتها 9.250 g وحجمها 5.250 mL. فما هو هذا الفلز؟

A. الألمنيوم
B. المغنيسيوم
C. الكربون
D. النحاس
E. الكبريت

18. أي عنصرين يُحتمل أن يكونا رابطة أيونية؟

A. الكربون والكبريت
B. الألمنيوم والمغنيسيوم
C. النحاس والكبريت
D. المغنيسيوم والفلور
E. الألمنيوم والكربون

إلى اكتساب إلكترونات أو فقدها كي يصبح مستقرًا كيميائيًا.

10. $CaCl_2$ تصبح ذرة الكالسيوم Ca^{2+}، حيث تفقد إلكترونيها ويتحولان إلى ذرتين من الكلور وتصبح كلتاهما Cl^-.

11. الكبريت له ستة إلكترونات تكافؤ. نظرًا لأن الذرات تصبح أكثر ثباتًا عندما يكون لها 8 إلكترونات تكافؤ كي تُكمل مستويات الطاقة الخارجية، يميل الكبريت إلى اكتساب إلكترونين لكي يصبح أيون S^{2-}.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

12. هذا هو قانون شارل: يتناسب حجم كتلة معينة من الغاز طرديًا مع درجة الحرارة بها تحت ضغط ثابت.

13.
$$T_1/V_1 = T_2/V_2$$
$$T_2 = \frac{T_1 V_2}{V}$$
$$= \frac{(300.0\ \text{K})(5.4\ \text{L})}{2.1\ \text{L}}$$
$$= 770\ \text{K}$$

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

14. A
15. C
16. B
17. D

0532_0533_C14_STP_681708.indd 533 1/15/1

Program: UAE	Component: ADV_SC	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

الفكرة العامة

الأحماض والقواعد تنتج أيونات

للبدء بتقديم الفكرة العامة للفصل، اعرض على الطلاب عيِّنات من حمض الأكساليك الصلب $H_2C_2O_4$، وهيدروكسيد الصوديوم الصلب NaOH، واسأل: هل يبدو أيٌّ منهما حمضًا أم قاعدة؟ لا. كلاهما مادَّة صلبة نقيَّة، ولكن لا يمكن معرفة طبيعة كلٍّ منهما الحمضيّة، أو القاعديّة بمجرد النظر إلى شكليهما.

أذب 1g تقريبًا من كلٍّ من المادّتين الصلبتين في 100ml من الماء المقطّر، واسأل الطلاب: كيف يمكن اختبار المحلولين؛ لمعرفة هل هما حمضيّان أم قاعديّان؟ قد يقترح الطلاب استعمال مقياس pH، أو ورق تبّاع الشمس؛ لذا اختبر المحلولين مبيِّنًا أنّ محلول $H_2C_2O_4$ المائي حمضي، في حين أن محلول NaOH المائي قاعدي، ثمّ اكتب معادلات كيميائيّة تبيّن كيف ينتج $H_2C_2O_4$ أيونات هيدروجين في المحلول المائيّ، وكيف ينتج NaOH أيونات هيدروكسيد في المحلول المائيّ.

$$H_2C_2O_{4(s)} \rightarrow H^+_{(aq)} + HC_2O_4^-{}_{(aq)}$$

$$NaOH_{(S)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

لخِّص ما سبق موضحًا أنَّ الأحماض تنتج أيونات هيدروجين في الماء، وأنَّ القواعد تنتج أيونات هيدروكسيد في الماء.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلاب مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل:

- التفاعلات الكيميائيّة.
- معادلات التفاعلات الكيميائيّة.
- سرعة التفاعل الكيميائيّ، قوانين سرعة التفاعل.
- الاتزان الكيميائيّ.

استعمال الصورة

pH **لحوض الأسماك** اسأل: ماذا يمكن أن نعرف عن المحلول المائيّ في حوض الأسماك، من خلال معرفتنا قيمة pH ؟ واطلب إليهم قراءة مقياس pH في الصورة، واسألهم: ما معنى pH= 8.2؟ قاعديّ إلى حدٍّ ما. ثم دعهم يقارنوا بين محلولٍ فيه قيمة pH= 8.00، ومحلول آخر فيه قيمة pH = 8.20. يكون المحلول الذي فيه قيمة pH = 8.00" أقلّ قاعديّة (أكثر حمضيّة) من المحلول الذي قيمة pH فيه = 8.20. وأشر إلى أن أيونات الهيدروكسيد OH^- تسبب قاعديّة المحلولين، وأنّ تركيز أيونات الهيدروكسيد يتباين كثيرًا مع تغيّر قيم pH.

التحليل

1. تتباين الإجابات حسب الموادّ التي يتمّ اختبارها. المجموعتان هما الأحماض والقواعد.
2. تتفاعل الموادّ مع تبّاع الشمس والفينولفثالين؛ بناءً على المجموعة التي تنتمي إليها.

استقصاء تتباين الإجابات. غير أنّه يجب أن تتضمّن إضافة حمضٍ إلى معادلة الكاشف.

تجربة استهلالية

الهدف يستعمل الطلاب كاشفَين؛ للتمييز بين المنتوجات الحمضيّة والقاعديّة.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلاب لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

تحذير: أبعد كاشف الفينولفثالين عن اللهب والشرر.

التخلُّص من النفايات يمكن التخلُّص من الموادّ، بإلقائها في مجاري الصرف الصحيّ، مع سكب الكثير من الماء بعدها.

استراتيجيات التدريس

- وزّع ستة إلى ثمانية منتجات للطلاب في دوارق صغيرة عليها أسماء الموادّ، ومعها قطّارات.
- أحماض مقترحة: خلّ أبيض، عصير تفاح أبيض، مشروب غازيّ غير ملوّن.
- قواعد مقترحة: أمونيا للاستعمال المنزليّ، صابون سائل غير ملوّن، محلول صودا الخبز.

نتائج متوقّعة تحوّل الأحماض تبّاع الشمس الأزرق إلى أحمر، في حين تحوّل القواعد تبّاع الشمس الأحمر إلى أزرق، كما يصبح الفينولفثالين ورديَّ اللّون في القواعد.

5–1

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (15) الواردة في مصادر التعلم للفصول (5–1)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

نموذجان حمضيّان اكتب على السبورة المعادلة الكيميائيّة للتأيُّن الأوَّل لحمض الأكساليك، واكتب الماء على أنّه مادة متفاعلة.

$$H_2C_2O_{4(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + HC_2O_4^-{}_{(aq)}$$

وأشر إلى أنّ H_3O^+، أو أيون الهيدرونيوم يمثّل أيون هيدروجين مُتميِّهًا، ثمّ أعد كتابة المعادلة مبيِّنًا تراكيب لويس ذات النقاط الإلكترونيّة لجميع الموادّ المتفاعلة والناتجة. ملاحظة: حمض الأكساليك هو حمض الإيثانويك ثنائي الكربوكسيل (Ethanedioic acid). واسأل: ماذا يحصل بين جزيئات $H_2C_2O_4$ وH_2O في أثناء التفاعل؟ ينتقل أيون هيدروجين، أو بروتون، من جزيء $H_2C_2O_4$ إلى جزيء H_2O، حيث يرتبط أيون الهيدروجين بزوج متاح من الإلكترونات. وضِّح أنَّ أحد نماذج الأحماض والقواعد الشائعة يركز على أنَّ $H_2C_2O_4$ يفقد أو يكتسب أيون هيدروجين، ولكن هناك نموذجًا ثانيًا يركز على أنّ أيون الهيدروجين من جزيء $H_2C_2O_4$ يقبل زوجًا من الإلكترونات من جزيء الماء، لذا أشر إلى أنّ النموذجين صحيحان ومقبولان، وهما يقدّمان رؤيتين مختلفتين حول كيفيّة حدوث التفاعل. ض م

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى الطلاب أن يستعملوا الرسوم أوالنماذج؛ لتوضيح الفرق بين تركيب أيون الهيدروكسيد، وأيون الهيدرونيوم، واطلب إليهم شرح نماذجهم ورسومهم. د م

5–1

مقدمة في الأحماض والقواعد
Introduction to Acids and Bases

الأهداف

- تحدد الخواص الفيزيائية والكيميائية للأحماض والقواعد.
- تصنّف المحاليل إلى حمضية، أو قاعدية، أو متعادلة.
- تقارن بين نماذج أرهينيوس، وبرونستد – لوري، ولويس للأحماض والقواعد.

مراجعة المفردات

تركيب لويس نموذج يستعمل التمثيل النقطي للإلكترونات؛ ليبين كيفية ترتيب الإلكترونات في الجزيئات.

المفردات الجديدة

المحلول الحمضي
المحلول القاعدي
نموذج أرهينيوس
نموذج برونستد – لوري
الحمض المرافق (المقترن)
القاعدة المرافقة (المقترنة)
الأزواج المترافقة
مواد مترددة (أمفوتيرية)
نموذج لويس

الفكرة الرئيسة **تساعد النماذج المختلفة على وصف سلوك الأحماض والقواعد.**

الربط مع الحياة إن التصنيف الأكثر شيوعًا للمواد هو تصنيفها إلى أحماض وقواعد. ويمكن تمييز الأحماض من الطعم اللاذع لبعض المشروبات المفضلة لديك، أو الرائحة الحادة لبعض القواعد مثل الأمونيا في بعض المنظفات المنزلية.

خواص الأحماض والقواعد Properties of Acids and Bases

يطلق النمل حمض الميثانويك (الفورميك) عندما يشعر بخطر يهدد مستعمرته، فيبثّه أفراد المستعمرة كلها. أما الأحماض المذابة في ماء المطر فتؤدي إلى تكوين كهوف كبيرة في الصخور الجيرية، وتؤدي أيضًا إلى تلف الأبنية والمواقع الأثرية القيِّمة مع مرور الزمن. وتستعمل الأحماض في إضافة نكهة إلى الكثير من المشروبات والأطعمة التي تتناولها. وهناك أيضًا حمض في المعدة يساعد على هضم الطعام. كذلك تلعب القواعد دورًا في حياتك؛ فالصابون الذي تستعمله والأقراص المضادة للحموضة التي قد تتناولها عند اضطراب المعدة من القواعد. كما أن الكثير من المواد المنزلية –كالتي استعملت في التجربة الاستهلالية – أحماض أو قواعد.

الخواص الفيزيائية قد تكون بعض الخواص الفيزيائية للأحماض والقواعد مألوفة، فأنت تعلم مثلاً أن المحاليل الحمضية طعمها لاذع، ومنها العديد من المشروبات الغازية التي تمتاز بهذا الطعم اللاذع بسبب احتوائها على حمضي الكربونيك H_2CO_3 والفوسفوريك H_3PO_4؛ ومنها الليمون والجريب فروت لاحتوائها على حمضي الستريك والأسكوربيك؛ كما أن حمض الخل يجعل طعم الخل لاذعًا. وربما تعلم أن المحاليل القاعدية طعمها مُرّ، ولها ملمس زَلِق. فكّر كيف تصبح قطعة الصابون زلقة عندما تبتل. **لا تحاول أبدًا تعرّف أي حمض أو قاعدة أو أي مادة أخرى في المختبر عبر تذوقها أو لمسها.**

يبين **الشكل 1–5** نبتتين تنموان في تربتين مختلفتين، فإحداهما تنمو في تربة حمضية، والأخرى تنمو في تربة قاعدية (قلوية).

المخلدة

الوردية

الشكل 1-5 تنمو نبتة الوردية في التربة الغنية الرطبة المعتدلة الحموضة، في حين تنمو المخلدة في تربة أقل رطوبة، وقاعدية قليلاً.

الهيدروكلوريك HCl – وهو حمض قوي– في تنظيف السيراميك. كما يساعد هيدروكسيد الصوديوم NaOH –وهو قاعدة قوية– على تسليك المصارف المسدودة.

تحوّل الأحماض ورق تباع الشمس الأزرق إلى أحمر

تحوّل القواعد ورق تبّاع الشمس الأحمر إلى أزرق

التوصيل الكهربائي ومن الخواص الأخرى للمحاليل الحمضية والقاعدية مقدرتها على توصيل الكهرباء بسبب تأينها. فالماء النقي غير موصل للكهرباء، إلا أن إضافة حمض أو قاعدة إليه تنتج أيونات تجعل المحلول الناتج موصلاً للكهرباء.

الخواص الكيميائية يمكن تعرف الأحماض والقواعد من خلال تفاعلها مع ورق تباع الشمس. ويمكن تعرُّف الأحماض أيضًا من خلال تفاعلاتها مع بعض الفلزات وكربونات الفلزات.

التفاعلات مع ورق تباع الشمس يعد تباع الشمس نوعًا من الأصباغ المستعملة عادة في التمييز بين محاليل الأحماض والقواعد، كما في **الشكل 2–5**؛ إذ تحوّل محاليل الأحماض لون ورق تباع الشمس الأزرق إلى الأحمر، وتحول محاليل القواعد لون ورق تباع الشمس الأحمر إلى الأزرق.

التفاعلات مع الفلزات وكربونات الفلزات يتفاعل كل من المغنسيوم والخارصين مع محاليل الأحماض، فينتج عن هذا التفاعل غاز الهيدروجين. وتصف المعادلة الآتية التفاعل بين الخارصين وحمض الهيدروكلوريك:

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

وتتفاعل كربونات الفلزات CO_3^{2-} وكربونات الفلزات الهيدروجينية HCO_3^- أيضًا مع محاليل الأحماض منتجة غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2. فعند إضافة الخل إلى صودا الخبز يحدث تفاعل بين حمض الإيثانويك (الخل) CH_3COOH الذائب في الخل وكربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، وينتج غاز CO_2 الذي يسبّب ظهور الفقاعات.

$$NaHCO_{3(s)} + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

يستعمل الجيولوجيون محلول حمض الهيدروكلوريك لتعرُّف الصخر الجيري (الذي يتكون بشكل رئيس من $CaCO_3$)، فإذا أدت بضع قطرات من الحمض إلى إنتاج فقاعات ثاني أكسيد الكربون دل ذلك على أن الصخر يحتوي على مادة الجير.

مسائل تدريبية

1. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة للتفاعلات بين:
   a. الألومنيوم وحمض الكبريتيك.
   b. كربونات الكالسيوم وحمض الهيدروبروميك.
2. **تحفيز** اكتب المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل في السؤال 1b.

2. التدريس

عرض سريع

القواعد الموجودة في المنزل اسأل الطلاب كيف يكون ملمس الصابون عندما يغسلون أيديهم؟ زلِقًا، ثم بيّن لهم أنّه عندما تلمس ورقة تبّاع الشمس الحمراء قطعة صابون يتحوّل لونها إلى اللون الأزرق د م

مسائل تدريبية

1. a. $2Al_{(s)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$
   b. $CaCO_{3(s)} + 2HBr_{(aq)} \rightarrow CaBr_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
2. $Ca^{2+}_{(aq)} + CO_3^{2-}_(aq) + 2H^+_{(aq)} + 2Br^-_(aq) \rightarrow CO_{2(g)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

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

دفتر الكيمياء

الأحماض في المنزل اطلب إلى الطلاب أن يتفحَّصوا الملصقات الموجودة على الأطعمة، والمنتجات المنزليّة، مثل مواد التنظيف والشامبو، وأن يضعوا في دفاترهم قوائم بأيٍّ أحماض موجودة في تلك المنتجات. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 3–5** عند الخطِّ العموديِّ المرسوم في مركز الرسم.

الخلفيّة النظريّة للمحتوى

الأحماض والقواعد في الصناعة تستعمل الأحماض والقواعد في العديد من العمليَّات الصناعيّة بما فيها، تكرير البترول والسكّر، والطلاء بالكهرباء، وألواح الدوائر الكهربائيّة، ومعادلة المياه العادمة، ومعالجة مياه الصرف الصحيّ وما فيها من النفايات، وتخمير الكحول. وتشمل المنتجات التي تستعمل الأحماض والقواعد في إنتاجها ما يلي: الأسمدة، والمتفجّرات، والبلاستيك، والحبر، والصابون، والورق، والأفلام، والأدوية، والأنسجة الصناعيّة، والأصباغ، وطلاء البلاستيك، والمذيبات، والمبيدات الحشريّة.

من $[H^+]$ و $[OH^-]$ في وقت واحد.

فعندما يقل $[H^+]$ إلى جهة اليمين تزداد قيمة $[OH^-]$ إلى اليسار.

حدد على الرسم النقطة التي يكون عندها تركيزا الأيونين متساويين.

أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد تحتوي المحاليل المائية جميعها على أيونات الهيدروجين H^+ وأيونات الهيدروكسيد OH^-. وتحدد الكميات النسبية من الأيونين ما إذا كان المحلول حمضيًّا أو قاعديًّا أو متعادلاً. والمحاليل المتعادلة ليست حمضية ولا قاعدية.

يحتوي **المحلول الحمضي** على أيونات هيدروجين أكثر من أيونات الهيدروكسيد. في حين يحتوي **المحلول القاعدي** على أيونات هيدروكسيد أكثر من أيونات الهيدروجين. أما المحلول المتعادل فيحتوي على تركيزين متساويين من أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد. ويمثل **الشكل 3–5** هذه العلاقات، في حين يمثل **الشكل 4–5** كيف طوّر العلماء فهمهم للأحماض والقواعد.

ينتج الماء النقي أعدادًا متساوية من أيونات H^+ وأيونات OH^- في عملية تسمى التأين الذاتي؛ إذ تتفاعل جزيئات الماء منتجة أيونات الهيدرونيوم H_3O^+، وأيونات الهيدروكسيد.

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

جزيئا ماء — أيون الهيدرونيوم — أيون الهيدروكسيد

أيون الهيدرونيوم عبارة عن أيون هيدروجين مرتبط مع جزيء ماء برابطة تساهمية. ويمكن استعمال الرمزين H^+ و H_3O^+ بالتبادل، أيّ وضع أحدهما مكان الآخر، كما تبين المعادلة المبسّطة للتأين الذاتي:

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

الشكل 4-5 تاريخ الأحماض والقواعد

يرتكز الفهم الحالي للأحماض والقواعد على مساهمات علماء الكيمياء والأحياء والبيئة، وكذلك على المخترعين خلال 150 سنة مضت.

مشروع الكيمياء

الأحماض والقواعد اطلب إلى الطلاب أن يستعملوا خريطة المملكة؛ لإعداد قائمة بأسماء عدد من المدن والقرى في أنحاء مختلفة من المملكة، واطلب إليهم العمل في مجموعات؛ لوضع خطّة لمقارنة حمضيّة المطر في هذه المواقع، على أن تشمل الخطّة كيف ومتى ستؤخذ القياسات، وكيف سيتمّ تحليل البيانات، وكيف ستتمّ المشاركة في النتائج، وما آثار المطر الحمضيّ في المجتمع. هل تعتقد أنّ معظم الناس يهتمّون بالمطر الحمضيّ في مجتمعك؟ ولماذا؟ قد يجعل المطر الحمضيّ تجمّعات المياه أكثر حمضيّة، ويُتلفُ الأشجار والتربة، ويجعل المباني والمنحوتات الخارجيّة تتآكل بسرعة. ض م ت م **تعلم تعاوني**

إذا كان الماء النقي متعادلاً فكيف يصبح المحلول المائي حمضيًّا أو قاعديًّا؟ كان أول شخص يجيب عن هذا التساؤل الكيميائي السويدي سفانت أرهينيوس الذي اقترح عام 1883م ما يعرف الآن باسم **نموذج أرهينيوس** للأحماض والقواعد، الذي ينص على أن الحمض مادة تحتوي على الهيدروجين، وتتأين في المحاليل المائية منتجة أيونات الهيدروجين. والقاعدة مادة تحتوي على مجموعة الهيدروكسيد، وتتفكك في المحلول المائي منتجة أيون الهيدروكسيد.

أحماض وقواعد أرهينيوس تأمل ما يحدث عند إذابة غاز كلوريد الهيدروجين في الماء بوصفه مثالاً على نموذج أرهينيوس للأحماض والقواعد؛ إذ تتأين جزيئات HCl مكوّنة أيونات H^+ التي تجعل المحلول حمضيًّا.

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

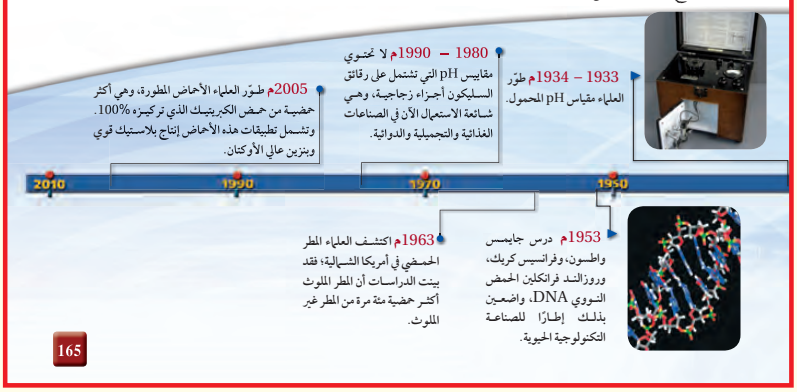
وعندما يذوب المركب الأيوني هيدروكسيد الصوديوم NaOH في الماء فإنه يتحلل لينتج أيونات OH^- التي تجعل المحلول قاعديًّا.

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

وعلى الرغم من أن نموذج أرهينيوس يفسر الكثير من المحاليل الحمضية والقاعدية، إلا أنه لا يخلو من بعض السلبيات؛ فمثلاً لا تحتوي الأمونيا NH_3 وكربونات الصوديوم Na_2CO_3 على مجموعة الهيدروكسيد، إلا أن كلًّا منهما ينتج أيونات الهيدروكسيد عند إذابته في الماء. وتعد كربونات الصوديوم المركب المسؤول عن جعل بحيرة ناترون في تنزانيا ذات وسط قاعدي، كما هو مبين في **الشكل 5-5**. لذا من الواضح أننا بحاجة إلى نموذج أكثر دقة يشمل القواعد جميعها.

الشكل 5-5 تعد بحيرة ناترون في تنزانيا تجمعًا طبيعيًّا للمياه القاعدية. حيث تصب المياه في البحيرة حاملة معها كميات كبيرة من كربونات الصوديوم الذائبة من الصخور البركانية المحيطة دون أن تجد لها مخرجًا. ويزيد التبخر من تركيز هذا الملح، مخلّفًا قشرة بيضاء على السطح، وجاعلاً المياه عالية القاعدية.

المطويات أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.



165

التعزيز

تسمية الأحماض اسأل الطلاب أن يفرّقوا بين $HCl_{(g)}$ و$HCl_{(aq)}$. $HCl_{(g)}$ هو غاز كلوريد الهيدروجين؛ في حين يعد $HCl_{(aq)}$ غاز كلوريد الهيدروجين مذابًا في الماء ويسمى حمض الهيدروكلوريك. وبما أنّ أسماء الأحماض ستستعمل كثيرًا في هذا الفصل، لذا راجع الطلاب فيما تعملوه سابقًا حول تسمية الأحماض الثّنائيّة، والأحماض الأكسجينيّة. ض م

التوسُّع

المحلول الحمضيّ قد يفترض الطلاب أنّ أيَّ هيدروكسيد فلزيٍّ سينتج محلولاً مائيًّا قاعديًّا؛ لذا وضّح لهم أنّ إذابة هيدروكسيدات الفلزّات عالية الشحنة مثل $Al(OH)_3$، في الماء ينتج محاليل حمضيّة؛ لأنّ أيونات الفلزّ الموجبة الشحنة تجذب الإلكترونات من رابطة O–H فتضعفها، وتمكّن ذرّة الهيدروجين من التأيُّن.

اقترح الكيميائي الدنماركي يوهان برونستد والكيميائي الإنجليزي توماس لوري نموذجًا أشمل للأحماض والقواعد؛ حيث يركز على أيون الهيدروجين H^+. ففي **نموذج برونستد – لوري** للأحماض والقواعد يكون الحمض هو المادة المانحة لأيون الهيدروجين، في حين تكون القاعدة هي المادة المستقبلة لهذا الأيون.

المواد المانحة لأيون الهيدروجين والمواد المستقبلة له إذا افترضنا أن الرمزين X و Y يمثلان عنصرين غير فلزيين أو أيونات سالبة متعددة الذرات فإننا نستطيع كتابة الصيغة العامة للحمض في صورة HX أو HY. وعندما يَذوب جزيء من حمض HX في الماء يعطى أيون H^+ لجزيء ماء، فيسلك جزيء الماء سلوك القاعدة، ويكتسب أيون H^+ ، كما في المعادلة الآتية:

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

وعند اكتساب جزيء الماء أيون H^+ يصبح حمضًا، فتصبح صيغته H_3O^+، الذي يسمى أيون الهيدرونيوم، ويعدّ حمضًا؛ لأن لديه أيون H^+ إضافيًّا يستطيع أن يمنحه. وعندما يمنح الحمض HX أيون H^+ يصبح مادة قاعدية X^-؛ لأن لديه شحنة سالبة، ويستطيع أن يستقبل أيون هيدروجين موجبًا. وهكذا يمكن أن يحدث تفاعل بين حمض وقاعدة في الاتجاه المعاكس. ويستطيع الحمض H_3O^+ أن يتفاعل مع القاعدة X^- مكونًا ماء وHX، فيحدث الاتزان الآتي:

$$\underset{\text{حمض}}{HX_{(aq)}} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{حمض مرافق}}{H_3O^+_{(aq)}} + \underset{\text{قاعدة مرافقة}}{X^-_{(aq)}}$$
(قاعدة)

الأحماض والقواعد المرافقة يعدّ التفاعل الأمامي في التفاعل السابق تفاعل حمض مع قاعدة. والتفاعل العكسي لحمض وقاعدة أيضًا. ويعرف الحمض والقاعدة اللذان يتفاعلان في الاتجاه العكسي بأنهما حمض مرافق مع قاعدة مرافقة. **فالحمض المرافق (المقترن)** هو المركب الكيميائي الذي ينتج عندما تستقبل القاعدة أيون الهيدروجين. فالقاعدة H_2O تستقبل أيون الهيدروجين من الحمض HX، فيكون الحمض المرافق H_3O^+. أما **القاعدة المرافقة (المقترنة)** فهي المركب الكيميائي الذي ينتج عندما يمنح الحمض أيون الهيدروجين. فعندما يمنح الحمض HX أيون الهيدروجين يصبح القاعدة المرافقة X^-. وفي التفاعل المبين أعلاه يمثل أيون الهيدرونيوم H_3O^+ الحمض المرافق للقاعدة H_2O، ويمثل أيون X^- القاعدة المرافقة للحمض HX. وتتكون تفاعلات برونستد – لوري من **أزواج مترافقة** من الحمض والقاعدة؛ أي من مادتين ترتبطان معًا عن طريق منح واستقبال أيون هيدروجين واحد.

يبين **الشكل 6–5** تمثيلاً لزوج مترافق من حمض وقاعدة. فعندما تكون الكرة في يد الأب فإنه يمثل الحمض، وعندما يرمي الكرة (أيون هيدروجين) إلى ابنه يصبح ابنه هو الحمض؛ لأن لديه الكرة أيْ (أيون هيدروجين) يستطيع أن يَهَبُهُ. ويصبح الأب هو القاعدة لأنه مستعد لاستقبال الكرة أيْ (أيون الهيدروجين). الأب يمثل الحمض والابن هو القاعدة في التفاعل الأمامي. أما في التفاعل العكسي فيكون الابن هو الحمض المرافق؛ لأن لديه الكرة، في حين يكون الأب هو القاعدة المرافقة.

ماذا قرأت؟ اشرح كيف يمكن أن يكون أيون HCO_3^- حمضًا وقاعدة في آن واحد.

الشكل 6-5 يمثل الأب عندما يرمي الكرة إلى ابنه حمض برونستد – لوري ويمثل الابن قاعدته. وعندما يمسك الابن الكرة فإنه يمثل الحمض المرافق.

عرض سريع

تفاعل تبّاع الشمس

تحذير: أَجرِ هذا العرض في مكان جيّد التهوية، أو في **خزانة طرد الغازات**. بلّل ورقة تبّاع الشمس الحمراء بالماء المقطّر، واحملها بملقط، وضعها فوق فوهة زجاجة محلول الأمونيا المركّز. يتحوّل لون ورقة تبّاع الشمس من الأحمر إلى الأزرق. اسأل الطلاب عمّا يعنيه ذلك بخصوص تفاعل الأمونيا مع الماء الموجود في الورقة. ينتج محلولٌ قاعديٌّ.

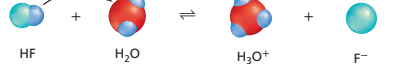
ض م

ماذا قرأت؟ يحتوي أيون HCO_3^- على أيون هيدروجين يمكن منحه في صورة حمض، كما أنّ الأيون يحمل شحنة سالبة تمكّنه من أن يسلك سلوك القاعدة، وذلك عند استقباله أيون هيدروجين.

تطوير المفاهيم

أيون الهيدروجين اسأل الطلاب: لماذا يمكن أن يُطلق على أيون الهيدروجين اسم البروتون؟ تتكوّن ذرّة الهيدروجين من نواة تحتوي عادة على بروتون واحد، وإلكترون واحد، فإذا نُزع الإلكترون يبقى بروتون واحد.

ض م



الشكل 7-5 يمنح فلوريد الهيدروجين أيون هيدروجين لجزيء الماء، لذا يُعَد فلوريد الهيدروجين حمضًا.

حدّد القاعدة المرافقة لفلوريد الهيدروجين.

فلوريد الهيدروجين – حمض برونستد – لوري تأمل معادلة تأين فلوريد الهيدروجين HF في الماء، المبينة في **الشكل 7–5**. أيّ الزوجين هو الحمض، وأيهما هو القاعدة المرافقة؟ ينتج الحمض في التفاعل الأمامي – وهو في هذه الحالة فلوريد الهيدروجين– قاعدتهُ المرافقة F^-، وتعد أيضًا القاعدة في التفاعل العكسي. بينما تنتج القاعدة في التفاعل الأمامي – وهو في هذه الحالة الماء– حمضها المرافق H_3O^+، وهو أيضًا الحمض في التفاعل العكسي.

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

حمض: HF — قاعدة: H_2O — حمض مرافق: H_3O^+ — قاعدة مرافقة: F^-

يستعمل فلوريد الهيدروجين في صنع مركبات متنوعة تحتوي على الفلور، مثل الطبقة المغلفة لأدوات الطبخ غير اللاصقة، والمبينة في **الشكل 8–5**. ويعد حمضًا وفق نموذجي أرهينيوس وبرونستد – لوري.

المفردات

أصل الكلمة

Conjugate مترافق معنى كلمة Conjugate في اللغة العربية مترافق، وقد أخذت هذه الكلمة من اللغة اللاتينية، وهي تعني: Con– بادئة بمعنى مع أو معًا. jugate فعل بمعنى يتّصل أو يتّحد.

الأمونيا – قاعدة برونستد – لوري معظم الأحماض والقواعد التي تتفق مع تعريف أرهينيوس للأحماض والقواعد تتفق أيضًا مع تعريف برونستد – لوري. ولكن بعض المواد الأخرى التي لا توجد فيها مجموعة الهيدروكسيد لا يمكن أن تُعَدَّ من القواعد بحسب تعريف أرهينيوس، ولكنها تصنف قواعدًا بحسب نموذج برونستد – لوري. ومن ذلك الأمونيا NH_3. فعندما تذوب الأمونيا في الماء يكون الماء حمضًا بحسب تعريف برونستد – لوري في التفاعل الأمامي. ولأن جزيء الأمونيا NH_3 يستقبل أيون H^+ ليكوّن أيون الأمونيوم NH_4^+ فإن الأمونيا تُصنّف قاعدة برونستد – لوري في التفاعل الأمامي.

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

قاعدة — حمض — حمض مرافق — قاعدة مرافقة

أما في التفاعل العكسي فيعطي أيون الأمونيوم NH_4^+ أيون H^+ ليكوّن جزيء أمونيا. وهكذا يعمل عمل حمض، بحسب برونستد – لوري. ويكون بذلك أيون الأمونيوم هو الحمض المرافق للقاعدة (الأمونيا). ويتقبل أيون الهيدروكسيد أيون H^+ ليكوّن جزيء ماء. وهكذا يكون قاعدة بحسب برونستد – لوري. لذا يكون أيون الهيدروكسيد هو القاعدة المرافقة للحمض والماء.

الماء – حمض وقاعدة برونستد – لوري تذكّر أنه عندما يذوب HF في الماء فإن الماء يسلك سلوك القاعدة؛ وعندما تذوب الأمونيا NH_3 في الماء، فإن الماء يسلك سلوك الحمض. لذا يسلك الماء سلوك الحمض أو القاعدة بحسب طبيعة المواد المذابة في المحلول. ويُسمى الماء والمواد الأخرى التي تستطيع أن تسلك سلوك الأحماض والقواعد مواد **مترددة (أمفوتيرية)** Amphoteric.

الشكل 8-5 يتفاعل فلوريد الهيدروجين مع مركبات عضوية تسمى الهيدروكربونات لصنع السطح الناعم غير اللاصق لهذه الأدوات المنزلية، حيث تحل ذرات الفلور محل ذرات الهيدروجين.

■ **إجابة سؤال الشكل 7–5** القاعدة المرافقة هي F^-

التقويم

الأداء اطلب إلى طالبين التطوُّع لتخطيط، وتقديم مناظرة تتعلق بنموذجي أرهينيوس، وبرونستد– لوري للأحماض والقواعد، حيث يقوم الطالب الأول بدور سفانت أرهينيوس، ويدافع عن نموذجه، في حين يقوم الطالب الثاني بدور يوهان برونستد ويؤيّد نموذجه. ض م

التعزيز

المانحات والمستقبلات وضِّح للطلاب أنّه كما يُعطي المتبرِّع، أو المانح المال للمؤسسات الخيريّة، فتكون هي المُستقبِل، كذلك يُعطي الحمض أيونات الهيدروجين أو البروتونات؛ فيكون هو المُعطِي، أو المتبرِّع، أو المانِح، وتأخذها القاعدة، فتكون هي المُستقبِل.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى الطلاب إعداد أشكال أو رسوم من الورق؛ تمثل ذرّات الهيدروجين والأكسجين والكلور في التفاعل بين كلوريد الهيدروجين والماء. ويمكنهم استعمال دبابيس تثبيت؛ لتعليق النماذج الورقيّة على لوحة الإعلانات، أو لوحة المُلصقات، ثم ينقلون H^+ من HCl إلى H_2O لتكوين H_3O^+ و Cl^-. د م

الخلفيّة النظريّة للمحتوى

أسماء الأحماض الشائعة لبعض الأحماض أسماء شائعة تختلف عن أسمائها الكيميائيّة. فمثلاً؛ يمكنك أن تشتري حمض المورياتيك من مخزن التجهيزات المنزليّة، و تستعمله في تنظيف الطوب، أو البلاط من الترسبات الكلسيّة، وحمض المورياتيك هو الاسم التجاري لحمض الهيدروكلوريك.

مسائل تدريبية

3.

	حمض	قاعدة مرافقة	قاعدة	حمض مرافق
a.	NH_4^+	NH_3	OH^-	H_2O
b.	HBr	Br^-	H_2O	H_3O^+
c.	H_2O	OH^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-

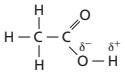
4. $HSO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+{}_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)}$

القاعدة: H_2O

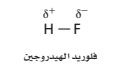
الحمض المرافق: H_3O^+

الحمض: HSO_4^-

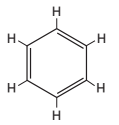
القاعدة المرافقة: SO_4^{-2}



حمض الإيثانويك



فلوريد الهيدروجين



بنزين

الشكل 9-5 تعتمد قدرة الهيدروجين على التأين على قطبية رابطته. ففي حمض الإيثانويك يكون الأكسجين أكثر كهروسالبية من الهيدروجين، لذا تكون الرابطة بين الأكسجين والهيدروجين قطبية. ولذلك تستطيع ذرة الهيدروجين أن تتأين في المحلول. أما في فلوريد الهيدروجين فيعد الفلور عالي الكهروسالبية، لذا يكون HF حمضًا في المحلول، بينما في البنزين هناك فرق قليل في الكهروسالبية بين ذرات الكربون والهيدروجين، لذا فالبنزين ليس حمضًا.

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

4. تحفيز إذا علمت أنّ نواتج تفاعل حمض مع قاعدة هي H_3O^+ و SO_4^{2-}. اكتب معادلة موزونة للتفاعل، وحدّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة.

الأحماض الأحادية البروتون والمتعددة البروتونات
Monoprotic and Polyprotic Acids

تستطيع أن تعرف أن كلًّا من HCl و HF حمض يحتوي على أيون هيدروجين واحد في كل جزيء، بناءً على معرفتك للصيغة الكيميائية لكل منهما. فالحمض الذي يستطيع أن يمنح أيون هيدروجين واحدًا فقط يُسمى حمضًا أحادي البروتون. ومن الأحماض الأحادية البروتون حمض البيروكلوريك $HClO_4$، وحمض النيتريك HNO_3، وحمض الهيدروبروميك HBr، وحمض الإيثانويك CH_3COOH. ولأن حمض الإيثانويك أحادي البروتون لذا تكتب صيغته غالبًا في صورة CH_3COOH لتأكيد حقيقة أن ذرة هيدروجين واحدة فقط من الذرات الأربع قابلة للتأين.

ذرات الهيدروجين القابلة للتأين الفرق بين ذرة الهيدروجين القابلة للتأين في حمض الإيثانويك وذرات الهيدروجين الثلاث الأخرى هو أن الذرة القابلة للتأين مرتبطة مع عنصر الأكسجين الأكثر كهروسالبية من الهيدروجين. والفرق في الكهروسالبية يجعل الرابطة بين الأكسجين والهيدروجين قطبية. ويبين **الشكل 9–5** تركيب حمض الإيثانويك، مع تركيب حمض HF وتركيب البنزين C_6H_6 غير الحمضي. فترتبط ذرة الهيدروجين في مركب فلوريد الهيدروجين مع ذرة الفلور العالية الكهروسالبية، لذا فالرابطة بينهما قطبية، وتصبح ذرة الهيدروجين قابلة للتأين إلى حد ما. أما ذرات الهيدروجين في البنزين فكل منها مرتبط مع ذرة كربون ذات كهروسالبية تساوي تقريبًا كهروسالبية الهيدروجين. فتكون هذه الروابط غير قطبية، لذا يكون البنزين غير حمضي. وقد تمنح بعض الأحماض أكثر من أيون هيدروجين. فمثلاً يستطيع كل من حمض الكبريتيك H_2SO_4 وحمض الكربونيك H_2CO_3 أن يمنح أيوني هيدروجين؛ فكلاهما يحتوي على ذرتي هيدروجين مرتبطتين مع ذرتي أكسجين بروابط قطبية. والأحماض التي تحتوي على ذرتي هيدروجين قابلتين للتأين في كل جزيء تُسمى أحماضًا ثنائية البروتونات. ويحتوي كل من حمضي الفوسفوريك H_3PO_4 والبوريك H_3BO_3 على ثلاث ذرات هيدروجين قابلة للتأين في كل جزيء، وتُسمى أحماضًا ثلاثية البروتونات. ويمكن استعمال مصطلح حمض متعدد البروتونات لأي حمض يحتوي على أكثر من ذرة هيدروجين قابلة للتأين.

عرض توضيحي

تفاعل حمض وقاعدة لويس

الهدف توضيح التفاعل بين حمض وقاعدة لويس.

المواد والأدوات

زجاجات حمض الهيدروكلوريك المركز، ومحلول الأمونيا المركز.

احتياطات السلامة

نفّذ هذا العرض في مكان جيد التهوية، أو في خزانة الغازات.

خطوات العمل

ضع زجاجة حمض الهيدروكلوريك المركز جانب زجاجة محلول الأمونيا المركز، في منطقة جيدة التهوية، أو في خزانة طرد الغازات. ثم ارفع غطائي الزجاجتين، وادفع أبخرة المادَّتين بلطف تجاه بعضهما البعض.

النتائج

يتكوّن دخان أبيض من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl فوق الزجاجتين.

تطبيقات في الكيمياء

تفاعلات الورق الحمضي أحضر كتابًا صُنع في القرن التاسع عشر الميلادي فيه صفحات بالية جدًّا إن أمكن. ووضِّح أنَّ الورق في القرن التاسع عشر كان يتعرّض لعمليّة تغرية؛ وهي عملية تملأ فيها الثقوب المجهرية الموجودة في الورق بمادة الشّبّة (كبريتات الألومنيوم)؛ لتخفيض امتصاص الرطوبة، وتقليل انتشار الحبر. حيث تكوّن الشّبّة أيونات $Al(H_2O)_6^{3-}$ الحمضيّة، ومع الوقت تفاعلت أيونات $Al(H_2O)_6^{3-}$ مع ألياف الخشب الموجودة في الورق مؤدية إلى تفتُّت الورق وتلف الكتب، ووضِّح أيضًا أن الكتب المنتَجة قبل القرن التاسع عشر أفضل حالاً؛ لأنّ الشّبّة لم تكن تستعمل في التّغرية حينئذٍ.

الحمض		القاعدة المرافقة	
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	أيون 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 الإيثانوات	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-}

يبين **الجدول 1-5** بعض الأحماض الأحادية والمتعددة البروتونات.

تتأين الأحماض المتعددة البروتونات جميعها في أكثر من خطوة. فخطوات تأين حمض الفوسفوريك الثلاث مبينة في المعادلات الآتية:

$$H_3PO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$$
$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$$
$$HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)}$$

نموذج لويس The Lewis Model

لاحظ أن جميع المواد المصنّفة أحماضًا وقواعد بحسب نموذج أرهينيوس تُصنف أيضًا أحماضًا وقواعد بحسب نموذج برونستد – لوري. وبالإضافة إلى ذلك، فإن بعض المواد غير المصنفة بأنها قواعد بحسب نموذج أرهينيوس تُصنف قواعد بحسب نموذج برونستد – لوري. إذن قد لا تندهش إذا علمت أن نموذجًا آخر أكثر شمولية للأحماض والقواعد اقترحه الكيميائي لويس (1946 – 1875م) الذي طوّر أيضًا نظرية زوج الإلكترونات للترابط الكيميائي، وقدم تراكيب لويس التي تبين مواقع الإلكترونات في الذرات والجزيئات. وقد طبّق نظريته على تفاعلات الأحماض والقواعد. واقترح أن الحمض أيون أو جزيء فيه مدار ذري فارغ يستطيع أن يتقبل (يشارك) زوجًا من الإلكترونات. وأن القاعدة أيون أو جزيء له زوج إلكترونات حر (غير مرتبط) يستطيع أن يمنحه أو يشارك فيه. وبحسب **نموذج لويس** فإن حمض لويس مادة مستقبلة لزوج من الإلكترونات، وقاعدة لويس مادة مانحة لزوج من الإلكترونات. لاحظ أن نموذج لويس يشمل جميع المواد المصنّفة أحماضًا وقواعد بحسب برونستد – لوري وغيرها كثير أيضًا.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

المفردات

المفردات الأكاديمية

يطابق Conform

تعني: يشابه أو يماثل

كأن نقول مثلاً: إن تصرفاتهم تتطابق مع توقعات المجتمع.

التحليل

اطرح الأسئلة الآتية:

1. ما المعادلة الكيميائية للتفاعل بين HCl و NH_3، والذي يكون دخانًا أبيض من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl؟

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

2. ما تراكيب لويس لكل من NH_3، HCl، و NH_4Cl؟ تبين تراكيب لويس أن ذرة النيتروجين في جزيء NH_3 لديها زوج إلكترونات تكافؤ متاح للربط بذرة الهيدروجين في جزيء HCl لتكوين NH_4Cl.

3. حدّد حمض وقاعدة لويس في التفاعل. HCl هو حمض لويس، و NH_3 هي قاعدة لويس.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة الموزونة للتفاعل بين غاز الأمونيا والماء مكوّنة هيدروكسيد الأمونيوم المائي، واطلب إليهم أن يحددوا حمض وقاعدة لويس في التفاعل.

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

H_2O هو حمض لويس، و NH_3 هو قاعدة لويس. ض م

تطوير المفاهيم

تركيب لويس بالنقاط ذكّر الطلاب بأنّ للكيميائيّ "لويس" الفضل؛ لأنّه أوّل من بحث في أهميّة أزواج إلكترونات التكافؤ في الروابط الكيميائيّة. راجع طريقة كتابة تراكيب لويس للأنواع الكيميائيّة الموجودة في هذا الدرس بما فيها BF_3، F^-، SO_3، NH_3، وMgO. وأشر إلى أنّ التركيز الذي وضعه لويس على أزواج الإلكترونات في تفاعلات الأحماض والقواعد، كان امتدادًا طبيعيًّا لدراسته حول دور أزواج الإلكترونات في الروابط الكيميائيّة. ض م

3. التقويم

التحقُّق من الفهم

اسأل الطلاب: لماذا يُعدُّ كبريتيد الهيدروجين H_2S حمضًا، في حين لا يُعدُّ الميثان CH_4 كذلك؟ مع أنّ ذرّات الهيدروجين في المركّبين ترتبط بعنصرين غير فلزّين، إلاّ أنّ H_2S يتأيّن في المحلول المائيّ، منتجًا أيونات H^+، في حين أنّ CH_4 لا يتأيّن. ض م

إعادة التدريس

اسأل الطلاب إذا كان التفاعل

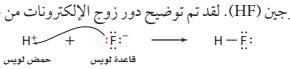
$$H_2O_{(l)} + CH_3NH_{2(aq)} \rightarrow OH^-_{(aq)} + CH_3NH_3^+{}_{(aq)}$$

هو تفاعل حمض وقاعدة حسب نموذج أرهينيوس. لا. واسألهم أيضًا؟ هل هو تفاعل حمض وقاعدة حسب نموذج برونستد- لوري؟ نعم. ثم دعهم يحدِّدوا ماهو حمض برونستد- لوري في التفاعل الطرديّ. H_2O ض م

طرائق تدريس متنوعة

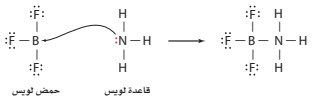
فوق المستوى تحدّ المتعلّمين المتفوّقين أن يكتبوا تراكيب لويس لأكسيد الكالسيوم CaO، وثاني أكسيد الكربون CO_2، وكربونات الكالسيوم $CaCO_3$ المتكوّنة عند تفاعل CaO مع CO_2، ودعهم يحدّدوا زوج الإلكترون الذي له علاقة بالتفاعل، وحمض لويس، وقاعدة لويس. حيث يعطى زوج إلكترونات من الأكسجين في CaO إلى ذرة الكربون في CO_2 ؛ لتكوين أيون الكربونات CO_3^{2-}؛ لذا فإنّ CaO هو قاعدة لويس، وCO_2 هو حمض لويس. ف م

جزيء فلوريد الهيدروجين (HF). لقد تم توضيح دور زوج الإلكترونات من خلال تراكيب لويس الآتية:



يمثل أيون H^+ في هذا التفاعل حمض لويس؛ حيث يستقبل مدار 1s الفارغ زوجًا من الإلكترونات من أيون F^-. ويمثل أيون الفلوريد قاعدة لويس، لذا فهو يعطي زوجًا من الإلكترونات غير المشترك ليكون الرابطة بين الهيدروجين والفلور في HF. لاحظ أن هذا التفاعل يتطابق أيضًا مع نموذج برونستد – لوري للأحماض والقواعد؛ لأن H^+ يمكن اعتباره مانحًا لأيون هيدروجين، وF^- مستقبلاً لأيون هيدروجين.

فتفاعل غاز ثالث فلوريد البورون BF_3 مع غاز الأمونيا NH_3 لتكوين BF_3NH_3 هو تفاعل حمض لويس مع قاعدة لويس.

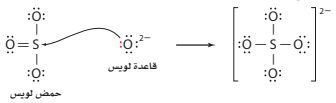


وإن ذرة البورون في BF_3 لها ستة إلكترونات تكافؤ، لذا يستطيع المدار الفارغ أن يستقبل زوجًا من الإلكترونات من قاعدة لويس.

ويحدث تفاعل حمض لويس مع قاعدة لويس أيضًا عندما يتفاعل غاز ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مع أكسيد الماغنسيوم الصلب MgO.

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

حيث يمثل زوج الحمض – القاعدة في هذا التفاعل ثالث أكسيد الكبريت SO_3 وأيون الأكسيد O^{2-} من أكسيد الماغنسيوم، أما الناتج فهو أيون الكبريتات.



لاحظ أن حمض لويس–وهو في هذه الحالة جزيء SO_3– يستقبل زوج إلكترونات من قاعدة لويس، وهو أيون O^{2-}. ويلخص **الجدول 2–5** نماذج أرهينيوس، وبرونستد – لوري، ولويس للأحماض والقواعد .

الجدول 2-5 ملخص النماذج الثلاثة للأحماض والقواعد

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

ملح إبسوم $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. ولهذا الملح استعمالات كثيرة، منها تخفيف آلام العضلات، وهو مغذٍّ للنباتات. وللتفاعل الذي ينتج كبريتات الماغنسيوم أيضًا تطبيقات بيئية؛ فعندما يحقن MgO في الغازات الخارجة من مداخن محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالفحم الحجري، كما في **الشكل 10–5** فإنه يتفاعل مع SO_3 ويعمل على انتزاعه من الغازات العادمة الخارجة من المصنع إلى الجو. أما إذا ترك SO_3 لينتشر في الغلاف الجوي فسوف يتحد مع الماء الموجود في الهواء مكونًا حمض الكبريتيك الذي يسقط على الأرض في صورة مطر حمضي.

الربط علم الأرض **الأنهيدريدات** تتحد جزيئات غاز ثاني أكسيد الكربون بجزيئات الماء في الجو لتكون حمض الكربونيك H_2CO_3، الذي يهطل مع المطر، وعندما يصل ماء المطر الحمضي إلى الأرض يتسرب جزء منه في التربة ليصل إلى الصخور الجيرية، فيؤدي إلى إذابتها ببطء، مما يسبب تكوّن كهوف ضخمة تحت الأرض عبر آلاف السنين. وتقطر المياه من سقوف الكهوف مخلّفة الجير المذاب. وهذا الجير يتكون على هيئة رقاقات جليدية تتدلى من السقف تسمى الهوابط. وكذلك تتكون كتل من كربونات الكالسيوم على أرض الكهوف تسمى الصواعد.

تتكوَّن مثل هذه الكهوف لأن ثاني أكسيد الكربون أنهيدريد حمضي (حمض منزوع منه جزيء ماء)، وهو أكسيد يستطيع أن يتحد مع الماء ليكوّن حمضًا. وهناك أكاسيد أخرى تتحد مع الماء مكوّنة قواعد. فمثلاً يكوّن أكسيدُ الكالسيوم CaO (الجير الحي) عندما يذوب في الماء القاعدةَ هيدروكسيدَ الكالسيوم $Ca(OH)_2$ (الجير المطفأ). وعمومًا تكوّن أكاسيدُ العناصر الفلزية القواعدَ، بينما تكوّن أكاسيدُ اللافلزات الأحماضَ.

الشكل 10-5 يمكن إزالة ثالث أكسيد الكبريت – وهو أحد الغازات العادمة الناتجة عن احتراق الفحم الحجري بتفاعله مع أكسيد الماغنسيوم في تفاعل حمض وقاعدة لويس. لاحظ أنه رغم خروج كميات كبيرة من البخار من أبراج التبريد، إلاّ أنّ الذي يمكن رؤيته من المدخنة قليل.

التقويم 5-1

الخلاصة

- تحدّد تراكيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد ما إذا كان المحلول حمضيًّا، أم قاعديًّا، أم متعادلاً.
- يجب أن يحتوي حمض أرهينيوس على ذرة هيدروجين قابلة للتأين. ويجب أن تحتوي قاعدة أرهينيوس على مجموعة هيدروكسيد قابلة للتأين.
- حمض برونستد – لوري مادة مانحة لأيون هيدروجين، بينما قاعدة برونستد – لوري مادة مستقبلة لأيون هيدروجين.
- حمض لويس مادة تستقبل زوجًا من الإلكترونات، بينما قاعدة لويس مادة تعطي زوجًا من الإلكترونات.

الفكرة الرئيسة

5. فسّر لماذا لا تُصنّف الكثير من أحماض وقواعد لويس على أنها أحماض أو قواعد أرهينيوس أو برونستد – لوري؟
6. قارن بين الخواص الفيزيائية والكيميائية للأحماض والقواعد.
7. وضح كيف تحدد تراكيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد ما إذا كان المحلول حمضيًّا أم قاعديًّا أم متعادلاً؟
8. اشرح لماذا لا يصنف العديد من المركبات التي تحتوي على ذرة هيدروجين أو أكثر بوصفها أحماض أرهينيوس؟
9. حدّد الأزواج المترافقة من الأحماض والقواعد في المعادلة الآتية:
$$HNO_2 + H_2O \rightleftharpoons NO_2^- + H_3O^+$$
10. اكتب تركيب لويس لثالث كلوريد الفوسفور PCl_3. هل يعد PCl_3 حمض لويس، أم قاعدة لويس، أم غير ذلك؟

171

التوسُّع

اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا المعادلة الكيميائيَّة لتفاعل $Al(H_2O)_6^{3+}$ الحمضي مع الماء.

$$Al(H_2O)_6^{3+}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + Al(H_2O)_5OH^{2+}{}_{(aq)}$$

ض م

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا معادلات التأيُّن الثلاث لحمض البوريك (H_3BO_3).

$$H_3BO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + H_2BO_3^-{}_{(aq)},$$

$$H_2BO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + HBO_3^{2-}{}_{(aq)},$$

$$HBO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + BO_3^{3-}{}_{(aq)}$$

التقويم 1–5

5. حمض لويس هو مستقبِلٌ لزوج من الإلكترونات، وقاعدة لويس هي مانِحة لزوج من الإلكترونات. لا يحتوي حمض لويس على أيون هيدروجين، أو أيون هيدروكسيد قابل للتأيُّن لكي يمكن اعتباره حمضًا أو قاعدة أرهينيوس، كما أنّ حمض لويس لا يمتلك أيون هيدروجين لكي يمنحه لغيره، لذا فهو ليس حمض برونستد– لوري، ولكن جميع قواعد لويس هي قواعد برونستد– لوري؛ لأنّها قادرة على استقبال أيون هيدروجين.
6. الخواص الفيزيائيَّة: تمتلك الأحماض طعماً حمضيًّا وتوصل الكهرباء. أمّا القواعد فطعمها مُرّ، وهي زلقة الملمس، وتوصل الكهرباء. الخواص الكيميائية: تتفاعل الأحماض مع الفلزّات لتنتج غاز الهيدروجين، كما أنّها تحوِّل لون تبّاع الشمس الأزرق إلى الأحمر. وتتفاعل القواعد مع الأحماض، وتحوّل لون تبّاع الشمس الأحمر إلى الأزرق.
7. يكون $[H^+] < [OH^-]$ في المحلول الحمضيّ، ويكون $[H^+] = [OH^-]$ في المحلول المتعادل، ؛ أمّا في المحلول القاعديّ فيكون $[H^+] < [OH^-]$.
8. المركبات التي لديها ذرّة هيدروجين أو أكثر قابلة للتأيّن هي فقط أحماض أرهينيوس.
9. HNO_2 حمض و NO_2^- قاعدة مرافقة، H_2O قاعدة و H_3O^+ حمض مرافق.
10. يمتلك الفوسفور في PCl_3 ثلاثة إلكترونات يتشاركها مع ثلاث ذرات كلور، وزوج إلكترونات غير مشترك، يعمل عمل قاعدة لويس.

5–2

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (16) الواردة في مصادر التعلم للفصول (5–1)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني:

د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

الأحماض القويّة والضعيفة اكتب على السبورة صيغتي حمضي الهيدروبروميك HBr، والكربونيك H_2CO_3، واسأل الطلاب: هل يمكنهم معرفة قوتي الحمضين من صيغتيهما؟ من المحتمل أن يقول الطلاب إنهم لا يستطيعون، ولكن قد يفترض بعضهم أنَّ H_2CO_3 هو الأقوى؛ لأنَّه يحتوي على ذرتي هيدروجين قابلتين للتأيُّن في كلِّ جزيء، ولكنّ هذا الافتراض غير صحيح. بعدئذ، اكتب معادلتي التأيُّن للحمضين في الماء مع سهمي الاتزان لحمض الكربونيك (السهم الأطول إلى اليسار).

$HBr_{(g)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$;

$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO_3{}^-_{(aq)}$

وأشر إلى أن تأيُّن HBr في المحاليل المائيّة المخفّفة هو 100%. وأنّه نتيجة لذلك، يكتب سهم واحد في المعادلة، واشرح من ناحية ثانية أنّ تأيّن حمض الكربونيك أقلّ بكثير من أن يكون كاملاً، وأنّ ثابت الاتزان لتفاعل التأيّن K عند 298 هو فقط 4.5×10^{-7}. ض م

2. التدريس

الخلفيّة النظريّة للمحتوى

قوّة الحمض والترابط اشرح أن قوّة الحمض لها علاقة بقوة وقطبيّة رابطة H–X، حيث تمثّل X عنصرًا لا فلزيًّا، أو في بعض الأحيان، أيونًا متعدّد الذّرات سالب الشحنة. وأشر إلى أنّ قوّة الرابطة تعتمد بصورة أساسيّة على نسبة كهروسالبيّة H و X، أو بالنسبة للأيون متعدّد الذرّات سالب الشحنة، كهروسالبية H و X والعناصر الأخرى المرتبطة بـ X، وبصورة عامّة، كلّما ضعفت رابطة H–X ازدادت قوّة الحمض.

قوة الأحماض والقواعد
Strengths of Acids and Bases

الأهداف

- **تربط** قوة الحمض والقاعدة مع درجة تأينهما.
- **تقارن** قوة حمض ضعيف بقوة قاعدته المرافقة.
- **تشرح** العلاقة بين قوى الأحماض والقواعد وقيم ثوابت تأينها.

مراجعة المفردات

إلكتروليت: مادة يوصل محلولها المائي التيار الكهربائي.

المفردات الجديدة

الحمض القوي
الحمض الضعيف
ثابت تأين الحمض
القاعدة القوية
القاعدة الضعيفة
ثابت تأين القاعدة

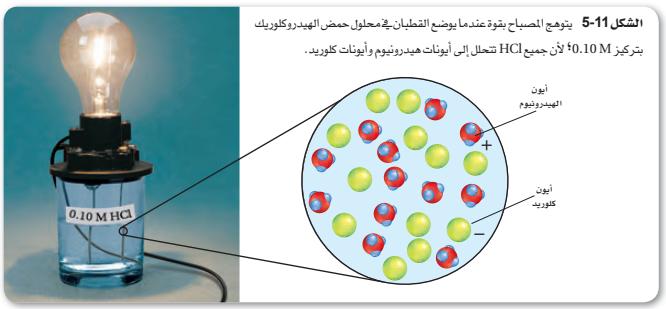
الفكرة الرئيسة **تتأين الأحماض والقواعد القوية في المحاليل تأينًا تامًا، بينما تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة في المحاليل تأينًا جزئيًا.**

الربط مع الحياة تعتمد التمريرة الناجحة في لعبة كرة القدم على كلٍّ من المرسل والمستقبل، فيُعرف مثلاً مدى استعداد المرسل لتمرير الكرة، ومدى استعداد المستقبل لاستقبال الكرة. وكذلك الحال في تفاعلات الأحماض والقواعد؛ حيث يعتمد سير التفاعل على مدى استعداد الحمض لمنح أيون الهيدروجين، ومدى استعداد القاعدة لاستقباله.

قوة الأحماض Strengths of Acids

من خواص المحاليل الحمضية والقاعدية أنها توصل الكهرباء. ما المعلومات التي تستطيع معرفتها عن أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد في هذه المحاليل المائية من خلال توصيلها للكهرباء؟ افترض أنك تفحص قدرة التوصيل الكهربائي لمحلول مائي تركيزه 0.10 M من حمض الهيدروكلوريك، وآخر مماثل من حمض الإيثانويك (الخل). يدل توهج المصباح الكهربائي في **الشكل 11–5** على أن المحلول يوصل الكهرباء. ولكن إذا قارنت توهج المصباح المتصل بمحلول HCl في **الشكل 11–5** بتوهج المصباح المتصل بمحلول CH_3COOH في **الشكل 12–5** فلا بد أن تلاحظ فرقًا؛ فتوصيل محلول HCl للكهرباء أفضل من توصيل محلول CH_3COOH. فلمَ هذا الفرق مع أن تركيزي الحمضين متساويان؟

الأحماض القوية يعتمد توصيل التيار الكهربائي على عدد الأيونات في المحلول. وقد تأينت جزيئات HCl الموجودة في المحلول جميعها كليًّا مكونةً أيونات هيدرونيوم وأيونات كلوريد.

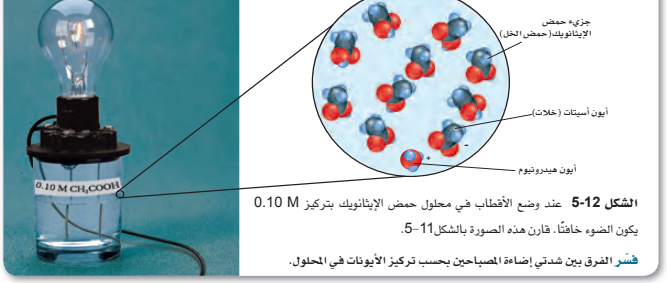


الشكل 11-5 يتوهج المصباح بقوة عندما يوضع القطبان في محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز 0.10 M؛ لأن جميع HCl تتحلل إلى أيونات هيدرونيوم وأيونات كلوريد.

172

طرائق تدريس متنوعة

ضعاف البصر اطلب إلى الطلاب، والأهل، أو موظفي المدرسة أن يحضروا "مائدة أحماض وقواعد"، تشتمل على أطعمة تحتوي على أحماض وقواعد، على أن تجهز هذه "المائدة" في مقصف المدرسة، أو في غرفة التدبير المنزليّ، ودع طلاب المدرسة يتذوّقوا هذه الأطعمة، ويُعدّوا تقريرًا حول مذاقاتها المميّزة. ض م



الشكل 5-12 عند وضع الأقطاب في محلول حمض الإيثانويك بتركيز 0.10 M يكون الضوء خافتًا. قارن هذه الصورة بالشكل 5-11.

فسّر الفرق بين شدتي إضاءة المصباحين بحسب تركيز الأيونات في المحلول.

وتسمى الأحماض التي تتأين كليًا **أحماضًا قوية**. ولأن الأحماض القوية تنتج أكبر عدد من الأيونات، لذا فهي موصلات جيدة للكهرباء.

يمكن تمثيل تأين حمض الهيدروكلوريك في الماء بالمعادلة الآتية:

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

الأحماض الضعيفة إذا كان سبب الإضاءة القوية لمصباح الجهاز الذي يحتوي على HCl هو عدد الأيونات الكبير في المحلول ـ كما في **الشكل 11-5** ـ فإن الإضاءة الخافتة لمصباح الجهاز الذي يحتوي على محلول CH_3COOH، المبين في **الشكل 12-5**، لا بد أن يكون سببها احتواء محلول حمض الإيثانويك (الخل) على عدد أقل من الأيونات. ولأن المحلولين يحتويان على التركيز المولاري نفسه لذا نستنتج أن حمض الإيثانويك لا يتأين كليًا. ولذلك يسمى الحمض الذي يتأين جزئيًا فقط في المحلول المائي المخفف **الحمض الضعيف**. ولأن الأحماض الضعيفة تنتج أيونات أقل فإنها لا توصل الكهرباء جيدًا مثل الأحماض القوية. ويبين **الجدول 3-5** معادلات التأين لبعض الأحماض الضعيفة والأحماض القوية الشائعة.

الجدول 3-5 معادلات التأين

أحماض قوية		أحماض ضعيفة	
الاسم	معادلات التأين	الاسم	معادلات التأين
الهيدروكلوريك	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$	الهيدروفلوريك	$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$
الهيدروأيوديك	$HI \rightarrow H^+ + I^-$	الإيثانويك	$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + C_2H_3O_2^-$
البيركلوريك	$HClO_4 \rightarrow H^+ + ClO_4^-$	كبريتيد الهيدروجين	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$
النيتريك	$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$	الكربونيك	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
الكبريتيك	$H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^-$	الهيبوكلوروز	$HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$

173

■ **إجابة سؤال الشكل 12-5** يتوهّج الضوء أكثر عندما يحتوي المحلول على أيونات أكثر.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يعتقد الطلاب أنّ قوّة الحمض تعتمد مباشرة على عدد ذرّات الهيدروجين في كلّ جزيء.

الكشف عن المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اسأل الطلاب، أن يتوقّعوا ما الحمض الأقوى ممّا يأتي: HNO_3 أو H_3PO_4؟ قد يتوقّعون أنّ H_3PO_4 هو الأقوى؛ لأنّه ثلاثيّ البروتونات.

عرض المفهوم

استخدم جهاز التوصيل الكهربائيّ لتبيّن أنّ توصيل محلول HNO_3 بتركيز 0.1 M أعلى من توصيل محلول H_3PO_4 بتركيز 0.1 M على الرغم من احتواء H_3PO_4 على ثلاثة أضعاف عدد ذرّات الهيدروجين التي يحتويها HNO_3 ، ولذلك يكون حمض HNO_3 أقوى من حمض H_3PO_4.

تقويم المعرفة الجديدة

اسأل الطلاب، هل يمكنهم ترتيب الأحماض الآتية: H_2SO_4، H_3PO_3، HF، معتمدين فقط على صيغها الكيميائيّة.

لا، الأحماض الثلاثة لديها أعداد مختلفة من ذرّات الهيدروجين في الجزيء الواحد، ولكن لا يمكن المقارنة بين قوّتها اعتمادًا على صيغها الكيميائيّة فقط. **ض م**

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب إعداد بحث لتفسير الاختلاف في قوة الأحماض الأكسجينيّة للكلور $HClO_2$، HOCl، و$HClO_4$. حمض الهيبوكلوروز (HClO) هو الأضعف؛ لأنّ الكلور يجذب القليل من الكثافة الإلكترونيّة والقوة من رابطة H–O. حمض البيركلوريك، والذي يمكن أن يكتب $HOClO_3$ هو الأقوى؛ لأنّ ذرّات الأكسجين الثلاث المرتبطة بذرة الكلور تجذب الكثير من الكثافة الإلكترونيّة والقوة من رابطة Cl–O–H. **ف م**

ماذا قرأت؟ القاعدة المرافقة للحمض القويّ تكون ضعيفةً جـدًّا، ولذلـك قدرتها على جذب أيـون هيدروجين تكون ضعيفـة أيضًا. في حـين تكـون القاعدة المرافقـة للحمض الضعيـف أقوى، وتنافس بنجاح في سـبيل الحصول على الهيدروجين.

عرض سريع

كواشف أضـف بضع قطـرات من محلـول كاشـف الميثيل البرتقـالي إلى 50 mL مـن حمـض الخلّيك بتركيـز 0.1 M في دورق سـعة 100 mL. يصبـح المحلـول أحمـر. ثـم أضـف بعدئـذ 0.2 g تقريبًـا مـن خـلّات الصوديـوم الصلبـة إلى المحلول، وحرّكه. يتحـوّل لون المحلول إلى اللوّن الأصفر. وضِّـح أنَّ لون كاشـف برتقـالي الميثيل يتغيَّر مـن الأحمر إلى الأصفـر، عندمـا يصبح المحلـول أقلّ حمضيّـة، واطلب إلى الطـلاب كتابة معادلة الاتزان لتأيُّن حمض الخلّيك؛ لتفسـير لماذا يتحوَّل لون المحلول إلى اللوّن الأصفر.

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

يتحـوّل المحلول إلى الأصفر؛ لأنّ إضافة خلّات الصوديوم تزيد من تركيز أيونات الأسـيتات $[CH_3COO^-]$، وحسب مبـدأ لوتشـاتلييه تـؤدِّي زيـادة تركيز أيـون الأسـيتات إلى دفع الاتزان إلى اليسـار، ويعني الاتجاه إلى اليسـار استهلاك أيونات الهيدروجين، ممّا يجعل المحلول أقلّ حمضيّة. ض م

دفتر الكيمياء

الأحماض والأغذيـة اطلب إلى الطـلاب أن يقوّمـوا قـوَّة الأحمـاض في الأغذية، ويفسروا عدم اسـتعمال أحماضٍ كحمض الهيدروكلوريـك، وحمـض الكبريتيـك في حفـظ الأغذيـة، أو زيادة طعمها اللّاذع، واطلب إليهـم أن يسـجّلوا نتائجهـم في دفاتر الكيمياء. ض م

سبب تأين HCl كليًا بينما يكوّن $HC_2H_3O_2$ القليل من الأيونات؟ تأمل تأين أي حمض قوي، كحمض HX على سبيل المثال. وتذكّر أن الحمض الموجود على جهة المواد المتفاعلة من المعادلة ينتج قاعدة مُرافقة على جهة النواتج. وبالمثل فإن القاعدة الموجودة على جهة المواد المتفاعلة تنتج حمضًا مرافقًا.

$$HX_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + X^-_{(aq)}$$

حمض — قاعدة — حمض مرافق — قاعدة مرافقة

يمثّل HX حمضًا قويًا وقاعدته المرافقة ضعيفة. أيْ أن HX يتأين بنسبة 100% تقريبًا؛ لأن الماء قاعدة أقوى (في التفاعل الأمامي) من قاعدته المرافقة X^- (في التفاعل العكسي). أي أنه يقع اتزان التأين كليًا تقريبًا إلى اليمين؛ لأن جذب القاعدة H_2O لأيون H^+ أكبر من جذب القاعدة المرافقة X^-. فكر في هذا الأمر وكأنه معركة للقواعد، أيها لديه قوة جذب أكبر لأيون الهيدروجين: H_2O أم X^-؟ الماء هو القاعدة الأقوى عندما تكون الأحماض كلها قوية. لاحظ أن المعادلة مبينة بسهم واحد إلى اليمين.

كيف يختلف الوضع لأي حمض ضعيف HY؟

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

حمض — قاعدة — حمض مرافق — قاعدة مرافقة

يميل اتزان التأين للحمض الضعيف إلى يسار المعادلة؛ لأن القاعدة المرافقة Y^- لديها جذب أكبر لأيون الهيدروجين من القاعدة H_2O. وتعد القاعدة المرافقة Y^- (في التفاعل العكسي) أقوى من القاعدة H_2O (في التفاعل الأمامي)، وتستطيع أن تستولي على أيون H^+. فمثلاً في حالة حمض الإيثانويك (الخل) تعد القاعدة المرافقة (في التفاعل العكسي) أقوى في جذب أيونات الهيدروجين من القاعدة H_2O (في التفاعل الأمامي).

$$HC_2H_3O_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + C_2H_3O_2^-{}_{(aq)}$$

لاحظ أن المعادلة تحتوي على سهمي اتزان.

ماذا قرأت؟ لخص أهم الاختلافات بين الأحماض القوية والأحماض الضعيفة عند تفاعلها مع القواعد.

ثابت تأين الحمض يساعد نموذج برونستد – لوري على تفسير قوة الأحماض، إلا أنه لا يُعبِّر بطريقة كمية عن قوة الحمض، ولايقارن بين قوى الأحماض المختلفة. لذا يعد تعبير ثابت الاتزان قياسًا كميًّا لقوة الحمض.

إن الحمض الضعيف ينتج خليط اتزان من الجزيئات والأيونات في المحلول المائي. لذا يعطي ثابت الاتزان K_{eq} قياسًا كميًّا لدرجة تأين الحمض. تأمل حمض الهيدروسيانيك HCN، الذي يستعمل في الصباغة، والحفر على الفولاذ، وتليينه.

واقع الكيمياء في الحياة

سيانيد الهيدروجين

مركب مميت سيانيد الهيدروجين HCN غـاز سـام يوجـد في عـوادم المَرْكبـات، وفي دُخـان التبغ والخشـب، وفي دُخان البلاسـتيك المحترق المحتوي على النيتروجين. وتطلق بعض الحشرات سيانيد الهيدروجين للدفاع عن نفسها. ويسـمى محلول سـيانيد الهيدروجين في الماء حمض الهيدروسـيانيك. وتحتـوي نـوى بعـض الفواكـه –ومنهـا الكـرز والخـوخ– عـلى سيانوهيدرين الـذي يتحـول إلى حمـض الهيدروسـيانيك في الجهاز الهضمي إذا أكلت النواة. ولكن لا يوجـد حمض الهيدروسـيانيك في لب هذه الثمار، لذا يمكن أكله بأمان.

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

$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+][CN^-]}{[HCN][H_2O]}$$

يعد تركيز الماء السائل في مقام المعادلة السابقة ثابتًا في المحاليل المائية المخففة، لذلك يمكن دمجه مع K_{eq} ليعطي ثابت اتزان جديدًا K_a.

$$K_{eq}[H_2O] = K_a = \frac{[H_3O^+][CN^-]}{[HCN]} = 6.2 \times 10^{-10}$$

يسمى K_a **ثابت تأين الحمض**، وهو قيمة ثابت الاتزان لتأين الحمض الضعيف. وكما في تعابير الاتزان جميعها، تدل قيمة K_a على ما إذا كانت المواد المتفاعلة أو النواتج هي المفضلة عند الاتزان. أما للأحماض الضعيفة فتميل تراكيز الأيونات (النواتج) في البسط إلى أن تكون صغيرة مقارنة بتركيز الجزيئات غير المتأينة (المواد المتفاعلة) في المقام. وتكون قيم K_a للأحماض الأضعف أصغر؛ وذلك لاحتواء محاليلها على أقل تراكيز أيونات وأعلى تراكيز لجزيئات الحمض غير المتأينة. ويحتوي **الجدول 4-5** على قائمة لقيم K_a ومعادلات التأين لعدة أحماض ضعيفة. لاحظ أن الأحماض المتعددة البروتونات ليست بالضرورة قوية التأين؛ فلكل تأين للحمض المتعدد البروتونات قيمة K_a مختلفة.

عامل المشتل الوظيفة الرئيسة لعامل المشتل هي الاهتمام بتكاثر النباتات ونموها. وهذا يشمل زراعتها وتقليمها ونقلها. وبيع جميع أنواع المواد التي تتعلق بالنباتات. لذا يجب أن يعرف عامل المشتل المغذيات التي يحتاج إليها النبات للنمو الأفضل وظروف التربة، ومنها حموضة التربة التي تعزز نمو كل نوع من النباتات.

مسائل تدريبية

11. اكتب معادلات التأين وتعابير ثابت تأين الحمض لكل مما يأتي:
a. $HClO_2$ b. HNO_2 c. HIO

12. اكتب معادلة التأين الأولى والثانية لحمض السلينوز H_2SeO_3.

13. تحفيز إذا أعطيت المعادلة الرياضية الآتية: $K_a = \frac{[AsO_4^{3-}][H_3O^+]}{[HAsO_4^{2-}]}$، فاكتب المعادلة الموزونة للتفاعل.

الجدول 4-5 ثوابت تأين الأحماض الضعيفة

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

175

مسائل تدريبية

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

$$K_a = [H_3O^+][ClO_2^-]/[HClO_2]$$

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

$$K_a = [H_3O^+][NO_2^-]/[HNO_2]$$

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

$$K_a = [H_3O^+][IO^-]/[HIO]$$

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

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

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

التقويم

المعرفة اسأل الطلاب: أيُّ المحلولين أكثر تركيزًا؛ H_2SO_4 بتركيز 0.10 M، أم HF بتركيز 1.00 M ؟ محلول HF أكثر تركيزًا. واسألهم أيضًا: أيُّهما أكثر حمضيَّة؟ محلول H_2SO_4. ثم اطلب إليهم أن يفسِّروا إجاباتهم. HF حمض ضعيف، وهذا يعني أنه يتأيَّن قليلاً، وينتج القليل من أيونات الهيدروجين في المحلول المائيِّ.

ض م

مشروع الكيمياء

ثابت التأيُّن للأحماض اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا في الكتب المرجعيَّة عن قيم ثابت التأيّن لبعض الأحماض، بما لا يقلّ عن خمسة أحماض ضعيفة، واطلب إليهم أن يكتبوا معادلة التأيُّن وتعبير K_a لكلٍّ منها، وترتيبها من الأضعف إلى الأقوى. ض م

تجربة

الهدف ملاحظة الطلاب لتوصيل محلول حمض الخليك الكهربائي بتراكيز مختلفة، واستنتاج الأعداد النسبيّة للأيونات في المحاليل.

المهارات العمليّة الملاحظة والاستنتاج، وتعرّف السبب والنتيجة، وكتابة الفرضيّات.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلاب لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء العمل. حمض الخليك مادة حارقة للجلد والملابس.

التخلّص من النفايات خفّف محاليل الأحماض جميعها عشرين مرّة، واطرحها في مجاري الصرف الصحيّ.

استراتيجيات التدريس

- استخدم نتائج الاستقصاء بدايةً لمناقشة الإسعاف الأوليّ المناسب في حالة تناثر الحمض في العيون أو على الجلد.

النتائج المتوقّعة حمض الخليك لا يوصّل الكهرباء؛ لذا لا يضيء أيّ من الضوءين الأحمر أو الأخضر، ولكن سيضيء الضوء الأحمر على جهاز الفحص بتوهُّج شديدٍ في حالة المحاليل المخفّفة جميعها. أمّا بالنسبة لمحلول حمضٍ الخليك بتركيز 6.0 M فسيضيء الضوء الأخضر بصورة خافتة؛ و بتركيز 1.0 M سيكون الضوء الأخضر ساطعًا؛ والحمض نفسه بتركيز 0.1 M سيكون الضوء الأخضر أقلّ توهُّجًا منه بالنسبة للحمض الذي تركيزه 6.0 M.

التحليل

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

$K_a = [CH_3COO^-][H^+]/[CH_3COOH] = 1.8 \times 10^{-5}$

القليل جدًّا من حمض الخليك يتأيّن.

2. نعم. بالمقارنة بين محلولَي 6.0 M و 1.0 M ، يحتوي المحلول 1.0 M نسبة تأيّن أعلى؛ ونسبة الأيونات العالية تزيد التوصيل، ولكن التخفيف المتواصل يقلّلُ التركيز الكليّ للأيونات لدرجة أنّ توصيل محلول 0.1 M تقلّ.

تجربة

قارن بين قوى الأحماض

كيف تستطيع أن تحدد القوى النسبية للمحاليل الحمضية؟

الخطوات

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استعمل مخبارًا مدرجًا سعته 10 mL لقياس 3 mL من حمض الإيثانويك المركز. استعمل القطارة لنقل الحمض إلى الفجوة A1 من طبق التفاعلات البلاستيكي ذي الأربع والعشرين فجوة. ويمكنك استخدام أنابيب الاختبار كبديل في حالة عدم توفر طبق التفاعلات.

تحذير: حمض الإيثانويك (الخل) المركز مادة أكالة وسامة عند الاستنشاق؛ لذا تعامل معها بحذر.

3. ضع قطبي جهاز الموصلية الكهربائية (الدائرة الكهربائية) في الفجوة A1، وسجّل ملاحظاتك.
4. اغسل المخبار المدرّج والقطارة بالماء، ثم قس 3 mL من حمض الإيثانويك 6.0 M وضعها في الفجوة A2 من طبق التفاعلات. افحص موصلية المحلول وسجلها.
5. أعد الخطوة 4 باستعمال حمض الإيثانويك الذي تركيزه 1.0 M وحمض الإيثانويك 0.10 M والفجوتين A3 و A4 على التوالي.

التحليل

1. اكتب معادلة تأين حمض الإيثانويك في الماء، وتعبير ثابت الاتزان ($K_{eq} = 1.8 \times 10^{-5}$). علامَ تدل قيمة K_{eq} فيما يخص درجة التأين؟
2. **اشرح** هل تتفق نسب التأين المئوية التقريبية الآتية مع نتائجك؟

حمض الإيثانويك (حمض الخل) المركز

حمض الإيثانويك 6.0 M، 0.1%

حمض الإيثانويك 1.0 M، 0.2%

حمض الإيثانويك 1.0 M، 0.4%

حمض الإيثانويك 0.1 M، 1.3%

3. اقترح فرضية تشرح ملاحظاتك سعيدًا في ذلك بإجابتك عن السؤال 2.
4. استعمل فرضيتك للتوصل إلى استنتاج يتعلق بضرورة استعمال كميّات كبيرة من الماء للغسل عندما ينسكب حمض على نسيج حي.

قوة القواعد Strengths of Bases

تطلق القواعد أيونات OH^-، ويعتمد توصيل القاعدة للتيار الكهربائي على مقدار ما تنتجهُ من أيونات OH^- في المحلول المائي.

القواعد القوية القاعدة التي تتحلل كليًّا منتجة أيونات فلزية وأيونات الهيدروكسيد تعرف بأنها **قاعدة قوية**. لذا فهيدروكسيدات الفلزات ـ ومنها هيدروكسيد الصوديوم NaOH – قواعد قوية.

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

تعد بعض هيدروكسيدات الفلزات ـ ومنها هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ – مصدرًا ضعيفًا لأيونات OH^-؛ لأن ذائبيتها منخفضة. لاحظ أن ثابت حاصل الذائبية K_{sp} لهيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ صغير، مما يدل على أن كمية قليلة من OH^- توجد في المحلول المشبع.

$$Ca(OH)_{2(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \quad K_{sp} = 6.5 \times 10^{-6}$$

ومع ذلك فإن هيدروكسيد الكالسيوم وغيره من هيدروكسيدات الفلزات القليلة الذوبان قواعد قوية؛ لأن كل ما يذوب منها يتأيّن كليًّا. ويبين **الجدول 5–5** معادلات تحلل بعض القواعد القوية .

القواعد الضعيفة تتأين القواعد الضعيفة جزئيًّا فقط في المحاليل المائية المخففة. فمثلاً يتفاعل ميثيل أمين CH_3NH_2 مع الماء ليتج محلولًا متزنًا من جزيئات CH_3NH_2، وأيونات $CH_3NH_3^+$، وأيونات OH^-.

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

قاعدة — حمض مرافق — حمض — قاعدة مرافقة

الجدول 5–5

معادلات التأين للقواعد القوية
$NaOH_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
$KOH_{(s)} \rightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
$RbOH_{(s)} \rightarrow Rb^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
$CsOH_{(s)} \rightarrow Cs^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
$Ca(OH)_{2(s)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$
$Ba(OH)_{2(s)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

176

3. كلّما ازداد تخفيف الحمض الضعيف تحسّن توصيله للكهرباء؛ لأنّ تأيُّنه يزداد. يؤدي الماء إلى زيادة نسبة التأيُّن. غير أنّه في آخر الأمر يصبح الحمض مخففًا لدرجة أنّ التوصيل يقلّ؛ لأنّ كميّة حمض الخلّيك الموجودة تصبح قليلة نسبيًّا.
4. يمكن أن تزيد إضافة كميّةٍ صغيرةٍ من الماء قوة الحمض الظاهريّة؛ فتتلف الأنسجة، لذا يجب إضافة كميّةٍ كبيرةٍ من الماء عند انسكاب الأحماض؛ لتخفيف الحمض بسرعة، وغسله والتخلّص منه.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب أن يتوقّعوا توصيل الكهرباء لمحاليل الحمض القويّ HCl عند تركيز 0.1M، 1.0M، 6.0 M. ض م

الجدول 5-6 ثابت التأين لبعض القواعد

القاعدة	معادلة التأين	K_b (298 K)
إيثيل أمين	$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	5.0×10^{-4}
ميثيل أمين	$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	4.3×10^{-4}
الأمونيا	$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	2.5×10^{-5}
الأنيلين	$C_6H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	4.3×10^{-10}

يميل هذا الاتزان إلى اليسار؛ لأن القاعدة CH_3NH_2 ضعيفة، والقاعدة المرافقة OH^- قوية؛ لأن قوة جذب أيون الهيدروكسيد لأيون الهيدروجين أقوى من جذب جزيء الميثيل أمين لأيون الهيدروجين.

ثابت تأين القواعد تكوّن القواعد الضعيفة مخاليط اتزان من الجزيئات والأيونات في المحاليل المائية، كما في الأحماض الضعيفة. ويعد ثابت الاتزان قياسًا لمدى تأين القاعدة. وتبين المعادلة الآتية ثابت الاتزان لتأين الميثيل أمين في الماء:

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

ويمكن تعريف **ثابت تأين القاعدة** K_b بأنه قيمة تعبر عن ثابت الاتزان لتأين القاعدة. وكلما صغرت قيمة K_b كانت القاعدة أضعف. ويبين **الجدول 5-6** قيم K_b ومعادلات التأين لبعض القواعد الضعيفة.

مسائل تدريبية

14. اكتب معادلات التأين وتعبير ثابت التأين للقواعد الآتية:

a . هكسيل أمين $C_6H_{13}NH_2$ **c** . أيون الكربونات CO_3^{2-}

b . بروبيل أمين $C_3H_7NH_2$ **d** . أيون الكربونات الهيدروجينية HSO_4^-

15. تحفيز اكتب معادلة اتزان قاعدة يكون فيها PO_4^{3-} قاعدة في التفاعل الأمامي، و OH^- قاعدة في التفاعل العكسي.

التقويم 5-2

الخلاصة

- تتأيّن الأحماض والقواعد القوية كليًا في المحاليل المائية المخففة. بينما تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة تأيّنًا جزئيًا في المحاليل المائية المخففة.
- تعد قيمة ثابت تأين الحمض أو القاعدة الضعيفة قياسًا لقوة الحمض أو القاعدة.

16. **الفكرة الرئيسة** صف محتويات محاليل مائية مخففة للحمض القوي HI والحمض الضعيف HCOOH.

17. ما العلاقة بين قوة الحمض الضعيف وقوة قاعدته المرافقة؟

18. حدّد الأزواج المترافقة للحمض والقاعدة في كل معادلة مما يأتي:

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

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

19. اشرح ما الذي يمكن أن تستفيده من معرفة أن قيمة K_b للأنيلين $C_6H_5NH_2$ هي $K_b = 4.3 \times 10^{-10}$؟

20. فسّر البيانات استعمل البيانات في **الجدول 5-4** لترتيب الأحماض السبعة تصاعديًا بحسب توصيلها للكهرباء.

177

مسائل تدريبية

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

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

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

$K_b = [C_3H_7NH_3^+][OH^-]/[C_3H_7NH_2]$

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

$K_b = [HCO_4^-][OH^-]/[CO_3^{2-}]$

d $HSO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2SO_{4(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$

$K_b = [H_2SO_4][OH^-]/[HSO_4^-]$

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

3. التقويم

التحقُّق من الفهم

اطلب إلى الطلاب الاعتماد على قيم Ka؛ لترتيب درجة توصيل الكهرباء لمحاليل المركّبات HClO، H_2S، وHI. بتركيز 0.10 M

$HI > H_2S > HClO$ ض م

إعادة التدريس

اكتب على السبورة: 0.1 M HCl و 1.0 M HClO . واسأل: أيّ المحلولين أكثر تركيزًا؟ 1.0 M HClO. وأيُّهما أقوى؟ 0.1 M HCl ض م

التوسُّع

دع الطلاب المهتمّين يستعملوا كتابًا جامعيًّا؛ لتقصي تأثير الماء في مستوى قوة الأحماض، والقواعد القويّة، واطلب إليهم تفسير هذا التأثير مستعينين بالتّشابه الآتي: على افتراض أنّه طلب إلى أقوى خمسة أشخاص في العالم رفع ثقلٍ مقداره 50 kg؛ لتقرير أيّهم هو الأقوى. ف م

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا معادلة التأيُّن، وتعبير ثابت التأيُّن لحمض البروموز (Bromous acid).

$HBrO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + BrO_2^-{}_{(aq)}$

$HBrO_{2(aq)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + BrO_2^-{}_{(aq)}$

$K_a = [H^+][BrO_2^-]/[HBrO_2]$

التقويم 2–5

16. يحتوي محلول HI فقط على أيونات H_3O^+ و I^- وجزيئات ماء، ويحتوي محلول HCOOH على أيونات H_3O^+ و $HCOO^-$، وجزيئات HCOOH و H_2O.

17. كلّما ازدادت قوّة الحمض ازداد ضعف قاعدته المرافقة. وكلّما ضعف الحمض ازدادت قوة قاعدته المرافقة.

18. a. الحمض: HCOOH؛ القاعدة المرافقة: $HCOO^-$؛

القاعدة: H_2O؛ الحمض المرافق: H_3O^+

b. الحمض: H_2O؛ القاعدة المرافقة: OH^-؛

القاعدة: NH_3؛ الحمض المرافق: NH_4^+

19. قياس K_b يدلّ على أنّ الأنيلين قاعدة ضعيفة.

20. $HF, HCOOH, CH_3COOH, H_2CO_3, H_2S, HCO_3^-, HS^-$

5–3

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الـدرس، اعرض على الطلاب شريحـة التركيز رقم (17) الواردة في مصـادر التعلم للفصول (5–1)، ويمكنك عرضهـا ملونة من خـلال الرجـوع إلى الموقـع الإلكتروني:

د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

الطبيعـة اللوغارتميّـة لـ pH اكتب على السـبورة تدريج pH مـن صفـر إلى 14، واسـأل: أيُّ القيـم تمثـل المحاليـل الحمضيّة والمتعادلـة والقاعديّة؟ تكون قيـم pH للمحاليل الحمضيّة أقلّ مـن 7، وتكون قيمها للمحاليـل المتعادلة تسـاوي 7، أمّا قيمها للمحاليل القاعديّة فتكون أكبر من 7.

لإظهـار طبيعـة pH اللوغارتميّة، اطرح الأسـئلة الآتية: كم مرةً تزيـد حمضيّـة محلول قيمـة pH له تسـاوي 5، على محلـول قيمة pH لـه تسـاوي 6، بناءً عـلى تركيز أيـون الهيدروجين؟ حمضية المحلـول الـذي قيمة pH له 5 أكثر من حمضيّة المحلول pH له 6 بعشر مراتٍ. وكم مرةً تزيد قاعديّة محلول pH له 11 على قاعديّة محلولpH له 9، بناءً على تركيز أيون الهيدروكسيد؟ محلول pH له 11 أكبر من قاعديّة محلولpH له 9 بـ 100 مرةٍ. ض م

2. التدريس

الرياضيات في الكيمياء

الأسـس ذكّر الطـلاب بأنّ التغيّر بمقدار وحـدة واحدة في أسّ العـدد 10 يعكـس تغيّرًا مقـداره عشرة أضعاف العـدد. فمثلاً، 10^4 أكثـر من 10^3 بعـشر مراتٍ، و 10^{-7} أصغـر من 10^{-6} بعشر من المرات.

الخلفيّة النظريّة للمحتوى

قيم pH الأصغر من 0.0 والأكبر من 14 يمتدّ مدى pH بصورة عامّة من 0.0 –14 تقريبًا، مع التذكير أنّ قيم pH أقلّ من صفر، وأكبر من 14 أيضًا ممكنة. وأنّ مثـل هذه المحاليل نادرة، وخطرة، ودرجة تركيزها عالية جدًّا، لدرجة أنّ مثل هذه الأحماض أو القواعد، قد لا تتأيّن كليًّا؛ لذا قد لا تكون تراكيز الأيونات عالية كما هو متوقّع.

أيونات الهيدروجين والرقم الهيدروجيني
Hydrogen Ions and pH

الفكرة الرئيسة **يعبّر كل من pH و pOH عن تراكيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد في المحاليل المائية.**

الربط مع الحياة لعلك شـاهدت طفلين يلعبان على لعبة التوازن (السيسـو). عندما يرتفع أحد طـرفي العارضة يهـبط الطرف الآخر. وأحيانًا تتوازن العارضة في الوسـط. تسـلك تراكيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد في المحاليل المائية سلوكًا مماثلاً.

ثابت التأيُّن للماء Ion Product Constant for Water

يحتوي الماء النقي على تراكيز متساوية لأيونات H^+ و OH^- التي تنتج عن تأينه الذاتي. ويبين الشكل 13–5 تكون أعداد متساوية من أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد في عملية التأين الذاتي للماء. ويمكن تبسيط معادلة الاتزان على النحو الآتي:

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

ثابت تأين الماء K_w يشير السهم الثنائي إلى أن هذا تفاعل اتزان. لذا تذكّر أنه يجب كتابة تعبير ثابت الاتزان بوضع تراكيز النواتج في البسط، وتراكيز المواد المتفاعلة في المقام. وفي هذه الحالة، جميع المواد قوتها واحد؛ لأن معاملاتها جميعها في المعادلة الكيميائية 1. ولأن تركيز الماء النقي ثابت، لذا لا يظهر $[H_2O]$ في المقام.

ثابت تأين الماء K_w

حيث إن K_w ثابت تأين الماء.

و $[H^+]$ تركيز أيون الهيدروجين.

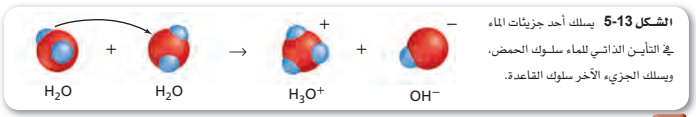
و $[OH^-]$ تركيز أيون الهيدروكسيد.

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

حاصل ضرب تراكيز أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيد في المحاليل المائية المخففة يساوي K_w.

والتعبير K_w هو حالة خاصة لثابت الاتزان، ينطبق فقط على الماء. ويسمى **ثابت تأين الماء**، وهو قيمة تعبر عن ثابت الاتزان للتأين الذاتي للماء. لقد بينت التجارب أنّ $[OH^-]$ و $[H^+]$ للماء النقي عند 298 K تكون متساوية؛ حيث يساوي كل منها 1.0×10^{-7}M. لذا تكون قيمة K_w عند درجة الحرارة 298 K تساوي 1.0×10^{-14}

$$K_w = [H^+][OH^-] = (1.0 \times 10^{-7})(1.0 \times 10^{-7})$$
$$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$$



الشكل 13-5 يسلك أحد جزيئات الماء في التأيـن الذاتـي للماء سلـوك الحمض، ويسلك الجزيء الآخر سلوك القاعدة.

الأهداف

- **تشـرح** معنى المـصطلحات pH وpOH.
- **تـربـط** بـين pH و pOH وثابت التأين للماء.
- **تحسب** قيمة pH وpOH للمحاليل المائية.

مراجعة المفردات

مبدأ لوتشاتلييه: ينص على أنه إذا وقع ضغط على نظام في حالة اتزان فإن النظام يتجه في الاتجاه الذي يقلّل من ذلك الضغط.

مفردات جديدة

ثابت تأيُّن الماء K_w

الرقم الهيدروجيني pH

الرقم الهيدروكسيدي pOH

وهذا يعني أنه إذا زاد تركيز أيونات H^+ نقص تركيز أيونات OH^-. وبالمثل فإن الزيادة في تركيز OH^- تسبب نقصانًا في تركيز أيونات H^+. فكّر في هذه التغيرات من خلال مبدأ لوتشاتلييه؛ حيث تسبب إضافة أيونات هيدروجين إضافية إلى إضطراب في حالة الاتزان، فيعمل النظام على التقليل من تأثير الزيادة في التركيز؛ حيث تتفاعل أيونات H^+ المضافة مع أيونات OH^- لتكوّن المزيد من جزيئات الماء، وهكذا يقل تركيز OH^-.

يبين **المثال 1–5** كيف تستعمل K_w لحساب تركيز H^+ أو OH^- إذا عرفت تركيز أحدهما.

ماذا قرأت؟ **اشرح** لماذا لا يتغير K_w عند زيادة تركيز أيونات الهيدروجين؟

مثال 1-5

احسب قيم $[H^+]$ و $[OH^-]$ باستعمال K_w إذا كان تركيز أيون H^+ في كوب قهوة عند درجة حرارة 298 K هو 1.0×10^{-5} M، فما تركيز أيون OH^- في القهوة؟ هل تعد القهوة حمضية، أم قاعدية، أم متعادلة؟

1 تحليل المسألة

لديك تركيز أيون H^+، وتعرف أن K_w يساوي 1.0×10^{-14}. يمكنك استعمال قانون ثابت تأين الماء لإيجاد $[OH^-]$. ولأن $[H^+]$ أكبر من 1.0×10^{-7}، لذا يمكنك أن تتوقع أن يكون $[OH^-]$ أقل من 1.0×10^{-7}

المعطيات

$[H^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ M

$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$

المطلوب

$[OH^-] = ?$ mol/L

2 حساب المطلوب

استعمل قانون ثابت تأين الماء.

$K_w = [H^+][OH^-]$

اكتب تعبير ثابت تأين الماء.

$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$

أوجد قيمة $[OH^-]$.

عوّض $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$.

$[H^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ M .

$[OH^-] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-5}} = 1.0 \times 10^{-9}$ mol/L

لأن قيمة $[OH^-] < [H^+]$ ، لذا فإن القهوة حمضية.

3 تقويم الإجابة

كما هو متوقع، تكون قيمة $[OH^-]$ أقل من 1.0×10^{-7} mol/L.

مسائل تدريبية

21. فيما يأتي قيم تراكيز H^+ و OH^- لأربعة محاليل مائية عند درجة حرارة 298 K. احسب $[H^+]$ أو $[OH^-]$ لكل محلول، ثم حدد ما إذا كان المحلول حمضيًّا، أم قاعديًّا، أم متعادلاً.

a. $[H^+] = 1.0 \times 10^{-13}$ M **b.** $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ M

c. $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-3}$ M **d.** $[H^+] = 4.0 \times 10^{-5}$ M

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

ماذا قرأت؟ عندما يزداد تركيز H^+ ينقص تركيز OH^- ، بحيث يكون حاصل ضرب تركيز الأيونين ثابتًا دائمًا.

مثال في الصف

سؤال تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول أحد المنظفات يساوي 1.0×10^{-3} M. فما تركيز $[H^+]$ في محلول المنظف؟

الإجابة

$$[H^+] = (1.0 \times 10^{-14})/(1.0 \times 10^{-3})$$
$$= 1.0 \times 10^{-11} \text{M}$$

مسائل تدريبية

21.a $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-1}$ M، المحلول قاعديّ

b $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ M، المحلول متعادل

c $[H^+] = 1.0 \times 10^{-11}$ M، المحلول قاعديّ

d $[OH^-] = 2.5 \times 10^{-10}$ M، المحلول حمضيّ

22. عدد أيونات H^+ = عدد أيونات OH^- = 1.8×10^{16} أيون.

دفتر الكيمياء

النباتات وPH للتربة اطلب إلى الطلاب المهتمين إعداد بحث حول كلٍّ من: النباتات التي تنمو جيدًا في التربة الحمضيّة، وفي التربة القاعديَّة، و دعهم يكتشفوا كيف يمكن زيادة حمضيّة أو قاعديّة التربة، وتُعدُّ كتب البستنة، وفهارس البذور، وبائعو الزهور، والعاملون في مشاتل النباتات مصادر جيدة لهذه المعلومات، ويمكن أن يلخّصوا نتائج أبحاثهم في دفاتر الكيمياء. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 5–14** يحتوي ماء البحر على التركيز الأعلى من أيونات H^+؛ بأكثر من 100 مرةٍ.

عرض سريع

حمض الكربونيك ضع 250 mL تقريبًا من إيثانول تركيزه 95% في دورق سعته 500 mL. **تحذير**: لا تترك اللهب مشتعلاً في الغرفة. وأضف 5 أو 6 قطرات من محلول كاشف الثايمول فثالين، وكميّة كافية من محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.1 M؛ لجعل المحلول أزرق اللون. ثم أغلق الدورق بسدادة حتى يحين وقت العرض.

مرّر الدورق دون سدادة على الطلاب في الصف، واطلب إلى كلٍّ منهم عند وصول الدورق إليه أن يطلب من المحلول أن يغيِّر لونه. وأعد وضع السدادة، وحرِّك المحلول بحركة دائريّة، ثم أعد تمرير الدورق على الطلاب، وعند نقطة معيَّنة يكون قد ذاب ما يكفي من CO_2 في المحلول؛ حتى ينخفض pH إلى درجة يتغيّر عندها لون الثايمول فثالين من الأزرق إلى الأصفر. واسأل الطلاب: ما الشيء المميّز في صوت الطالب الذي تسبب في تغيُّر اللون؟ لقد ذاب البعض من غاز CO_2 الخارج مع الزفير في المحلول منتجًا محلول حمض الكربونيك الضعيف، ومخفِّضًا pH وبالتالي تغيّر لون الكاشف. **ض م**

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اشرح للطلاب أن ثابت التأيُّن للماء K_w يزداد بازدياد درجات الحرارة. فمثلاً، $K_w = 9.25 \times 10^{-14}$ عند 60°C. دع الطلاب يحسبوا تركيز أيون الهيدروجين وقيمة pH للماء النقيِّ عند هذه الدرجة، $[H^+] = 3.04 \times 10^{-7}$ M، pH = 6.52 **ف م**

تكون تراكيز H^+ غالبًا أرقامًا صغيرة يعبّر عنها بطريقة علمية. ولصعوبة استعمال هذه الأرقام تبنّى الكيميائيون طريقة أسهل للتعبير عنها.

ما الرقم الهيدروجيني pH؟ يعبِّر الكيميائيون عن تركيز أيونات الهيدروجين باستعمال تدريج الرقم الهيدروجيني pH المبني على اللوغاريتمات. لذا فإن **الرقم الهيدروجيني pH** لمحلول ما هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين.

الرقم الهيدروجيني pH

$pH = -\log [H^+]$

يمثّل $[H^+]$ تركيز أيون الهيدروجين

قيمة pH لمحلول ما تساوي سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين.

تكون قيم pH للمحاليل الحمضية عند درجة حرارة 298 K أقل من 7. بينما تكون قيمها للمحاليل القاعدية أكبر من 7. وهكذا يكون المحلول الذي قيمة pH له تساوي 0.0 حمضًا قويًّا؛ بينما يكون المحلول الذي قيمة pH له تساوي 14 قاعدة قوية. وتعني الطبيعة اللوغاريتمية في هذه الحالة لتدريج pH أن تغير وحدة واحدة من pH يمثل تغيرًا مقداره 10 مرات في تركيز الأيون. فالمحلول الذي pH له تساوي 3 له عشرة أضعاف تركيز المحلول الذي pH له تساوي 4. ويبين **الشكل 5–14** تدريج pH وقيمها لبعض المواد الشائعة.

ما الرقم الهيدروكسيدي pOH؟ يكون من المناسب أحيانًا التعبير عن قاعدية (قلوية) محلول ما على تدريج pOH والذي يعكس صورة العلاقة بين pH و$[H^+]$. ويعرف الرقم **الهيدروكسيدي pOH** لمحلول ما بأنه سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروكسيد.

الرقم الهيدروكسيدي POH

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

$[OH^-]$ يمثل تركيز أيون الهيدروكسيد

قيمة pOH لمحلول ما تساوي سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروكسيد.

تكون قيم pOH عند درجة حرارة 298 K للمحاليل القاعدية أقل من 7، وللمحاليل المتعادلة تساوي 7؛ بينما يكون المحلول الذي قيمة pOH له أعلى من 7 حمضيًّا. وكما في تدريج pH يمثل تغير وحدة واحدة من pOH تغيرًا مقداره 10 مرات في تركيز OH^-. وهناك علاقة بين pH و pOH تمكننا من حساب أي منهما إذا عُرفت قيمة الآخر.

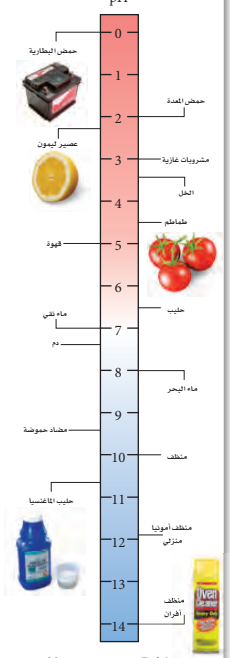
ما العلاقة بين pH و pOH؟

$pH + pOH = 14.00$

pH تمثل $-\log [H^+]$

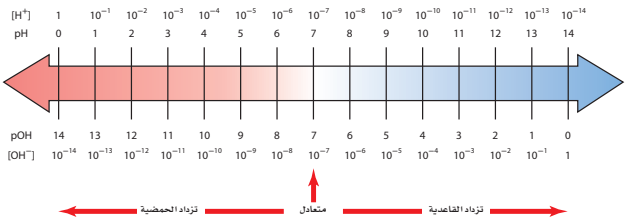
pOH تمثل $-\log [OH^-]$

مجموع pH و pOH يساوي 14.00 .



الشكل 5-14 قارن بين قيم pH لهذه المواد المألوفة.

حدد أيهما يحتوي على أعلى تركيز لأيونات H^+: ماء البحر أم المنظف المنزلي؟ كم مرة يزيد تركيز أحدهما على الآخر؟



الشكل 15-5 ادرس هذا الشكل لزيادة معلوماتك حول pH و pOH. لاحظ أنه عند كل موقع عمودي يكون مجموع pH (فوق السهم) وpOH (تحت السهم) مساويًا 14. لاحظ أيضًا أنه عند كل موقع يكون حاصل ضرب $[H^+]$ في $[OH^-]$ يساوي 10^{-14}.

مثال 2-5

احسب قيمة pH من $[H^+]$ ما قيمة pH لمحلول متعادل عند درجة حرارة 298 K؟

1 تحليل المسألة

في المحلول المتعادل عند درجة حرارة 298 K، يكون $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ M . ويتعين عليك أن تجد $-\log [H^+]$.

المعطيات	المطلوب
$[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ M	pH = ?

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة pH: $pH = -\log [H^+]$

عوض $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ M: $pH = -\log (1.0 \times 10^{-7})$

تكون قيمة pH للمحلول المتعادل عند درجة حرارة 298 K تساوي **7.00**

3 تقويم الإجابة

كان متوقعًا أن تكون قيمة pH تساوي 7.

مسائل تدريبية

23. احسب قيمتي pH للمحلولين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[H^+] = 1.0 \times 10^{-2}$ M **b.** $[H^+] = 3.0 \times 10^{-6}$ M

24. احسب قيمتي pH للمحلولين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[H^+] = 0.0055$ M **b.** $[H^+] = 0.000084$ M

25. تحفيز احسب قيمة pH لمحلول فيه $[OH^-]$ يساوي 8.2×10^{-6} M.

181

مثال في الصف

سؤال إذا كان تركيز أيون الهيدروجين في أحد محاليل الخلِّ يساوي 4.0×10^{-4} M؛ فما قيمة pH لهذا المحلول؟

الإجابة

$pH = -\log (3.98 \times 10^{-4}) = 3.40$

مسائل تدريبية

23.a. pH= 2.00

b. pH= 5.52

24.a. pH= 2.26

b. pH = 4.08

25. pH= 8.92

الخلفيّة النظريّة للمحتوى

pH قد يتساءل معظم الطلاب عن مصدر المصطلح pH، على الرغم من أنّهم قد سمعوا بهذا المصطلح؛ لذا اشرح لهم أنّ pH مأخوذة من الفرنسيّة pouvoir hydrogene والتي تعني أس الهيدروجين.

دفتر الكيمياء

pH والجلد اطلب إلى الطلاب أن يعدُّوا بحثًا حول pH والجلد، وكيف تتفاعل موادّ مختلفة- وخصوصًا الصابون القاعديّ- مع موادّ تقوم بحماية الجلد. ودعهم يسجّلوا نتائج بحوثهم في دفاترهم. ض م

مثال في الصف

سؤال إذا كان تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول مضادّ الحموضة يساوي 3.2×10^{-5} M؛ احسب قيمة pOH وpH لهذا المحلول.

الإجابة

$pOH = 4.49; pH = 9.51$

$pOH = -\log (3.2 \times 10^{-5}) = 4.49$

$pH = 14.00 - 4.49 = 9.51$

مسائل تدريبية

26.a. $pOH = 6.00$
$pH = 8.00$

b. $pOH = 3.19$
$pH = 10.81$

c. $pH = 8.44$
$pOH = 5.56$

d. $pH = 1.60$
$pOH = 12.40$

27.a. $pOH = 4.48$
$pH = 9.52$

b. $pH = 2.02$
$pOH = 11.98$

28. $pH = 3.70$
$pOH = 10.30$

حساب pOH وpH من $[OH^-]$ يظهر الشكل **16–5** صورة بقرة تتغذى على قش عولج بإضافة الأمونيا التي تعمل على زيادة البروتينات عند إضافتها إلى علف الحيوانات. وتستعمل الأمونيا كذلك منظفًا منزليًّا؛ وهو محلول مائي لغاز الأمونيا. وعادة ما يكون تركيز أيون الهيدروكسيد في المنظف 4.0×10^{-3} M . احسب pOH و pH للمنظف عند درجة حرارة 298 K.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت تركيز أيون الهيدروكسيد، وعليك حساب قيم pOH و pH . احسب أولاً قيمة pOH مستعملاً القانون، ثم احسب pH مستعملاً العلاقة $pH + pOH = 14.00$

المعطيات	المطلوب
$[OH^-] = 4.0 \times 10^{-3}$ M	pOH = ?
	pH = ?

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة pOH: $pOH = -\log [OH^-]$

عوض $[OH^-] = 4.0 \times 10^{-3}$ M: $pOH = -\log (4.0 \times 10^{-3})$

pOH للمحلول هو **2.40**.

استعمل العلاقة بين pH و pOH لإيجاد قيمة pH

اكتب المعادلة التي تربط بين pH وpOH: $pH + pOH = 14.00$

أوجد قيمة pH: $pH = 14.00 - pOH$

عوض pOH = 2.40: $pH = 14.00 - 2.40 = 11.60$

قيمة **pH** للمحلول هو **11.60**

3 تقويم الإجابة

قيمتا pH و pOH التي تم التوصل إليهما صحيحتان؛ لأن الأمونيا قاعدة، لذا فإن قيمة pOH الصغيرة وقيمة pH الكبيرة معقولتان.

مسائل تدريبية

26. احسب قيم pH و pOH للمحاليل المائية ذات التراكيز الآتية عند درجة حرارة 298 K .

a. $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-6}$ M
b. $[OH^-] = 6.5 \times 10^{-4}$ M
c. $[H^+] = 3.6 \times 10^{-9}$ M
d. $[H^+] = 2.5 \times 10^{-2}$ M

27. احسب قيم pH و pOH للمحلولين المائيين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[OH^-] = 0.000033$ M
b. $[H^+] = 0.0095$ M

28. تحفيز احسب قيم pH و pOH لمحلول مائي يحتوي على 1.0×10^{-3} mol من HCl مذاب في 5.0 L من المحلول.

الشكل 16-5 يستطيع المزارعون أن يزيدوا القيمة الغذائية للمواد النباتية ذات النوعية الرديئة. ومنها القش والتبن وغيرهما من بقايا المزروعات – بوضع تلك المواد في جو من غاز الأمونيا مدة ثلاثة أسابيع.

التقويم

المعرفة ساعد الطلاب في فهم أفضل للطبيعة الأسيّة لتدريج pH، بأن تطلب إليهم أن يقارنوا حمضيّة محلول pH=1 بحمضيّة محلول آخر pH = 3. حمضيّة pH=1 تساوي 10^2، أو 100 مرة أكثر من حمضيّة pH = 3. ثم اطلب إليهم أن يقارنوا قاعديّة محلول pH = 12 بآخر pH = 9 . قاعديّة المحلول pH = 12 تساوي 10^3، أو 1000 مرة أكثر من قاعديّة pH = 9. ض م

من خلال معرفة قيمة pH للمحلول. والمثال 4–5 يبين كيفية حسابها.

مثال 4-5

حساب $[H^+]$ و $[OH^-]$ من pH ما قيم $[H^+]$ و $[OH^-]$ في دم الشخص السليم الذي قيمة PH له = 7.40، مع افتراض أن درجة حرارة الدم هي 298 K.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت قيمة pH لمحلول ما، وعليك أن تحسب قيم $[H^+]$ و $[OH^-]$. يمكنك إيجاد $[H^+]$ باستعمال معادلة pH، ثم اطرح pH من 14.00 للحصول على قيمة pOH، ثم استعمل المعادلة التي تعرّف pOH لإيجاد $[OH^-]$.

المعطيات	المطلوب
pH = 7.40	$[H^+]$ = ? mol/L $[OH^-]$ = ? mol/L

2 حساب المطلوب

لإيجاد قيمة $[H^+]$

اكتب معادلة pH	$pH = -\log [H^+]$
	$-pH = \log [H^+]$
	$[H^+] = 10^{-pH}$
عوّض pH = 7.40	$[H^+] = 10^{-7.40}$
	$[H^+] = 4.0 \times 10^{-8}$ M

تركيز أيونات H^+ في الدم 4.0×10^{-8}M.

أوجد قيمة: $[OH^-]$.

اكتب المعادلة التي تبين العلاقة بين pH و pOH	$pH + pOH = 14.00$
أوجد قيمة: pOH	$pOH = 14.00 - pH$
عوّض pH = 7.40	$pOH = 14.00 - 7.40 = 6.60$
اكتب معادلة: pOH	$pOH = -\log [OH^-]$
اضرب طرفي المعادلة في −1	$-pOH = \log [OH^-]$
	$[OH^-] = 10^{-6.60}$
	$[OH^-] = 2.5 \times 10^{-7}$M

تركيز أيونات OH^- في الدم 2.5×10^{-7}M.

3 تقويم الإجابة

وجد أن قيمة $[H^+]$ أقل من 10^{-7} وأن قيمة $[OH^-]$ أكبر من 10^{-7}، وهما إجابتان مقبولتان.

مسائل تدريبية

29. احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في كل من المحاليل الآتية:

a . الحليب، pH = 6.50

b . عصير الليمون، pH = 2.37

c . حليب المغنسيا، pH = 10.50

d . الأمونيا المنزلية، pH = 11.90

30. تحفيز احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في عينة من ماء البحر، حيث pOH = 5.60.

183

مثال في الصف

سؤال إذا وجد أنّ pH لشراب مرطّب عند 298 K يساوي 3.08؛ فما قيمة $[H^+]$ و $[OH^-]$ في الشراب المرطّب؟

الإجابة

$[H^+] = (10^{-3.08}) = 8.3 \times 10^{-4}$ M

$pOH = 14.00 - 3.08 = 10.92$

$[OH^-] = (10^{-10.92}) = 1.2 \times 10^{-11}$ M

مسائل تدريبية

29.a $[H^+] = 3.2 \times 10^{-7}$ M

$[OH^-] = 3.2 \times 10^{-8}$ M

b. $[H^+] = 4.3 \times 10^{-3}$ M

$[OH^-] = 2.3 \times 10^{-12}$ M

c. $[H^+] = 3.2 \times 10^{-11}$ M

$[OH^-] = 3.2 \times 10^{-4}$ M

d. $[H^+] = 1.26 \times 10^{-12}$ M

$[OH^-] = 7.94 \times 10^{-3}$ M

30. $[OH^-] = 2.5 \times 10^{-6}$ M

$[H^+] = 4.0 \times 10^{-9}$ M

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى لتعزيز فكرة أنّ تركيز السائل أو الصلب مقدار ثابت عمليًّا، تابع الطلاب في أثناء حسابهم التركيز المولاريّ للماء السائل عند 40°C، $1000\ mL\ H_2O/1\ L\ H_2O \times 1.00\ g\ H_2O/1\ mL\ H_2O \times 1\ mol\ H_2O/18.0\ g\ H_2O = 55.6\ mol/L$. وأشر إلى أنّه ما لم تتغيّر كثافة الماء نتيجة التغيّر في درجة الحرارة، فإنّه يمكن أن تُعدّ القيمة 55.6 mol / L مقدارًا ثابتًا بالنسبة لتركيز الماء. د م

■ **إجابة سؤال الشكل 17–5**

$[H^+] = 0.1\ M$

$[OH^-] = 0.1\ M$

التوسُّع

الكواشف الطبيعيّة اطلب إلى الطلاب المهتمين استقصاء الكواشف الطبيعيّة الموجودة في أوراق النباتات والخضروات الملونة مثل الملفوف الأحمر. واطلب إليهم غلْي أوراق نباتات مختلفة؛ لاستخلاص الأصباغ منها، ثم أضف كميات قليلة من المحاليل الناتجة إلى محاليل معروفة الـ pH، واطلب إليهم أن يعملوا جداول لألوان pH للأصباغ المستخلصة، وأن يشاركوا طلاب الصف في نتائجهم. **ف م**

ماذا قرأت؟ لا يتأيّن الحمض الضعيف كليًّا؛ لذا لا يساوي عدد مولات الحمض المذابة في لتر من المحلول تركيز $[H^+]$.

الرياضيات في الكيمياء

ساعد الطلاب في استعمال الأعداد المقابلة للوغارتمات على آلاتهم الحاسبة لحساب $[H^+]$ من pH و $[OH^-]$ من pOH. ولحساب $[H^+]$ من pH اتّبع الخطوات الآتية:

1. أدخل قيمة pH في الحاسبة.
2. غيّر إشارة pH بالضغط على مفتاح [–/ +].
3. خذ مقابل log (عكس log) لسالب pH، بالضغط على المفتاح (x 10)، أو على المفتاح [inv]، ثم [log]. يمكن استعمال الخطوات الثلاث نفسها لحساب $[OH^-]$ من pOH. **ض م**

الشكل 17-5 يرشدك الملصق على دورق الحمض القوي أو القاعدة القوية إلى تركيز أيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد في المحلول. ويعود السبب في ذلك إلى وجود الأحماض والقواعد القوية كليًّا على شكل أيونات عند إذابتها في الماء.

حدد $[H^+]$ في دورق HCl و $[OH^-]$ في دورق NaOH.

المولارية والرقم الهيدروجيني pH للقواعد القوية وبطريقة مماثلة، يكون محلول القاعدة القوية NaOH ذو التركيز 0.1 M الظاهر في **الشكل 17–5** متأينًا كليًّا.

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

تنتج كل وحدة صيغة من NaOH أيون OH^- واحدًا. وهكذا يساوي تركيز أيونات OH^- مولارية المحلول، 0.1 M.

قد تحتوي بعض القواعد القوية ومنها هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ على أيوني OH^- أو أكثر في كل وحدة صيغة. لذا يكون تركيز أيون OH^- في محلول $Ca(OH)_2$ ضعف مولارية المركب الأيوني. فمثلاً تركيز أيونات الهيدروكسيد في محلول $Ca(OH)_2$ تركيزه $7.5 \times 10^{-4}\ M$ هو: $7.5 \times 10^{-4}\ M \times 2 = 1.5 \times 10^{-3}\ M$

إن الأحماض القوية والقواعد القوية تتأين كليًّا في المحاليل المائية المخففة، والأحماض والقواعد الضعيفة تتأين جزئيًّا فقط. لذا عليك أن تستعمل قيم K_a و K_b لتحديد تراكيز أيونات H^+ و OH^- في محاليل الأحماض والقواعد الضعيفة.

ماذا قرأت؟ اشرح لماذا لا تستطيع أن تحصل على H^+ مباشرة من مولارية محلول حمض ضعيف؟

حساب K_a من الرقم الهيدروجيني pH افترض أنك قمت بقياس قيمة pH لمحلول الحمض الضعيف HF الذي تركيزه 0.100 M فوجدته 3.20 فهل تكفي هذه المعلومات لحساب قيمة K_a للحمض HF؟

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

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

يمكنك أن تحسب $[H^+]$ من خلال معرفة قيمة pH. وتذكر أنه يجب أن يكون هناك تركيز مساوٍ من أيون F^- مقابل كل mol/L من أيون H^+. وهذا يعني أنك تعرف اثنين من المتغيرات في قانون K_a. فإذا عن المتغير الثالث [HF]؟ تركيز HF عند الاتزان يساوي التركيز الابتدائي للحمض (0.100 M) مطروحًا منه mol/L من HF التي تحللت، والتي تساوي $[H^+]$.

184

مشروع الكيمياء

الشامبو المتعادل من المحتمل أن يكون الطلاب قد سمعوا بمصطلح "متعادل الـ pH" في الإعلانات عن أنواع الشامبو المختلفة. اطلب إليهم أن يحضروا عينات من أنواع الشامبو التي يستعملونها، ويعدّوا طريقة لاختبار الـ pH لهذه المنتجات. فمثلاً، يمكنهم غمس قطعة منفصلة من ورق pH في عيِّنة من كل شامبو، وتسجيل قيمة pH للعيِّنة، ثم اطلب إليهم أن يعدّوا قائمة بالمكونات في كلٍّ أنواع الشامبو. وتحدَّهم أن يكتشفوا المكوّنات التي تساعد في الوصول إلى الـ pH المناسبة. **ض م** **تعلم تعاوني**

احسب K_a من pH يستعمل حمض الميثانويك (الفورميك) HCOOH لمعالجة عُصارة أشجار المطاط وتحويلها إلى مطاط طبيعي. فإذا كانت قيمة pH لمحلول حمض الميثانويك الذي تركيزه 0.100 M هي 2.38، فما قيمة K_a للحمض؟

1 تحليل المسألة

لديك pH محلول حمض الميثانويك، وهذا يمكّنك من حساب تركيز أيون الهيدروجين.

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

تدل المعادلة الكيميائية الموزونة على أن تركيز $HCOO^-$ يساوي تركيز H^+.

تركيز HCOOH غير المتأين هو الفرق بين التركيز الأولي للحمض و$[H^+]$.

المعطيات	المطلوب
pH = 2.38	K_a = ؟
تركيز المحلول = 0.100 M	

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة pH

$$pH = -\log [H^+]$$

عوّض pH = 2.38

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

$$[H^+] = 10^{-2.38}$$

$$[H^+] = 4.2 \times 10^{-3} M$$

$$[HCOO^-] = [H^+] = 4.2 \times 10^{-3} M$$

[HCOOH] يساوي التركيز الأولي ناقص $[H^+]$

اطرح $[H^+]$ من [HCOOH]

$$[HCOOH] = 0.100 M - 4.2 \times 10^{-3} M = 0.096 M$$

اكتب قانون ثابت تأين الحمض.

$$K_a = \frac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$$

عوض عن $[H^+] = 4.2 \times 10^{-3} M$ و $[HCOO^-] = 4.2 \times 10^{-3} M$, و $[HCOOH] = 0.096 M$.

$$K_a = \frac{(4.2 \times 10^{-3})(4.2 \times 10^{-3})}{0.096} = 1.8 \times 10^{-4}$$

ثابت تأين الحمض HCOOH هو 1.8×10^{-4}

3 تقويم الإجابة قيمة K_a معقولة لحمض ضعيف.

مسائل تدريبية

31. احسب K_a للحمضين الآتيين:

a . محلول H_3AsO_4 تركيزه 0.220 M و pH = 1.50

b . محلول $HClO_2$ تركيزه 0.0400 M و pH = 1.80

32. احسب K_a للأحماض الآتية:

a . محلول حمض البنزويك C_6H_5COOH، تركيزه 0.00330 M و pOH = 10.70

b . محلول حمض السيانيك HCNO ، تركيزه 0.100 M و pOH = 11.00

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

33. تحفيز احسب K_a لمحلول حمض HX الذي تركيزه 0.0091 M، وله pOH يساوي 11.32، ثم استعمل الجدول **4–5** لتحديد نوع الحمض.

185

مثال في الصف

سؤال قيمة pH لمحلول من حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ تركيزه 0.150 M عند 298 K، تساوي 1.16. فما قيمة Ka لحمض $H_2C_2O_4$ عند 298 K؟

الإجابة

$$H2C2O4 \rightleftharpoons H+ + H2C2O_4\hat{}-$$

$$[H^+] = 10^{-1.16} = 6.9 \times 10^{-2} M$$

$$[H2C2O4] = 0.150\ M - 6.9 \times 10-2M = 0.081M$$

$$K_a = \frac{(6.9 \times 10^{-2})^2}{0.081} = 5.9 \times 10^{-2}$$

مسائل تدريبية

31. $K_a = 5.4 \times 10^{-3}$ .a

$K_a = 1.1 \times 10^{-2}$ .b

32. $K_a = 8.9 \times 10^{-5}$ .a

$K_a = 1.0 \times 10^{-5}$ .b

$K_a = 1.5 \times 10^{-5}$ .c

33. $K_a = 6.3 \times 10^{-4}$

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى تحدّ الطلاب المتفوقين أن يستعملوا المعادلة التربيعيّة لحساب pH لمحلول حمض الهيبوبروموز HBrO، الذي تركيزه 0.100M عند 298 K. حيث إن قيمة K_a للحمض عند 298 K هو 2.06×10^{-9}.

	$HBrO_{(aq)}$	$BrO^-_{(aq)}$	+	$H^+_{(aq)}$
الأولي M	0.100	10^{-7}		0.0
عند الاتزان M	0.100 − x	x + 10^{-7}		x

عوّض تراكيز الاتزان لكلٍّ من HBrO، H^+، و BrO^- في تعبير ثابت تأيّن الحمض.

$$2.06 \times 10^{-9} = \frac{(x + 10^{-7})x}{0.100 - x} = \frac{x^2 + 10^{-7}x}{0.100 - x}$$

$$x^2 + (1.02 \times 10^{-7})x - 2.06 \times 10^{-10} = 0$$

$$x = -1.02 \times 10^{-7} \pm \sqrt{\frac{(1.02 \times 10^{-7})^2 - 4(-2.06 \times 10^{-10})}{2}}$$

$$= 1.43 \times 10^{-5}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log((1.43 \times 10^{-5}) + 10^{-7}) = -\log(1.44 \times 10^{-5}) = 4.842$$

ف م

3. التقويم

التحقُّق من الفهم

دع الطلاب يقارنوا بين $[H^+]$ ، وحمضيّة ثلاثة محاليل: المحلول الأول قيمة pH له = 6.00، والثاني قيمة pH له = 3.00، والثالث قيمة pH له = 1.00. المحلول الأول هو الأقلّ حمضيّة، حيث قيمة $[H^+] = 1 \times 10^{-6}\ M$، والمحلول الثاني أكثر حمضيَّةً من الأول 1000 مرة، حيث قيمة $[H^+] = 1 \times 10^{-3}\ M$. أمّا المحلول الثالث، فأكثر حمضيّة مئة مرةٍ من المحلول الثاني، حيث قيمة $[H^+] = 1 \times 10^{-1}\ M$. ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب أن يستعملوا العلاقة بين pH و pOH، وثابت التأيُّن للماء؛ لحساب $[OH^-]$ في محلول قيمة pH له = 2.5.

$[OH^-] = 3.16 \times 10^{-12}$ ض م

التوسُّع

ذكّر الطلاب بأنَّه يمكن أن تكون قيمة pH للمحاليل أقلّ من صفر وأكبر من 14، واطلب إليهم أن يحسبوا pH لمحلول HCl بتركيز 1.5M. $pH = -0.18$ ض م

التقويم

المعرفة اسأل الطلاب؛ لماذا صمّم تدريج الـ pH من 1 إلى 14، على أن تمثّل القيمة 7 نقطة التعادل؟ لأنّ تركيز كلٍّ من أيون الهيدروجين، وأيون الهيدروكسيد في التأيّن الذاتيّ للماء $2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ يساوي 7 عند درجة حرارة 25°C. ض م

التقويم 3–5

34. مجموع pH و pOH يساوي 14.00، فإذا كان المحلول حمضيًّا، تكون قيمة pH أقلّ من 7.00، وبالتالي ستكون قيمة pOH أكبر من 7.00.

35. اطرح pOH من 14.00.

36. إذا عرف تركيز أحد الأيونات؛ يمكن حساب تركيز الآخر باستعمال تعبير K_w.

37. الزيادة في أيونات OH^- من قطرة NaOH تدفع التأيّن الذاتي للماء إلى اليسار وتزيد كميّة جزيئات الماء غير المفكّكة. $[OH^-]$ يزداد، أمّا $[H^+]$ فينقص.

38. pH أو تركيز H^+ والتركيز الأولي للحمض.

39. $[H^+] = 3.2 \times 10^{-5} M$، $[OH^-] = 3.2 \times 10^{-10}\ M$

40. pH= 5.00

41. a. $pH = 0.00$ b. $pH = 1.30$ c. $pH = 14.00$ d. $pH = 9.68$

42. عندما يصبح المحلول أكثر حمضيَّة؛ يزداد $[H^+]$ من 10^{-7} إلى 1 وينقص $[OH^-]$ من 10^{-7} إلى 10^{-14}، ويتغيّر pH من 7 إلى صفر، ويتغيّر pOH من 7 إلى 14. وعندما يتحوّل محلول متعادل إلى محلول أكثر قاعديّة، فهذا يعني نقصان $[H^+]$ من 10^{-7} إلى 10^{-14}، وزيادة $[OH^-]$ من 10^{-7} إلى 1، وتغيّر الـ pH من 7 إلى 14، وتغيّر الـ pOH من 7 إلى صفر.

الشكل 5-18 يمكن الحصول على قيمة pH تقريبية للمحلول بوضع قطعة من ورق تباع الشمس الأحمر بالمحلول، ومقارنة لونها بمجموعة من الألوان المعيارية، كما هو مبين في الصورة a. أما مقياس الحموضة الرقمي والموضح في الصورة b فيستعمل هنا لقياس pH لمطر حمضي؛ إذ يعطي قياسًا أدق من استعمال ورق تباع الشمس.

قياس الرقم الهيدروجيني pH يعد ورق تبّاع الشمس الذي استعملته في التجربة الاستهلالية مثالاً على نوع من أوراق كاشف الحموضة؛ فكل هذه الأوراق معالجة بمادة أو أكثر تسمى الكواشف؛ حيث يتغير لونها اعتمادًا على تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول. ويعد الفينولفثالين الذي استعملته في التجربة الاستهلالية أيضًا نوعًا من الكواشف. وعند غمس ورقة كاشف pH في محلول حمضي أو قاعدي يتغير لونها، ثم نقوم بمقارنة اللون الجديد للورقة بألوان كاشف pH المعياري الموجود على ورقة مدرّجة، كما هو مبين في **الشكل 18–5**. ويعطي مقياس pH الرقمي الموضح في **الشكل 18–5** قيمة الرقم الهيدروجيني بصورة أكثر دقة؛ فعندما توضع الأقطاب في المحلول يعطي المقياس قراءة مباشرة.

التقويم 5-3

الخلاصة

- ثابت تأين الماء K_w يساوي حاصل ضرب تركيز أيون H^+ وتركيز أيون OH^-
- pH المحلول هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين. وpOH هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروكسيد. ومجموع pH و pOH يساوي 14.
- قيمة pH للمحلول المتعادل تساوي 7.0، وقيمة pOH في المحلول نفسه تساوي 7.0؛ لأن تركيز أيونات الهيدروجين يساوي تركيز أيونات الهيدروكسيد.

34. الفكرة الرئيسة **اشرح** لماذا تكون قيمة pH للمحلول الحمضي دائمًا أصغر من قيمة pOH للمحلول نفسه؟

35. صف كيف يمكنك تحديد قيمة pH لمحلول ما إذا علمت قيمة pOH للمحلول نفسه؟

36. اشرح معنى K_w في المحاليل المائية.

37. اشرح –مستعملاً مبدأ لوتشاتلييه– ما يحدث لـ $[H^+]$ في محلول حمض الإيثانويك الذي تركيزه 0.10M عند إضافة قطرة من محلول NaOH .

38. اكتب قائمة بالمعلومات اللازمة لحساب K_a لحمض ضعيف.

39. احسب إذا علمت أن قيمة pH لحبة طماطم تساوي 4.50 تقريبًا، فما $[H^+]$ و $[OH^-]$ فيها؟

40. حدد قيمة pH لمحلول يحتوي على 1.0×10^{-9} mol من أيونات OH^- لكل L.

41. احسب قيمة pH في المحاليل الآتية:

a. 1.0 M HI b. 0.050 M HNO_3

c. 1.0 M KOH d. 2.4×10^{-5} M $Mg(OH)_2$

42. تفسير الرسوم ارجع إلى **الشكل 15–5** للإجابة عن السؤالين الآتيين: ماذا يحدث لكل من $[H^+]$ و $[OH^-]$ و pH و pOH عندما يصبح المحلول المتعادل أكثر حمضية؟ وماذا يحدث عندما يصبح المحلول المتعادل أكثر قاعدية؟

186

الأهداف

- **تكتب** معادلات كيميائية لتفاعلات التعادل.
- **تشرح** كيفية استعمال تفاعلات التعادل في معايرة الأحماض والقواعد.
- **تقارن** بين خواص المحاليل المنظمة والمحاليل غير المنظمة.

مراجعة المفردات

الحسابات الكيميائية: دراسة العلاقات الكميّة بين كميات المواد المتفاعلة المستهلكة والنواتج المتكونة في التفاعل الكيميائي؛ بالاعتماد على قانون حفظ الكتلة.

المفردات الجديدة

تفاعل التعادل
الملح
المعايرة
المحلول القياسي
نقطة التكافؤ
كاشف الحمض والقاعدة
نقطة النهاية
تميّه الأملاح
المحلول المنظم
سعة المحلول المنظم

التعادل Neutralization

الفكرة الرئيسة يتفاعل الحمض مع القاعدة في تفاعل التعادل لينتجا ملحًا وماء.

الربط مع الحياة عندما يقدّم فريقان متناظران حُجَجًا مقنعة تجد نفسك متحيرًا بين الرأيين، لذا يكون رأيك محايدًا أو متعادلاً؛ إذ تتساوى وجهتا النظر عندك. وبطريقة مماثلة يكون المحلول متعادلاً عندما تتساوى أعداد أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد في المحلول.

التفاعلات بين الأحماض والقواعد
Reactions Between Acids and Bases

هل أحسست يومًا بسوء هضم أو حرقة في فم المعدة؟ هل تناولت أحد مضادات الحموضة كالتي تظهر في الشكل 19–5 لتخفف من حالة عدم الارتياح تلك؟ ما نوع التفاعل الذي يحدث عندما يلامس هيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$ –وهو المركب النشط في حليب الماغنسيا– محلولَ حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي تنتجه المعدة؟

عندما يتفاعل $Mg(OH)_2$ مع حمض HCl يحدث تفاعل تعادل. **وتفاعل التعادل** تفاعل محلول حمض مع محلول قاعدة ينتج ملحًا وماءً. **والملح** مركب أيوني يتكون من أيون موجب من قاعدة وأيون سالب من حمض، لذا يكون تفاعل التعادل إحلالاً مزدوجًا.

كتابة معادلات التعادل في التفاعل بين هيدروكسيد الماغنسيوم وحمض الهيدروكلوريك يحل الماغنسيوم محل الهيدروجين في HCl، ويحل الهيدروجين محل الماغنسيوم في $Mg(OH)_2$.

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

ماء + ملح ← حمض + قاعدة

لاحظ أن الأيون الموجب من القاعدة يتحد بالأيون السالب من الحمض Cl^- في الملح $MgCl_2$. وعند كتابة معادلات التعادل عليك أن تعرف ما إذا كانت جميع المواد المتفاعلة والنواتج في المحلول تكون في صورة جزيئات أو وحدات صيغ. تفحص مثلاً معادلة الصيغ والمعادلة الأيونية الكاملة للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم الآتية:

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

الشكل 19-5 يمكن لأي جرعة من هذه المواد المضادة للحموضة أن تخفف من أعراض سوء الهضم الحمضي؛ وذلك بتفاعلها مع المحلول الحمضي في المعدة ومعادلته.

5–4

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (18) الواردة في مصادر التعلم للفصول (5–1)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: **د م**

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

تعادل الحمض والقاعدة اطلب إلى الطلاب أن يتطوّع أحدهم؛ ليكتب المعادلة الجزيئيّة لتفاعل الإحلال المزدوج بين حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم على السبورة.

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

واسأل: ما نوع المركّب الذي تمثّله كلُّ صيغة؟ واكتب الإجابات تحت الصيغ في المعادلة الجزيئيّة. ماء + ملح ← قاعدة + حمض

ثم اسأل: ما نوع المحلول الناتج عندما يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أيّ هيدروكسيد بكميّات متكافئة؟ ينتج محلول ملحيّ متعادل. وأشر إلى أن مثل هذه التفاعلات تسمى تفاعلات التعادل. **ض م**

2. التدريس

تطوير المفهوم

الأحماض القويّة والضعيفة بيّن للطلاب أنّه نظرًا لتأيُّن الحمض الضعيف جزئيًّا فقط في المحلول المائي فقط؛ فإنّ المعادلة الأيونيّة الكليّة لتفاعل التعادل بين حمض ضعيف وقاعدة قويّة، تختلف عن المعادلة الأيونيّة الكليّة لتفاعل حمض قويٍّ مع قاعدة قويّة. فمثلاً، المعادلة الأيونيّة الكليّة للتفاعل بين محلولي HClO و NaOH في الماء هي:

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

في حين أنّ المعادلة الأيونيّة الكليّة للتفاعل بين محلولَي HCl و NaOH في الماء هي:

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

مشروع الكيمياء

مضادّات الحموضة دع الطلاب يتفحّصوا بعض المُلصقات على عبوات بضعة أنواع من مضادّات الحموضة، ويحدّدوا الموادّ التي تعادل الأحماض، ودعهم يستقصوا الأخطار المحتملة، والآثار الجانبيّة لأخذ هذه المنتجات. وأثر مضادّات الحموضة في تقليل أحماض المعدة. **ض م**

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلاب المهتمِّين أن يصمِّموا تجربة؛ لاختبار فعاليّة مضادّات حموضة متنوّعة، يمكن شراؤها دون وصفةٍ طبيَّة، وبعد موافقتك على خطوات عملهم، اسمح لهم باجراء التجارب في المختبر. ض م

ماذا قرأت؟

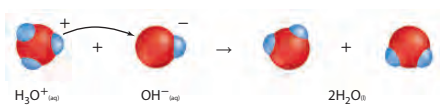
$HNO_{3(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$;

$H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow$

$K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

احذف الأيونات المشتركة

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



الشكل 5-20 يتفاعل أيون الهيدروجين من أيون الهيدرونيوم إلى أيون الهيدروكسيد. وعندما يخسر H_3O^+ أيون هيدروجين يصبح جزيء ماء. وعندما يكسب OH^- أيون هيدروجين يصبح أيضًا جزيء ماء.

لأن HCl حمض قوي، و NaOH قاعدة قوية، و NaCl ملح قابل للذوبان، لذا تكون المركبات الثلاثة في صورة أيونات في المحلول المائي.

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

تظهر أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد على جانبي المعادلة، لذا تسمى أيونات مشاهدة ؛ أي لا تدخل في التفاعل، ويمكن حذفها للحصول على المعادلة الأيونية النهائية لمعادلة حمض قوي مع قاعدة قوية.

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

لاحظ تفاعل التعادل في **الشكل 20–5**.

ماذا قرأت؟ اكتب المعادلة الأيونية الكاملة، والمعادلة الأيونية النهائية لتعادل حمض HNO_3 مع القاعدة KOH.

معايرة الأحماض والقواعد تتشابه الحسابات الكيميائية لحساب الكميات في تفاعل التعادل بين حمض وقاعدة مع أي تفاعل آخر يحدث في محلول. ففي تفاعل مضاد الحموضة الآتي، نجد أن 1mol $Mg(OH)_2$ يعادل 2 mol HCl.

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

وتبين الحسابات الكيميائية أساس طريقة المعايرة، والتي تستعمل لتحديد تراكيز المحاليل الحمضية والقاعدية. **فالمعايرة** طريقة لتحديد تركيز محلول ما؛ وذلك بتفاعل حجم معلوم منه مع محلول تركيزه معلوم. فإذا أردت إيجاد تركيز محلول حمضي فسوف تعايره مع محلول قاعدي تركيزه معلوم. كما يمكنك معايرة قاعدة تركيزها غير معلوم مع حمض تركيزه معلوم. كيف تتم معايرة حمض وقاعدة؟ يبين **الشكل 21–5** نوعًا من المعدات المستخدمة في عملية المعايرة. ويستعمل في هذه الطريقة مقياس pH لمراقبة التغيّر في قيم pH في أثناء عملية المعايرة.

الشكل 21-5 عند معايرة حمض مع قاعدة يستعمل مقياس pH لقياس pH للمحلول الحمضي في الكأس. في حين تتم إضافة محلول قاعدي معروف التركيز بالسّحاحة.

دفتر الكيمياء

ما الذي يحدث للهيدروجين؟

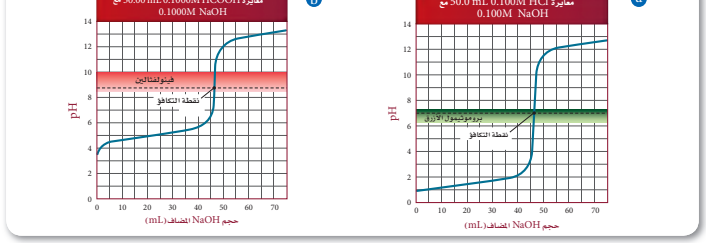
دع الطلاب يكتبوا مقالات إبداعيَّة، تصف ما يحدث لذرَّة هيدروجين موجودة في جزيء كلوريد الهيدروجين، عندما يذوب الجزيء في الماء وينتج حمض الهيدروكلوريك، ثم معادلته بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائِيّ. ض م

تطبيقات في الكيمياء

مضادّات الحموضة أشر إلى أن الذوبانيّة المنخفضة لكلٍّ من هيدروكسيد الألومنيوم، وهيدروكسيد الماغنسيوم تجعلهما مناسبين بوصفهما مضادَّين للحموضة. لو كانت ذوبانيتهما عالية فإنّ التراكيز العالية لأيونات الهيدروكسيد الناتجة عند ذوبانهما ستؤذي أنسجة الفم والمريء والمعدة.

■ **إجابة سؤال الشكل 22–5** تكون نقطة التكافؤ في الشكل a هي7؛ أمّا في الشكل b فتكون نقطة التكافؤ هي 8.2.

إجابة سؤال الرسم البياني نقطتا التكافؤ مختلفتان؛ ففي الرسم البيانيّ لمعايرة الحمض القويّ بقاعدةٍ قويّةٍ، تكون قيمة pH للحمض القويِّ عند البداية هي 1.00، في حين تكون قيمة pH للحمض الضعيف هي 3.6، والجزء العموديُّ لمنحنى الحمض القويِّ مع القاعدة القويَّة أطول من الجزء العموديِّ لمعايرة الحمض الضعيف.



الشكل 22-5 يدل الارتفاع الحاد في قيمة pH للمحلول الحمضي عند معايرة حمض قوي بقاعدة قوية. كما هو مبين في الشكل **a**. على أن جميع أيونات H^+ في الحمض قد تمت معادلتها بواسطة أيونات OH^- من القاعدة. وتسمى النقطة التي ينثني عندها المنحنى عند تقاطعه مع الخط المنقط، نقطة التكافؤ للمعايرة. فيغير الكاشف بروموثيمول الأزرق لونه عند هذه النقطة. أما في الشكل **b** فتتم معايرة حمض ضعيف HCOOH بقاعدة قوية NaOH ولا تظهر نقطة التكافؤ عند pH = 7، فيغير الكاشف فينولفثالين لونه عند نقطة التكافؤ الموضحة في الشكل.

قارن بين نقطتي التكافؤ في الرسمين.

خطوات المعايرة كيف تتم معايرة حمض وقاعدة؟

1. يوضع حجم معين من المحلول الحمضي أو القاعدي غير المعروف التركيز في كأس زجاجية، ثم تغمس أقطاب مقياس pH في هذا المحلول، وتقرأ قيمتها الابتدائية للمحلول وتسجل.
2. تُملأ السحاحة بمحلول المعايرة المعلوم تركيزه. يسمى هذا المحلول **المحلول القياسي**.
3. تضاف أحجام معلومة من المحلول القياسي ببطء إلى المحلول الموجود في الكأس وتخلط معه. ثم تقرأ قيمة pH وتسجل بعد كل إضافة. تستمر هذه العملية إلى أن يصل التفاعل إلى **نقطة التكافؤ**. وهي نقطة يتساوى عندها عدد مولات H^+ من الحمض مع عدد مولات OH^- من القاعدة.

يبين **الشكل 22–5a** كيف تتغير قيمة pH للمحلول في أثناء معايرة 50.0 mL HCl الذي تركيزه 0.100 M ، وهو حمض قوي، مع القاعدة القوية NaOH ذات التركيز 0.100 M؛ حيث كانت قيمة pH الأولية لـ HCl تساوي 1.00. وفي أثناء إضافة NaOH يتعادل الحمض، وتزداد قيمة pH المحلول تدريجيًا. إلاّ أنه عندما تُستهلك أيونات H^+ جميعها تزداد قيمة pH على نحو كبير عند إضافة حجم صغير جدًّا من NaOH. وتحدث هذه الزيادة الحادة في قيمة pH عند نقطة تكافؤ المعايرة. إن إضافة المزيد من NaOH بعد نقطة التكافؤ ينجم عنه زيادة تدريجية مرة أخرى في pH.

لعلك تعتقد أنه يجب أن تكون نقطة التكافؤ في عمليات المعايرة جميعها عندما تكون قيمة pH تساوي 7؛ لأنه عند هذه النقطة تتساوى تراكيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد، فيصبح المحلول متعادلاً. ولكن هذا غير صحيح، فبعض المعايرات لها نقاط تكافؤ عند قيم pH أقل من 7، وبعضها له نقاط تكافؤ أكبر من 7. وتحدث هذه الاختلافات لأن هناك تفاعلات بين الأملاح التي تكونت والماء، كما ستتعلم ذلك لاحقًا.

يبين **الشكل 22–5b** أن نقطة التكافؤ في معايرة حمض الميثانويك ـ وهو حمض ضعيف ـ بهيدروكسيد الصوديوم ـ وهي قاعدة قوية ـ تقع بين pH 8 و 9.

اختبار الرسم البياني حدد اختلافين بين الرسمين البيانيين في **الشكل 22–5**.

189

التنوع الثقافي

في حالة الصداع اكتشف سكان أمريكا الأصليون أنّه يمكنهم تخفيف الألم بمضغ لحاء شجر الصفصاف. غير أن العلماء لم يتمكّنوا من عزل المادّة الفعالة في اللحاء، ومعرفة أنّها حمض الساليسيليك إلاّ في القرن التاسع عشر، ومع أنّ حمض الساليسيليك فعّال، إلاّ أنّ الكثير من الناس لا يطيقونه، وبعضهم لديهم رد فعل تحسّسي تجاه المركّب. ولحسن الحظّ أن كيميائيًّا ألمانيًّا (فيلكس هوفمان) كان يعمل لدى شركة باير في نهايات القرن التاسع عشر، اكتشف كيف يمكن أن يعدّل حمض الساليسيليك، ليجعله أقلّ حموضةً مع احتفاظه بفعاليّته، وكان المركّب الذي حضرّه في المختبر هو (حمض أستيل ساليسيليك)، وهو مضادّ للألم، وخافض للحرارة، ومضادّ للالتهاب، وقد تم تسويق حمض الأستيل ساليسيليك لأوّل مرةٍ في صورة مسحوق سُمّي "أسبرين" في رزم صغيرة أو كبسولات(عبوات) عام 1899م.

تطوير المفاهيم

المعايرة اشرح للطلاب أنّ المعايرة إحدى طرائق التحليل الحجميّ، وهي طريقة مخبريّة يمكن تطبيقها على تفاعلاتٍ أخرى غير تعادل الأحماض والقواعد. أشر إلى أنَّ كيميائيي البيئة مثلاً كثيرًا ما يحدّدون تركيز الأكسجين في المياه السطحيّة باستعمال المعايرة، حيث يكون محلول ثيوكبريتات الصوديوم مادّة المعايرة، ومحلول النّشا هو الكاشف.

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلاب أن يرسموا أجهزة للمعايرة، ويكتبوا أسماءها، وعمل كلِّ جزءٍ منها، وكذلك أسماء الموادّ بما فيها المادّة المعايرة، والمحلول المراد معايرته. ض م

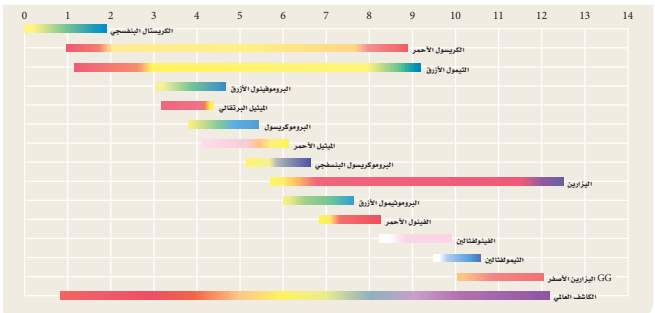
الخلفيّة النظريّة للمحتوى

الأصباغ يجب أن تكون الكواشف جزيئات قادرة على أن تسلك سلوك الأحماض والقواعد، ويجب أن تمتصَّ الضوء في الجزء المرئيِّ من الطَّيف الكهرومغناطيسيِّ. يحدِّد ترتيبُ الروابط المزدوجة في الجزيء لونَ الضوء الممتصّ، وعند خسارة الهيدروجين الحمضيّ أو اكتسابه يتغيّر الترتيب قليلاً، ممّا يؤدِّي إلى تغيير لون الجزيء، وتُسمى الجزيئات التي تتغيّر ألوانها أصباغًا.

فاتحًا عند إضافة عصير الليمون إليه؛ لأنه يحتوي على مادة كيميائية تعد من الكواشف. ومعظم الكواشف جزيئات كبيرة تعمل بوصفها أحماضًا ضعيفة. ويعود السبب في تغير ألوان الكواشف إلى اختلافات يسيرة في أنماط الروابط عندما يتأين جزيء الكاشف أو لا يتأين.

كواشف الأحماض والقواعد غالبًا ما يستعمل الكيميائيون أصباغًا كيميائية بدلاً من مقياس pH لتحري نقطة التكافؤ عند معايرة حمض وقاعدة. وتسمى الأصباغ الكيميائية التي تتأثر ألوانها بالمحاليل الحمضية والقاعدية **كواشف الأحماض والقواعد**. وهناك العديد من المواد الطبيعية التي تعمل عمل الكواشف، فإذا أضفت عصير الليمون إلى الشاي فسوف تلاحظ أن اللون الأحمر للشاي أصبح فاتحًا، كما في **الشكل 23–5**؛ إذ يحتوي الشاي على مواد تسمى بوليفينولات polyphenols، تحتوي على ذرات متأينة جزئيًّا من الهيدروجين، لذا فهي أحماض ضعيفة. وعند إضافة الحمض الموجود في عصير الليمون إلى كوب شاي يقل تأين الحمض في الشاي بحسب مبدأ لوتشاتلييه، فيصبح لون البوليفينولات غير المتأينة أكثر وضوحًا، ويظهر **الشكل 24–5** العديد من الكواشف التي يستعملها الكيميائيون. إن أزرق بروموثيمول كاشف مناسب عند معايرة حمض قوي بقاعدة قوية. أما الفينولفثالين فيغير لونه عند نقطة التكافؤ عند معايرة حمض ضعيف بقاعدة قوية، كما هو مبين في **الشكل 22–5**.

الشكل 24-5 إن عملية اختيار الكاشف الصحيح مهمة جدًّا؛ إذ يجب أن يغير الكاشف لونه عند نقطة التكافؤ التي لا تكون دائمًا عند pH = 7.



190

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى الطلاب أن يتفحّصوا خطّ الثيمول الأزرق في **الشكل 24–5**، واطلب إليهم أن يحدِّدوا إذا كان من الأفضل أن يُستعمَل كاشف الثايمول الأزرق في معايرة حمض قويٍّ مع قاعدةٍ قويّة، أو حمض قويٍّ مع قاعدةٍ ضعيفة، أو حمض ضعيفٍ مع قاعدةٍ قويّة. إنَّ تغيّر اللون عند pH= 2 منخفضٌ جدًّا لتحديد ناتج التعادل. كما أنَّ التغيُّر عند pH= 8.9 يمكن استعماله في معايرة حمضٍ ضعيفٍ، وقاعدةٍ قويّة. د م

التوسُّع

الرسم البيانيُّ للمعايرة استخدم السبورة أو عارض الصور؛ لبيان منحنى pH مقابل حجم الحمض؛ لمعايرة حمض متعدّد البروتونات مع هيدروكسيد الصوديوم، وتُعدُّ كتب الكيمياء الجامعيَّة مصدرًا جيِّدًا للحصول على الرسوم البيانيّة لمثل منحنى المعايرة السابق. وأرشد الطلاب في أثناء كتابتهم لمعادلة تفاعل التعادل الذي يحصل عند كلِّ تغيُّر حادٍّ في المنحنى. فمثلاً، معادلة التفاعل الذي يحدث في أثناء التغيّر الحادّ الأول عند معايرة H_3PO_4 مع NaOH هو:

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

وأمّا التفاعل في التغيّر الثاني فهو:

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

في حين أنّ التفاعل في أثناء التغيّر الثالث هو:

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

مختبر الكيمياء يمكن استعمال مختبر الكيمياء الموجود في نهاية هذا الفصل عند هذه المرحلة من الدرس.

تحتوي السحاحة على المحلول القياسي 0.1 M NaOH ويحتوي الدورق المخروطي على 25.00 mL من محلول HCOOH مع قطرات من كاشف الفينولفثالين.

يضاف المحلول القياسي ببطء إلى محلول الحمض. ويتحول الفينولفثالين إلى اللون الوردي، ولكن يختفي اللون عند تحريك المحلول إلى أن يصل إلى نقطة النهاية.

تكون نقطة نهاية المعايرة عندما يصبح اللون ورديًا فاتحًا. تبين القراءة الدقيقة للسحاحة أن 18.28 mL NaOH الذي تركيزه 0.1000 M قد تمت إضافته.

الكواشف ونقطة نهاية المعايرة يعد الكثير من الكواشف المستعملة في المعايرة أحماضًا ضعيفة، لكل منها قيمة pH خاصة به، أو مدى pH يتغير لونه بعده. وتسمى النقطة التي يتغير لون الكاشف عندها **نقطة نهاية** المعايرة. أما نقطة التكافؤ فهي النقطة التي يتساوى عندها عدد مولات الحمض مع عدد مولات القاعدة، وتسمى نقطة التكافؤ بنقطة التعادل في حالة تفاعل الأحماض والقواعد القوية. لذا من المهم اختيار كاشف للمعايرة يغير لونه عند نقطة تكافؤ المعايرة الصحيحة. تذكر أن دور الكاشف أن يبين لك بدقة – عن طريق تغير لونه – أنه قد تمت إضافة كمية كافية من المحلول القياسي لتعادل المحلول المجهول. يصف **الشكل 25–5** طريقة معايرة محلول مجهول التركيز من حمض الميثانويك HCOOH مع محلول NaOH تركيزه 0.1000 M.

الشكل 25-5 المعايرة طريقة دقيقة تحتاج إلى تدريب وممارسة. تعمل الورقة البيضاء الموضوعة تحت الدورق على توفير خلفية مناسبة تساعد على رؤية التغير في لون الكاشف.

استراتيجية حل المسائل

حساب المولارية

تعد المعادلة الموزونة لتفاعلات المعايرة المفتاح الرئيس لحساب المولارية المجهولة. فمثلاً تتم معايرة حمض الكبريتيك بهيدروكسيد الصوديوم وفق المعادلة الآتية:

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

1. احسب عدد مولات NaOH في المحلول المعياري من بيانات المعايرة:
M_B : مولارية القاعدة؛ V_B : حجم القاعدة.
$M_B V_B = (mol/L)(L) = mol\ NaOH$ في المحلول القياسي
2. تستطيع أن تعرف من المعادلة أن نسبة مولات NaOH إلى H_2SO_4 هي 2:1، أي أنه يتطلب 2 mol NaOH لتعادل 1 mol H_2SO_4
$$mol\ H_2SO_4 = mol\ NaOH \times \frac{1\ mol\ H_2SO_4}{2\ mol\ NaOH}$$
3. تمثل M_A مولارية الحمض، بينما تمثل V_A حجم الحمض L.
$$M_A = \frac{mol\ H_2SO_4}{V_A}$$

طبق هذه الاستراتيجية عند دراستك للمثال 6–5 في الصفحة الآتية.

حساب المولارية من بيانات المعايرة نحتاج إلى محلول قياسي حجمه 18.28 mL من NaOH، وتركيزه 0.1000 M للتعادل مع 25.00 mL من محلول حمض الميثانويك HCOOH. احسب مولارية محلول حمض الميثانويك.

1 تحليل المسألة

لديك مولارية محلول NaOH وحجمه، ولديك كذلك حجم محلول حمض الميثانويك HCOOH.

حجم القاعدة المستعمله يساوي أربعة أخماس حجم الحمض تقريبًا. إذن تكون مولارية الحمض أقل من 0.1 M.

المعطيات		المطلوب
$V_A = 25.00\ mL$ HCOOH $V_B = 18.28\ mL$ NaOH	$M_B = 0.1000M$	$M_A = ?\ mol/L$

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل التعادل. $HCOOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow HCOONa_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

اكتب النسبة المولية للحمض والقاعدة. 1 mol HCOOH تعادل 1 mol NaOH

حوّل حجم القاعدة من mL إلى L. $V_B = 18.28\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 0.01828\ L$

لحساب عدد مولات NaOH.

طبّق العلاقة بين مولات القاعدة، ومولارية القاعدة، وحجم القاعدة. $Mol\ NaOH = M_B V_B$

عوض $M_B = 0.1000\ M$ و $V_B = 0.01828\ L$ $Mol\ NaOH = (0.1000\ mol/L)(0.01828\ L)$

لحساب مولات HCCOH. $= 1.828 \times 10^{-3}\ mol\ NaOH$

طبق العلاقة المولية بين NaOH و HCOOH $1.828 \times 10^{-3}\ mol\ NaOH \times \frac{1\ mol\ HCOOH}{1\ mol\ NaOH}$

لحساب مولارية HCOOH $= 1.828 \times 10^{-3}\ mol\ HCOOH$

استعمل العلاقة بين مولات الحمض، ومولارية الحمض، وحجم الحمض. $1.828 \times 10^{-3}\ mol\ HCOOH = M_A V_A$

أوجد قيمة M_A. $M_A = \frac{1.828 \times 10^{-3}\ mol\ HCOOH}{V_A}$

حول حجم الحمض من mL إلى L $V_A = 25.00\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 0.02500\ L\ HCOOH$

عوّض $V_A = 0.02500\ L$. $M_A = \frac{1.828 \times 10^{-3}\ mol\ HCOOH}{0.02500\ L\ HCOOH} = \mathbf{7.312 \times 10^{-2}\ mol/L}$

3 تقويم الإجابة

تتفق الإجابة مع توقع أن تكون مولارية HCOOH أقل من 0.1 M، كما أن الوحدة مناسبة.

مسائل تدريبية

43. ما مولارية محلول حمض النيتريك إذا لزم 43.33 mL KOH تركيزه 0.1000 M لمعادلة 20.00 mL من محلول حمض النيتريك؟

44. ما تركيز محلول الأمونيا المستعمل في مواد التنظيف المنزلي إذا لزم 49.90 mL HCl تركيزه 0.5900 M لمعادلة 25.00 mL من هذا المحلول؟

45. تحفيز كم mL من NaOH الذي تركيزه 0.500 M يمكن أن يتعادل مع 25.00 mL من H_3PO_4 تركيزه 0.100 M؟

مثال في الصف

سؤال: يتطلّب التعادل مع 25.00 mL من محلول حمض فوق الكلوريك ($HClO_4$) الذي تركيزه 0.1200 M حوالي 28.55 mL من محلول LiOH، فما مولاريّة محلول $HClO_4$؟

الإجابة

$$HClO_{4(aq)} + LiOH_{(aq)} \rightarrow LiClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$0.02855\ L\ LiOH \times \frac{0.1200\ mol\ LiOH}{L\ LiOH}$$

$$= 3.426 \times 10^{-3}\ mol\ LiOH$$

$$M_A = \frac{3.426 \times 10^{-3}\ mol\ HClO_4}{0.02500\ L\ HClO_4} = 1.370 \times 10^{-1} M$$

مسائل تدريبية

43. $M_{HNO_3} = 0.2167M$

44. $M_{NH_3} = 1.178M$

45. 5.0 mL NaOH

دفتر الكيمياء

قياس pH اطلب إلى الطلاب أن يستعملوا مقياس pH، أو كواشف الأحماض والقواعد؛ لاستقصاء الـ pH للتربة، والمطر، ومياه البرك أو البحيرات، أو مياه الجداول أو القنوات في أماكن محيطة بهم، واسألهم: هل يمكنهم أن يفسِّروا قيم pH التي يجدونها؟ واطلب إليهم أن يسجِّلوا نتائجهم وتفسيراتهم في دفاترهم. ض م

أضيفت بضع قطرات من محلول كاشف البروموثيمول الأزرق ـ انظر الشكل 26-5 إلى محاليل مائية من أملاح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl ونترات الصوديوم $NaNO_3$، وفلوريد البوتاسيوم KF تركيزها 0.10 M. وكما تلاحظ فقد غيّر محلول نترات الصوديوم لون الكاشف إلى اللون الأخضر، وهذا يعني أن المحلول متعادل. ويشير اللون الأزرق في محلول KF إلى أن المحلول قاعدي، بينما يدل اللون الأصفر لمحلول كلوريد الأمونيوم على أن المحلول حمضي. لماذا تكون بعض محاليل الأملاح متعادلة، وبعضها قاعدي وبعضها الآخر حمضي؟ يتفاعل الكثير من الأملاح مع الماء في عملية تعرف باسم **تميّه الأملاح**؛ حيث تستقبل الأيونات السالبة من الملح المتأين –في أثناء هذه العملية– أيونات الهيدروجين من الماء، أو تمنح الأيونات الموجبة من الملح المتفكك أيونات الهيدروجين للماء.

الأملاح التي تنتج محاليل قاعدية ينتج ملح فلوريد البوتاسيوم عن قاعدة قوية KOH وحمض ضعيف HF، ثم يتحلل هذا الملح إلى أيونات بوتاسيوم وأيونات فلوريد.

$$KF_{(s)} \rightarrow K^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

لا تتفاعل أيونات K^+ مع الماء، وذلك بسبب تعادلها مع أيونات OH^- وتكون محلول قاعدي من KOH. ويعد أيون F^- قاعدة ضعيفة بحسب برونستد – لوري. لذا توجد بعض أيونات الفلوريد في حالة اتزان مع الماء، كما في التفاعل الآتي:

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

وهذا يعني أن المواد الناتجة تتكون من جزيئات فلوريد الهيدروجين وأيونات OH^- مما يجعل المحلول قاعديًا.

الأملاح التي تنتج محاليل حمضية ينتج ملح NH_4Cl عن قاعدة ضعيفة NH_3 وحمض قوي HCl، وعند إذابته في الماء يتفكك الملح لينتج أيونات الأمونيوم وأيونات الكلوريد، كما في التفاعل الآتي:

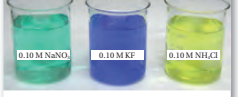
$$NH_4Cl_{(s)} \rightarrow NH_4{}^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

لا تتفاعل أيونات Cl^- مع الماء، وذلك بسبب تعادلها مع أيونات الهيدرونيوم وتكون محلول حمضي HCl. أما أيون $NH_4{}^+$ فهو حمض ضعيف بحسب برونستد – لوري. لذا تتفاعل أيونات الأمونيوم مع جزيئات الماء منتجة حالة الاتزان الآتية:

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

ونتيجة لذلك تنتج جزيئات أمونيا وأيونات هيدرونيوم، مما يجعل المحلول حمضيًّا.

الأملاح التي تنتج محاليل متعادلة ينتج ملح نترات الصوديوم $NaNO_3$ عن حمض قوي HNO_3 وقاعدة قوية NaOH. لذلك قد يحدث تميّه بسيط جدًّا للملح، وقد لا يحدث تميّه أبدًا؛ لأن Na^+ و NO_3^- لا يتفاعلان مع الماء، لذا يكون محلول نترات الصوديوم متعادلاً.



الشكل 26-5 يعطي كاشف البروموثيمول الأزرق نتائج مدهشة عند إضافته إلى ثلاثة محاليل من الأملاح الأيونية. فمحلول NH_4Cl حمضي، ومحلول $NaNO_3$ متعادل، بينما محلول KF قاعدي. ويُعزى التفسير إلى قوى الأحماض والقواعد التي تكوّنت منها هذه الأملاح.

تطوير المفاهيم

الحمض والقاعدة ساعد الطلاب في عملية تحديد "الحمض" "والقاعدة"، اللذين تكوّن منهما الملح، وذلك بإضافة أعداد كافية من أيونات H^+ إلى الأيون السالب للملح، وأيونات OH^- إلى الأيون الموجب للملح. فمثلاً؛ ساعد الطلاب على معرفة أنّ الحمض والقاعدة للملح $MgSO_4$ هما: H_2SO_4 و $Mg(OH)_2$ على التوالي. ض م

التعزيز

مانح OH^- عزّز مفهوم أن أيونات H_3O^+ و OH^- التي تتكوّن في أثناء تميُّه الملح لا تأتي من الملح نفسه، بل من جزيئات الماء عندما تتفاعل إما مع الأيونات السالبة أو الموجبة للملح، فتنتج كميّات إضافيّة من أيونات H_3O^+ أو OH^-.

مسائل تدريبية

46. a. المحلول حمضي

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

b. المحلول متعادل

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

c. المحلول قاعدي

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

d. المحلول قاعدي

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

47.

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

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(aq)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + NH_3$$

تتكون أيونات الهيدرونيوم، لذا ستكون pH أقلّ من 7.

التعزيز

أزواج الأحماض والقواعد المترافقة ذكّر الطلاب بأنّ كلّ زوج من أزواج الحمض والقاعدة المترافقين يتعلّق بعضهما ببعض عن طريق وجود أيون هيدروجين أو عدم وجوده. فالحمض يحتوي على أيون H^+، في حين لا تحتوي عليه القاعدة، ثم اشرح أنّ المحلول المنظّم تكون لديه أعلى قدرة تنظيم في الاتجاهين، عندما يحتوي على كميّات متساوية من الحمض وقاعدته المرافقة، أو القاعدة وحمضها المرافق.

عرض سريع

المحاليل المنظّمة ضع مسحوق حبة أسبرين عاديّ في 100 mL ماء مقطّر في كأس سعة 250 mL، وضع مسحوق حبّة أسبرين منظّم في 100 mL ماء مقطّر في كأس سعة 250 mL، ثم ضع قضيب تحريك مغناطيسيًّا في كلٍّ من الكأسين، ودع جهازي التحريك يبدآن العمل، وضع مجسّات مقياس pH رقمي في المحلولين في أثناء التحريك ببطء، وسجّل قيمة pH لكلٍّ محلول عند البداية، وبعد 5 دقائق، ثم بعد 10 دقائق. يذوب الأسبرين المنظّم أسرع وينتج محلولاً له pH = 6، وتنتج حبة الأسبرين غير المنظّمة محلولاً له pH = 3. واسأل الطلاب: أيُّ هذين النوعين أفضل لشخص لديه قرحة وسوء هضم حمضيّ؟ الأسبرين المنظّم أفضل؛ لأنّه ينتج محلولاً أقلّ حمضيّة. ض م

عرض توضيحي

استعمال المحلول المنظّم

الهدف تعلّم كيفيّة تحضير محلول منظّم.

الموادّ والأدوات حمض الخليك (1 mL)، 3 دوارق سعة 100 mL ماء مقطّر (60 mL)، إيثانوات الصوديوم (4g)، 3 أنابيب اختبار كبيرة، كاشف (10 قطرات)، 3 قضبان تحريك، قطّارة، NaOH (50 mL) 4.0 M (16 g في 100 mL ماء).

احتياطات السلامة

التخلّص من النفايات تحقّق من قيم pH للمحاليل كلِّها.

وعدّل قيم pH لتصبح بين 3 و 10، ثم خفّف تراكيزها واسكبها في المغسلة.

خطوات العمل

يستطيع المحلول الذي يحتوي على منظّم أن يمتصّ كميّات معتدلة من الحمض، أو القاعدة، دون تغيُّر واضح في قيمة pH، ولتحضير مثل هذا المحلول أضف 1 mL من حمض الخلّيك إلى 49 mL ماء مقطّر.

تحذير الحمض مادة حارقة للجلد. ضع الحمض في كأسين سعة كلٍّ منهما 100mL. وأذب 4g من إيثانوات الصوديوم في الحمض المخفّف في إحدى الكأسين. وحرّكه، ثم اكتب عليه "محلول منظم". واكتب على ثلاثة أنابيب اختبار كبيرة "حمض"، و"محلول منظم"، و"ماء"، ثم ضع كميّات متساوية من حمض الخلّيك

46. اكتب معادلات لتفاعلات تمثّل الأملاح التي تحدث عند إذابة الأملاح الآتية في الماء، وصنّف كلا منها إلى حمضي، أو قاعدي، أو متعادل:

a. نترات الأمونيوم **b.** كبريتات البوتاسيوم **c.** إيثانوات الروبيديوم **d.** كربونات الكالسيوم

47. تحفيز 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؟

المحاليل المنظمة Buffered Solutions

الشكل 27-5 لكي تكون البيئة صحيّة لقناديل البحر، يجب أن تبقى قيمة pH للماء في أحواض الأحياء المائية بين 8.1 و 8.4.

من المهم جدًّا لقناديل البحر المبينة في **الشكل 27-5** أن تبقى قيم pH لمياه أحواض الأحياء المائية ضمن مدى صغير. وكذلك الأمر لجسم الإنسان؛ فمن المهم أيضًا بقاء قيمة pH ثابتة؛ حيث يجب أن يبقى pH للدم في الجسم ضمن مدى 7.1 إلى 7.7. وفي العصارة المعدية يجب أن يبقى pH بين 1.6 و 1.8 ليساعد على هضم أنواع معينة من الطعام. ويحافظ الجسم على pH ضمن حدود معينة من خلال إنتاج محاليل منظمة.

ما المحلول المنظم؟ **المحاليل المنظمة** محاليل تقاوم التغيرات في قيم pH عند إضافة كميات محددة من الأحماض أو القواعد. فمثلاً عند إضافة 0.01 mol من HCl إلى 1L من الماء النقي ينخفض pH من 7.0 إلى 2.0. وكذلك فإن إضافة 0.01 mol من NaOH إلى 1 L من الماء النقي ترفع قيم pH من 7.0 إلى 12.0. ولكن عند إضافة الكمية نفسها من HCl أو NaOH إلى 1 L من محلول منظم فقد يتغير pH بما لا يزيد على 0.1 وحدة.

كيف تعمل المحاليل المنظمة؟ المحلول المنظم 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 أيونات هيدروجين، أو أيونات هيدروكسيد تضاف إلى المحلول المنظم.

افترض مثلاً أن محلولاً منظمًا يحتوي على تراكيز 0.1 M من حمض الهيدروفلوريك HF وفلوريد الصوديوم NaF؛ حيث يعطي NaF أيونات F^- بتركيز 0.1 M والتي تعد القاعدة المرافقة لحمض HF، لذا يتحقق الاتزان الآتي:

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

إضافة حمض عند إضافة حمض إلى هذا المحلول المنظم فإن الاتزان يندفع إلى اليسار بحسب مبدأ لوتشاتلييه؛ لأن أيونات H^+ المضافة من الحمض تكون ضغطًا على الاتزان. وللتقليل من أثر هذا الضغط تتفاعل أيونات H^+ مع F^- لتكوين المزيد من جزيئات HF.

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

وبهذا يصل النظام إلى حالة الاتزان من جديد مع وجود كمية أكبر من HF غير المتفكك. ومع ذلك فإن pH المحلول قد تغير قليلاً فقط؛ لأن اتجاه الاتزان إلى اليسار استهلك معظم أيونات H^+ التي أضيفت.

194

الفلوريد تتفاعل أيونات OH^- المضافة مع أيونات H^+ لتكون H_2O، وهذا يقلل من تركيز أيونات H^+، فيتجه الاتزان إلى اليمين للتعويض عن أيونات H^+.

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

مع أن اتجاه التفاعل إلى اليمين يقلل كمية HF، وينتج المزيد من F^-، إلا أن pH يبقى ثابتًا تقريبًا؛ لأن تركيز أيون H^+ لم يتغير كثيرًا. إن قدرة المحلول المنظم على مقاومة تغير pH يتم تجاوزها في حالة إضافة كمية كبيرة من الحمض أو القاعدة. تسمى كمية الحمض أو القاعدة التي يستطيع المحلول المنظم أن يستوعبها دون تغير مهم في pH **سعة المحلول المنظم**. وكلما زادت تراكيز الجزيئات والأيونات المنظمة في المحلول زادت سعة المحلول المنظم.

اختيار المحلول المنظم يكون المحلول المنظم أكثر فاعلية عندما يساوي تركيز الحمض تركيز القاعدة المرافقة له، أو تكاد تكون متساوية. تأمل النظام المنظم المكون من $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} الناتج عن خلط كميتين مولاريتين متساويتين من NaH_2PO_4 و Na_2HPO_4.

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$$

ما قيمة pH لهذا المحلول؟

$$K_a = 6.2 \times 10^{-8} = \frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$$

لأن المحلول مكون من كميتين مولاريتين متساويتين من NaH_2PO_4 و Na_2HPO_4، فإن $[HPO_4^{2-}]$ يساوي $[H_2PO_4^-]$.

لذا فإن التركيزين يختزلان في تعبير ثابت تأين الحمض.

$$6.2 \times 10^{-8} = \frac{[H^+]\cancel{[HPO_4^{2-}]}}{\cancel{[H_2PO_4^-]}} = [H^+]$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log (6.2 \times 10^{-8}) = 7.21$$

وهكذا، عندما توجد كميات مولارية متساوية في نظام $H_2PO_4^-$ / HPO_4^{2-} المنظم فإن النظام يستطيع أن يحافظ على pH قريبًا من 7.21. لاحظ أن $pH = -\log K_a$. يحتوي **الجدول 7–5** على قائمة من أنظمة منظمة عديدة مع pH عندما يكون كل منها أكثر فاعلية.

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع

منظم Buffer

الاستعمال العلمي: محلول يقاوم تغيرات pH عند إضافة كميات محدودة من حمض أو قاعدة.

قرر الكيميائي استعمال محلول منظم (Buffer) يتكون من كميتين مولاريتين متساويتين من حمض الميثانويك (الفورميك) وميثانوات (فورمات) الصوديوم.

الاستعمال الشائع: شيء يعمل حاجزًا واقيًا.

يعمل الجدار البحري العالي مصدًّا (Buffer) لحماية المنازل المبنية على الشاطئ من العواصف البحرية.

الجدول 7–5 المحاليل المنظمة والأزواج المترافقة

معادلات تأين المحاليل المنظمة	الأزواج المترافقة من الأحماض والقواعد في المحاليل المنظمة	قيمة pH
$HF_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$	HF/F^-	3.20
$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$	CH_3COOH/CH_3COO^-	4.76
$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$	H_2CO_3/HCO_3^-	6.35
$H_2PO_4^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$	$H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$	7.21
$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	NH_4^+/NH_3	9.4
$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	$C_2H_5NH_3^+/C_2H_5NH_2$	10.70

3. التقويم

التحقّق من الفهم

اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا المعادلة باستخدام الصيغ الجزيئيّة والمعادلة الأيونيّة كاملة، والمعادلة الأيونيّة الكليّة لتفاعل التعادل بين حمض البيركلوريك، وهيدروكسيد الصوديوم.

$HClO_{4(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + NaClO_{4(aq)}$;

$H^+_{(aq)} + ClO_4^-{}_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + OH^- \rightarrow H_2O_{(l)} + Na^+_{(aq)} + ClO_4^-{}_{(aq)}$; $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$.

إعادة التدريس

دع الطلاب يختاروا من **الجدول 7–5** زوجًا من حمض/ قاعدة مرافقين، يمكن استعماله لإنتاج محلول منظّم له pH = 9، وله سعة تكفي لمعادلة الأحماض والقواعد المضافة إليه. NH_3 (قاعدة) و NH_4^+ (حمض مرافق) ض م

التوسُّع

استخدم السبورة لكتابة المعادلات الكيميائيّة للتفاعل بين كلٍّ من أيون الهيدروجين المضاف، وأيون الهيدروكسيد المضاف إلى محلول منظّم يحتوي على حمض الكربونيك، وأيون الكربونات الهيدروجينيّ.

$H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$

$OH^-_{(aq)} + H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$

وذكّر الطلاب بأهميّة المحاليل المنظّمة. ض م

المخفّف، والمحلول المنظّم، والماء المقطّر في الأنابيب الثلاثة حسب ما هو مكتوب عليها، وضع بضع قطرات من الكاشف العام في كلِّ أنبوب اختبار، ثم أضف مقدار قطّارة مملوءة NaOH تركيزه 4.0 M إلى كلِّ محلول.

تحذير: NaOH مادة كاوية. حرّك ثم راقب اللون، واملأ القطّارة، وأعد الخطوات مرات عدة، وسجِّل مشاهداتك.

النتائج

لا يتغيّر اللون في أنبوب الاختبار الذي يحتوي على المحلول المنظّم بالسرعة نفسها للأنبوبين الآخرين.

التحليل

1. أيّ الأنابيب الثلاثة استُخدم ضابطًا في التجربة؟ الماء المقطّر.
2. كيف تمّ إثبات تعريف المحلول المنظّم؟ لم يتغيّر لون الكاشف في أثناء إضافة عدَّة كميّات من القاعدة.

التقويم

المعرفة اسأل الطلاب: هل يعتقدون أنّ الأسبرين المنظّم أفضل للمعدة من الأسبرين غير المنظّم؟ نعم؛ لأنّ الأسبرين المنظّم يقوم بمعادلة الحمض في الأسبرين. ض م

مختبر حل المشكلات

الهدف يستعمل الطلاب مبدأ لوشاتلييه في تفسير ما يحدث عندما تتغيّر مكوّنات نظام محلول منظّم في دم الإنسان.

المهارات العمليّة استخلاص النتائج، وتعرُّف السبب والنتيجة، وتطبيق المفاهيم، والتوقّع.

استراتيجيات التدريس

- اربط بين المحلول المنظّم المكوّن من حمض الكربونيك والكربونات الهيدروجينية، ونموذج برونستد- لوري، وبيّن عمل ثاني أكسيد الكربون كأنهيدريد الحمض، وأيون الكربونات الهيدروجينيّة كقاعدة مرافقة.
- بيّن كيف يقلّل المحلول المنظّم من تأثير إضافة حمض أو قاعدة حسب متطلّب مبدأ لوشاتلييه.

التفكير الناقد

1. أكبر مرتين.
2. يلقي الجسم السليم الحمض في الدم عند ازدياد نشاطه، وتقوم أيونات الكربونات الهيدروجينيّة بمعادلة الحمض، وتدفع التفاعل نحو إنتاج ثاني أكسيد الكربون.
3. a. القيء حمضيّ وهو يرفع الـ pH . التفاعل المنظّم يتّجه إلى اليمين. تستطيع الكلى أن ترد بإزالة أيون الكربونات الهيدروجينيّة، ويجب على الشخص أن يبقى هادئًا للاحتفاظ بثاني أكسيد الكربون.

b. تزداد قيمة pH بزيادة مستويات أيون الكربونات الهيدروجينيّ؛ ممّا يدفع التفاعل المنظّم إلى اليسار مكوّنًا المزيد من CO_2. ترد الكلى بإزالة أيون الكربونات الهيدروجينيّ، ويستطيع الشخص أن يتنفس بسرعة أكثر لطرد CO_2.

تطبيق التفسيرات العلمية

كيف يحافظ الدم على قيمة pH ثابتة؟ يحتوي دم الإنسان على ثلاثة أنواع من الخلايا. الخلايا الحمراء التي تنقل الأكسجين إلى أجزاء الجسم كافة، والخلايا البيضاء التي تحارب العدوى، والصفائح الدموية التي تساعد على التجلط عند حدوث نزف. لذا تضعف الوظائف الحساسة لهذه الخلايا إذا لم يحافظ الدم على pH ضمن مدى ضيق بين 7.1 و 7.7. وفوق هذا المستوى تفقد البروتينات في الجسم تراكيبها ومقدرتها على أداء عملها. ولحسن الحظ فإن هناك عدة محاليل منظمة تحافظ على التوازن الضروري للأحماض والقواعد. وأهم هذه المحاليل المنظمة محلول حمض الكربونيك والكربونات الهيدروجينية H_2CO_3/HCO_3^-.

$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$$

عندما تدخل الأحماض والقواعد مجرى الدم نتيجة النشاط العادي، تعدّل أنظمة المحاليل المنظمة في الدم نفسها، حتى تحافظ بفاعلية على قيمة pH مناسبة.

التحليل

سيتغير موضع اتزان H_2CO_3/HCO_3^- بحسب مبدأ لوشاتلييه اعتمادًا على معدل الأيض في الجسم وعوامل أخرى. وبالإضافة إلى ذلك تستطيع الرئتان أن تغيّر سرعة طرد CO_2 من الجسم عن طريق التنفس، وتستطيع الكليتان أن تغير سرعة إزالة أيونات HCO_3^-.

التفكير الناقد

1. **حدد** كم يزيد $[H^+]$ إذا تغير pH الدم من 7.4 إلى 7.1؟
2. **اقترح** سببًا يفسّر لماذا تعد نسبة 20:1 من HCO_3^- إلى CO_2 في الدم مناسبة للحفاظ على pH مناسب؟
3. **توقع** ما الوضع الذي يرتفع فيه pH الدم أو ينخفض؟ وفي أي اتجاه يميل اتزان H_2CO_3/HCO_3^- في كل من الحالات الآتية:

a. شخص لديه حالة فيروسية شديدة في المعدة يتقيأ عدة مرات في 24 ساعة.

b. شخص يأخذ كمية كبيرة من $NaHCO_3$ لوقاية حرقة فم المعدة.

التقويم 4-5

الخلاصة

- يتفاعل حمض مع قاعدة لتكوين ملح وماء في تفاعل التعادل.
- تمثل المعادلة الأيونية النهائية الآتية تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية:

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

- المعايرة عملية يستعمل فيها تفاعل التعادل بين حمض وقاعدة لتحديد تركيز محلول.
- تحتوي المحاليل المنظمة على مخاليط من جزيئات وأيونات تقاوم التغيرات في pH.

48. **الفكرة الرئيسة** **فسّر** لماذا تكون المعادلة الأيونية النهائية لتفاعل تعادل أي حمض قوي مع أي قاعدة قوية دائمًا هي المعادلة نفسها؟
49. **اشرح** الفرق بين نقطة تكافؤ ونقطة نهاية المعايرة.
50. **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.
51. **احسب** مولارية محلول حمض الهيدروبروميك HBr إذا احتاج إلى 30.35 mL من NaOH تركيزه 0.1000 M لمعايرة 25.00 mL من الحمض حتى نقطة التكافؤ.
52. **فسّر** ما المواد التي يمكن استعمالها لعمل محلول منظم قيمة pH له 9.4؟ وما نسبتها؟ استعمل **الجدول 7-5**.
53. **صمم تجربة** صف كيف تصمم معايرة وتجريها باستعمال HNO_3 تركيزه 0.250 M لتحديد مولارية محلول هيدروكسيد السيزيوم؟

196

التقويم 4-5

48. كل تفاعل تعادل هو تفاعل 1mol من أيون الهيدروجين مع 1mol من الهيدروكسيد؛ لتكوين 1mol من الماء.
49. نقطة التكافؤ هي pH التي تتساوى عندها مولات أيونات H^+ من الحمض، مع مولات أيونات OH^- من القاعدة. نقطة النهاية هي النقطة التي يتغيّر عندها لون الكاشف المستعمل في المعايرة.
50. تزداد قيمة pH للمحلول غير المنظّم أكثر من قيمة pH للمحلول المنظّم.
51. $M_A = 0.1214\ M$
52. استخدم الأمونيا، وأحد أملاحها مثل نترات الأمونيوم، أو كلوريد الأمونيوم. استخدم كميّات مولاريّة متساوية من القاعدة وملحها.
53. ضع حجمًا معلومًا من محلول CsOH في دورق، وأضف كاشفًا، واملأ سحاحة بمحلول HNO_3 تركيزه 0.250M، وسجل قراءة السحاحة الأولية. ثم أضف محلول HNO_3 ببطء إلى محلول CsOH حتى نقطة النهاية، وسجل القراءة النهائيّة للسحاحة. ثم احسب حجم HNO_3 المضاف مستعملًا حجم ومولاريّة HNO_3، وحجم CsOH؛ لحساب مولاريّة محلول CsOH.

تفاعلات الأحماض والقواعد وعملية الخبز

هل رأيت تمثيلاً لثورة بركان باستعمال الخل وصودا الخبز؟ لقد نتجت فقاعات ثاني أكسيد الكربون CO_2 عن تفاعل التحلل الذي حدث بسرعة بعد تفاعل الخل $HC_2H_3O_2$، وهو حمض، وصودا الخبز $NaHCO_3$، وهي قاعدة، كما هو مبين أدناه.

تفاعل الحمض والقاعدة

$$HC_2H_3O_{2(aq)} + NaHCO_{3(aq)} \rightarrow NaC_2H_3O_{2(aq)} + H_2CO_{3(aq)}$$

التفكك

$$H_2CO_{3(aq)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

إن إطلاق ثاني أكسيد الكربون نتيجة التفاعل الكيميائي بين الحمض والقاعدة ـ انظر **الشكل 1** ـ هو من أسباب انتفاخ الخبز والمعجنات. وتسمى المادة التي تؤدي إلى انتفاخ العجين عند خبزه عامل التخمير. والمادتان الكيميائيتان الرئيستان في التخمير هما صودا الخبز ومسحوق الخبز.

صودا الخبز Baking Soda كربونات الصوديوم الهيدروجينية، وتسمى أيضًا بيكربونات الصوديوم، وهو الاسم الكيميائي لصودا الخبز؛ حيث تتفاعل صودا الخبز عند استعمالها في الطبخ مع سوائل معتدلة الحمضية، فتتكون فقاعات ثاني أكسيد الكربون. وتشمل السوائل المعتدلة الحمضية الخل والعسل ودبس السكر وعصير الحمضيات ومخضوض اللبن وغيرها.

الشكل 1 تتكون فقاعات من غاز ثاني أكسيد الكربون عندما تضاف قاعدة صودا الخبز إلى حمض الخل.

الشكل 2 تحبس عملية الخبز الفقاعات المتكونة في أثناء التفاعل بين حمض وقاعدة، فتنتج كعكة خفيفة مليئة بالهواء.

يجب أن تخلط صودا الخبز بمكوّنات أخرى صلبة، وتضاف في النهاية إلى مخلوط العجين حتى يكون انطلاق ثاني أكسيد الكربون منتظمًا في كل أنحاء العجين، ويحدث تفاعل الحمض والقاعدة هذا بسرعة. إذا كانت صودا الخبز هي عامل التخمير الوحيد في الوصفة، وجب خبز العجين بسرعة وفورًا قبل أن تختفي الفقاعات الاختفاء. وتؤدي عملية الخبز إلى تمدد الفقاعات، فتنتفخ الكعكة. وعندما يتصلب العجين تحتجز الفقاعات، كما في **الشكل 2**.

مسحوق الخبز Baking Powder إذا لم تتضمن الوصفة سائلاً حمضيًا فإن مسحوق الخبز يستعمل عوضًا عن ذلك. ومعظم مسحوق الخبز خليط من صودا الخبز وحمضين جافين.

وأحد هذين الحمضين يتفاعل مع الصودا عندما يذوب في العجين، ويتفاعل الثاني مع الصودا عند التسخين. ومثل صودا الخبز يخلط مسحوق الخبز بالمكونات الأخرى الجافة، ويضاف في النهاية إلى العجين. ولكن العجائن التي يستعمل فيها مسحوق الخبز ليس من الضروري أن تخبز فورًا.

تحتوي العجائن التي يستعمل فيها سوائل حمضية معتدلة على مسحوق الخبز وصودا الخبز معًا؛ حيث يستطيع الحمض الزائد أن يعطل عمل مسحوق الخبز. ويعد مسحوق الخبز مصدرًا موثوقًا لثاني أكسيد الكربون، وتساعد صودا الخبز على معادلة الحمض.

الكتابة في الكيمياء

حلل إذا تطلّبت وصفة استعمال الطحين والملح والسكر والنخالة والحليب والبيض والسمن أو الزيت النباتي، فهل تستعمل صودا الخبز أو مسحوق الخبز؟ فسّر إجابتك.

www.obeikaneducation.com

197

الهدف

يشرح الطلاب الغاية من عامل التخمير، ويصفون عمل صودا الخبز في عمليّة الخبز، ويقارنون بينهما.

الخلفيّة النظريّة

خميرة الخبّاز هي عامل تخمير شائع آخر، تعمل بصورة مختلفة عن مسحوق الخبز في عمليّة الخبز، وتعدّ الخميرة فطرًا وحيد الخليّة يستهلك السكر، وينتج ثاني أكسيد الكربون والكحول في صورة نفايات. وفي حين يستغرق مسحوق الخبز 15 min لإنتاج فقاقيع الغاز في العجين، نجد أنَّ العجين الذي يتمّ تخميره باستعمال الخميرة قد يحتاج من ساعتين إلى ثلاث ساعات ليتخمَّر.

استراتيجيات التدريس

- أشر إلى وصفة كعكة، واطلب إلى الطلاب توقُّع كيفيّة اختلاف هيئة الكعكة وكثافتها، إذا استعملت كميّة أكثر أو أقلّ من الكميّة المحدّدة من صودا الخبز لتحضير العجين.
- دع الطلاب يستعملوا الحسابات الكيميائيّة والمعادلات الموزونة المعطاة في المقالة في حساب كميّة غاز CO_2، التي ستنتج إذا استخدمت كميّاتٍ معيّنةً من صودا الخبز والخل في وصفة الكعك.

الكتابة في الكيمياء

حلل يجب استعمال صودا الخبز في الوصفة.
الحليب حمضيّ قليلاً، ولديه قيمة pH تساوي 6.5.

معايرة القاعدة

الزمن المخصص 30 دقيقة.

المهارات العمليّة الملاحظة والاستنتاج، وجمع البيانات وتفسيرها، واستعمال الأرقام.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلاب لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء العمل، ويجب عليهم أن يلبسوا النظارات الواقية، والقفازات، معاطف المختبر، وأن يغسلوا أيديهم بعد كلّ حصة مختبر. وذكّرهم بأنّ الماء يصبح ساخنًا عند إذابة NaOH فيه.

التخلُّص من النفايات يمكن طرح المحاليل المتعادلة في المغسلة مع كمية وافرة من الماء.

تحضير المحاليل راجع كيفيّة تحضير المحاليل كلّها.

مواد بديلة

- يمكن استعمال هيدروكسيد البوتاسيوم بدلاً من هيدروكسيد الصوديوم.
- يستطيع الطلاب استعمال قاعدة المعايرة من أجل التعامل مع أسئلة من واقع حياتهم، وبما أنَّ عيِّنات الماء تحتوي على تراكيز منخفضة نسبيًّا من الحمض، لذا يجب تخفيف كميّة قاعدة المعايرة.

خطوات العمل

- يمكن تحضير محلول NaOH بتركيز 0.250 M مسبقًا.
- تتراوح كميّة فثالات البوتاسيوم الهيدروجينيّة في كلّ محاولة بين 0.3 g و 0.5 g
- وضِّح عمليّة المعايرة كاملةً.
- ذكِّر الطلاب بعدم نسيان إضافة الكاشف إلى محاليلهم الحمضيَّة.
- اطلب إلى الطلاب أن يغلقوا دوارقهم بالسدادات بين حصص المختبر؛ لأنّ NaOH يتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون في الهواء مكوّنًا كربونات الصوديوم.

التحليل والاستنتاج

1. 0.00191 mol من $KHC_8H_4O_4$.
2. النسبة المولية 1:1، إذن عدد مولات NaOH و $KHC_8H_4O_4$ متساوية.
3. 0.00764 L
4. 0.250 M
5. قد تشمل الاختلافات قراءات غير دقيقة للسحاحة أو تحديد الكتل، أو الاستمرار في إضافة القاعدة بعد نقطة النهاية، أو انسكاب المحاليل، ووجود فقاقيع داخل السحاحة.

الاستقصاء

اسكب 25.00 mL من الخلّ في دورق، وعاير الخلّ بمحلول NaOH (تركيزه معلوم)، مستعملًا مقياس pH لمراقبة pH الخلّ. تصل إلى نقطة النهاية عندما ينتج تغيّرٌ كبيرٌ في pH بإضافة نقطةٍ واحدةٍ من NaOH.

معايرة القاعدة

الخلفية المعايرة إجراء يمكن به تحديد مولارية القاعدة.

سؤال كيف يمكنك تحديد مولارية محلول قاعدي؟

المواد والأدوات اللازمة

سحاحة سعتها 50 mL	هيدروكسيد الصوديوم NaOH
محلول فينولفثالين	ميزان حساس
قارورة غسل	حامل حلقة
فثالات البوتاسيوم الهيدروجينية $KHC_8H_4O_4$	
حامل سحاحة	دورق مخروطي سعته 250 mL
كأس زجاجية سعتها 250 mL	دورق مخروطي سعته 500 mL
ماء مقطر	ملعقة

إجراءات السلامة

تحذير: ينتج عن إذابة NaOH في الماء حرارة، كما أن الفينولفثالين قابل للاشتعال، لذا أبعده عن اللهب.

الخطوات

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع 4 g NaOH تقريبًا في الدورق المخروطي الذي سعته 500 mL. ثم أذبها في كمية كافية من الماء، ثم أكمل حجم المحلول ليصبح 400 mL تقريبًا. ثم أغلق الدورق بالسدادة.
3. استعمل زجاجة الوزن لأخذ كتلة مقدارها 0.40 g تقريبًا من فثالات البوتاسيوم الهيدروجينية $KHC_8H_4O_4$، الذي كتلته المولية = 204.32 g/mol)، وضعها في الدورق المخروطي الذي سعته 250 mL. ثم سجل هذه الكتلة.
4. استعمل قارورة الغسل لغسل الجزء الداخلي من الدورق، وأضف 50 mL تقريبًا من الماء، وقطرتين من محلول كاشف الفينولفثالين.
5. املأ السحاحة بمحلول NaOH، على أن يكون مستوى السائل عند علامة الصفر أو تحتها. للتخلص من أي هواء قد يكون عالقًا في السحّاحة مرّر كمية صغيرة من القاعدة إلى وعاء المهملات. لاحظ حجم المحلول في السحاحة حتى أقرب 0.02 mL ، وسجل هذه القراءة الأولية.
6. ضع قطعة ورق بيضاء على قاعدة حامل الحلقة. وحرك الدورق حركة دورانية في أثناء صب محلول NaOH ببطء من السحاحة إلى الدورق.
7. عندما يبقى اللون الوردي فترة أطول بعد التحريك الدوراني للدورق أضف محلول القاعدة قطرة قطرة.
8. تكون نقطة النهاية حيث يتغير لون الحمض إلى اللون الوردي بعد إضافة قطرة قاعدة واحدة؛ ويبقى اللون الوردي بعدها ثابتًا.
9. أعد ملء السحاحة، واغسل الدورق بالماء. ثم أعد المعايرة حتى تحصل على قيم مولارية متقاربة لثلاث محاولات.
10. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من المحاليل المتعادلة في المصرف مع كمية وافرة من الماء.

بيانات المعايرة

	المحاولة 1
كتلة زجاجة الوزن+ الحمض	
كتلة زجاجة الوزن	
كتلة الحمض الصلب	
مولات الحمض	
مولات القاعدة المطلوبة	
القراءة النهائية للسحاحة	
القراءة الأولية للسحاحة	
حجم القاعدة المستعمل (mL)	
مولارية القاعدة	

التحليل والاستنتاج

1. **فسّر البيانات** في كل معايرة، احسب عدد مولات الحمض المستعمل بقسمة كتلة العينة على الكتلة المولية للحمض.
2. **استنتج** كم مولاً من القاعدة يتطلب التفاعل مع مولات الحمض المستخدمة؟
3. **احسب** حوّل حجم القاعدة إلى لترات.
4. **احسب** مولارية القاعدة بقسمة عدد مولات القاعدة على حجم القاعدة باللتر.
5. **تحليل الخطأ** هل اتفقت حساباتك للمولارية؟ فسّر أي اختلافات.

الاستقصاء

صمم تجربة احسب تركيز محلول حمض الإيثانويك (الخل) دون استعمال الكاشف.

198

دليل الدراسة

استعمال المفردات

لتعزيز فهم مفردات الفصل، اطلب إلى الطلاب، كتابة عبارات يتم فيها توظيف هذه المفردات. ض م

استراتيجيات المراجعة

- اطلب إلى الطلاب أن يقارنوا بين المحاليل الحمضيّة، والمتعادلة والقاعديّة. ض م
- اطلب إليهم أن يميّزوا بين أحماض وقواعد كلٍّ من أرهينيوس، وبرونستد– لوري، وأن يحدِّدوا أزواج الأحماض والقواعد المرافقة. ض م
- اطلب إليهم أن يفرِّقوا بين الأحماض القويّة والضعيفة.
- اطلب إلى الطلاب أن يقارنوا بين قيم pH وpOH في المحاليل الحمضيَّة، والمتعادلة، والقاعديّة. ض م

الفكرة العامة يمكن تعريف الأحماض والقواعد باستعمال مفردات، منها أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد، أو أزواج الإلكترونات.

5-1 مقدمة في الأحماض والقواعد

الفكرة الرئيسة تساعد النماذج المختلفة على وصف سلوك الأحماض والقواعد.

المفردات

- المحلول الحمضي
- المحلول القاعدي
- نموذج أرهينيوس
- نموذج برونستد – لوري
- الحمض المرافق
- القاعدة المرافقة
- الأزواج المترافقة
- مواد مترددة (أمفوتيرية)
- نموذج لويس

الأفكار الرئيسة

- تحدّد تراكيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد ما إذا كان المحلول حمضيًّا، أم قاعديًّا، أم متعادلاً.
- يجب أن يحتوي حمض أرهينيوس على ذرة هيدروجين قابلة للتأين. ويجب أن تحتوي قاعدة أرهينيوس على مجموعة هيدروكسيد قابلة للتأين.
- حمض برونستد – لوري مادة مانحة لأيون هيدروجين، بينما قاعدة برونستد – لوري مادة مستقبلة لأيون هيدروجين.
- حمض لويس مادة تستقبل زوجًا من الإلكترونات، بينما قاعدة لويس مادة تعطي زوجًا من الإلكترونات.

5-2 قوة الأحماض والقواعد

الفكرة الرئيسة تتأين الأحماض والقواعد القوية في المحاليل تأيُّنًا كليًّا، بينما تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة في المحاليل تأيُّنًا جزئيًّا.

المفردات

- الحمض القوي
- الحمض الضعيف
- ثابت تأين الحمض
- القاعدة القوية
- القاعدة الضعيفة
- ثابت تأين القاعدة

الأفكار الرئيسة

- تتأين الأحماض والقواعد القوية كليًّا في المحاليل المائية المخففة، بينما تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة جزئيًّا في المحاليل المائية المخففة.
- تعد قيمة ثابت تأين الحمض أو القاعدة الضعيفة قياسًا لقوة الحمض أو القاعدة.

199

يمكن للطلاب زيارة الموقع www.obeikaneducation.com من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الشبكة.
- استعمال روابط أخرى وتصفحها للمزيد من المعلومات والأنشطة والمشاريع.
- حل التمارين والاختبارات المقننة.

5-3 أيونات الهيدروجين والرقم الهيدروجيني

الفكرة الرئيسة يعبِّر كل من pH و pOH عن تركيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد في المحاليل المائية.

المفردات

- ثابت تأين الماء K_w
- الرقم الهيدروجيني pH
- الرقم الهيدروكسيدي pOH

الأفكار الرئيسة

- ثابت تأين الماء K_w يساوي حاصل ضرب تركيز أيون H^+ وتركيز أيون OH^-.

$$K_w = [OH^-]\,[H^+]$$

- pH المحلول هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين. pOH هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروكسيد. ومجموع pH و pOH يساوي 14.

$$pH = -\log [H^+]$$

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

$$pH + pOH = 14.00$$

- قيمة pH للمحلول المتعادل تساوي 7.0، وقيمة pOH في المحلول نفسه تساوي 7.0؛ لأن تركيز أيونات الهيدروجين يساوي تركيز أيونات الهيدروكسيد.

5-4 التعادل

الفكرة الرئيسة يتفاعل الحمض مع القاعدة في تفاعل التعادل وينتج ملح وماء.

المفردات

- تفاعل التعادل
- الملح
- المعايرة
- المحلول القياسي
- نقطة التكافؤ
- كاشف أحماض وقواعد
- نقطة النهاية
- تميّه الأملاح
- المحلول المنظم
- سعة المحلول المنظم

الأفكار الرئيسة

- يتفاعل حمض مع قاعدة لتكوين ملح وماء في تفاعل التعادل.
- تمثل المعادلة الأيونية النهائية الآتية تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية:

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

- المعايرة عملية يستعمل فيها تفاعل التعادل بين حمض وقاعدة لتحديد تركيز محلول.
- تحتوي المحاليل المنظمة على مخاليط من جزيئات وأيونات تقاوم التغيرات في pH.

5-1

إتقان المفاهيم

54. قارن بين المحاليل الحمضية والمتعادلة والقاعدية من حيث تركيز الأيونات.

55. اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل التأين الذاتي للماء.

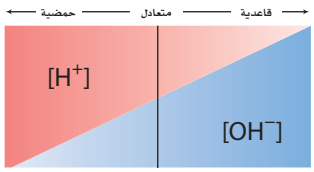
56. صنّف كلًّا مما يأتي إلى حمض أرهينيوس أو قاعدة أرهينيوس:

a. H_2S **c.** $Mg(OH)_2$

b. RbOH **d.** H_3PO_4

57. علم الأرض تتكون فقاعات غاز عندما يضيف عالم الأرض بضع قطرات من HCl إلى قطعة صخر. ماذا قد يستنتج العالم عن طبيعة الغاز والصخر؟

58. اشرح ما تعنيه المساحتان المظللتان عن اليمين من الخط العمودي الغامق في **الشكل 28-5**.



الشكل 28-5

59. اشرح الفرق بين الحمض الأحادي البروتون، والحمض الثنائي البروتون، والحمض الثلاثي البروتون، وأعط مثالاً على كل منها.

60. لماذا يمكن استعمال H^+ و H_3O^+ بالتبادل في المعادلات الكيميائية؟

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

62. اشرح كيف يختلف تعريف حمض لويس عن تعريف حمض برونستد – لوري؟

إتقان حل المسائل

63. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل مما يأتي:

a. تحلل هيدروكسيد الماغنسيوم الصلب عند وضعه في الماء.

b. تفاعل فلز الماغنسيوم مع حمض الهيدروبروميك.

c. تأين حمض البروبانويك CH_3CH_2COOH في الماء.

d. التأين الثاني لحمض الكبريتيك في الماء.

5-2

إتقان المفاهيم

64. اشرح الفرق بين حمض قوي وحمض ضعيف.

65. اشرح لماذا تستعمل أسهم الاتزان في معادلات تأين بعض الأحماض؟

الشكل 29-5

66. أيّ الكأسين في **الشكل 29-5** قد تحتوي على محلول حمض الهيبوكلوروز بتركيز 0.1 M؟ وضح إجابتك.

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

68. حدد الأزواج المترافقة في تفاعل H_3PO_4 مع الماء.

مراجعة الفصل

5–1

إتقان المفاهيم

54. تركيز أيونات H^+ في المحلول الحمضيّ أكبر من تركيز أيونات OH^- فيه، في حين يكون تركيز أيونات OH^- في المحلول القاعديّ أعلى من تركيز أيونات H^+، كما يتساوى تركيز أيونات H^+ و OH^- في المحلول المتعادل.

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

56. a. حمض **b.** قاعدة

c. قاعدة **d.** حمض

57. الغاز هو CO_2، والصخر هو كربونات الكالسيوم.

58. تعني المساحة الكبرى الزرقاء أنّ المحاليل القاعديّة تحتوي على تراكيز أعلى من أيونات الهيدروكسيد، وتعني المساحة الصغرى الحمراء أنّ المحاليل القاعديّة تحتوي أيضًا على أيونات الهيدروجين، ولكن بتركيز أقلّ من أيونات الهيدروكسيد.

59. يستطيع الحمض أحادي البروتون إعطاء H^+ واحد مثل HCl؛ ويستطيع الحمض ثنائي البروتون إعطاء أيونين من H^+ مثل H_2SO_4؛ في حين يعطي الحمض ثلاثي البروتون ثلاثة أيونات H^+ مثل H_3PO_4.

60. H_3O^+ هو أيون هيدروجين مُتميّه.

61. حمضيّ: $[H^+] > [OH^-]$ ؛ متعادل: $[H^+] = [OH^-]$؛ قاعديّ: $[H^+] < [OH^-]$.

62. يعرّف نموذج لويس الحمض كمستقبل لزوج من الإلكترونات، في حين يعرّفه نموذج برونستد– لوري أنّه مانح لأيون هيدروجين.

إتقان حل المسائل

63. a. $Mg(OH)_{2(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

b. $Mg_{(s)} + 2HBr_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + MgBr_{2(aq)}$

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

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

5–2

إتقان المفاهيم

64. يتأيّن الحمض القويّ كليًّا؛ في حين يتأيّن الحمض الضعيف جزئيًّا.

65. تستعمل أسهم الاتزان في الأحماض الضعيفة، وتستعمل أسهم التفاعل في الأحماض القويّة.

66. الكأس الأيمن؛ لأنّ حمض الهيبوكلوروز ضعيف، ويتأيّن جزئيًّا في المحلول المائيّ، وموصليته للكهرباء منخفضة.

67. قارن بين قدرة توصيل محاليل متساوية المولاريّة من الحمضين، وقارن أيضًا بين ثابت تأيُّنهما.

68. الحمض هو H_3PO_4، وقاعدته المرافقة هي $H_2PO_4^-$؛ القاعدة هي $H_2O_{(l)}$، والحمض المرافق هو H_3O^+

إتقان حل المسائل

69. $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$K_b = [NH_4^+][OH^-]/[NH_3];$

70. $HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-; K_a = [H^+][ClO^-]/[HClO]$

71. $K_b = [C_6H_5NH_3^+][OH^-]/[C_6H_5NH_2]$

72. $K_b = 7.22 \times 10^{-7}$

73. قد يقول الطلاب أنّ المحلول المخفّف لحمض قويّ يحضّر بإذابة كميّة صغيرة من الحمض القويّ في كميّة كبيرة من الماء، أمّا المحلول المركز لحمض ضعيف؛ فيحضّر بإذابة كميّة كبيرة من الحمض الضعيف في كميّة صغيرة من الماء.

5–3

إتقان المفاهيم

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

75. حمضيّة المحلول A هي 10^3، أو أكثر 1000 مرة من حمضيّة المحلول B.

76. $[OH^-]$ يزداد؛ لأنّ $K_w = [H^+][OH^-]$

77. يضيف HCl أيونات H^+ إلى الماء فيتّجه الاتزان إلى اليسار.

إتقان حل المسائل

78. $[OH^-] = 1.85 \times 10^{-12}$ M

79. pH = 2.27

pOH = 11.7

80. محلول 0.10M HCl, pH = 1.00

محلول 0.10M HF, pH = 2.10

يحتوي HCl على تركيز أعلى لأيونات H^+ ؛ لأنّ قيمة pH أقلّ.

81. $K_a = 3.20 \times 10^{-7}$

5–4

إتقان المفاهيم

82. يجب أن يتفاعل حمض الهيدروأيوديك، وهيدروكسيد الصوديوم.

83. بنفسجي البروم كريسول مناسب؛ لأنّه يغيّر لونه قرب نقطة التكافؤ pH تساوي 6.0.

إتقان حل المسائل

69. منظفات الأمونيا اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_b لتأين الأمونيا في الماء. وكيف يستعمل محلول الأمونيا منظفًا آمنا للنوافذ مع أنه قاعدي؟

70. مطهّر حمض الهيبوكلوروز مطهر صناعي. اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_a لتأين حمض الهيبوكلوروز في الماء.

71. اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_b لتأين الأنيلين في الماء. الأنيلين قاعدة ضعيفة صيغتها $C_6H_5NH_2$.

72. تتفاعل القاعدة الضعيفة ZaH_2، مع الماء لتعطي محلولاً تركيز أيون OH^- فيه 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 0.0997 mol /L، فما قيمة K_b لـ ZaH_2؟

73. اختر حمضًا قويًا، واشرح كيف تحضّر محلولاً مخففًا منه؟ ثم اختر حمضًا ضعيفًا، واشرح كيف تحضّر محلولاً مركزًا منه؟

5-3

إتقان المفاهيم

74. ما العلاقة بين pOH وتركيز أيون OH^- في محلول؟

75. قيمة pH للمحلول A تساوي 2.0 وللمحلول B تساوي 5.0. أي المحلولين أكثر حمضية بناءً على تركيزي أيون H^+ في المحلولين، وكم مرة تزيد الحمضية؟

76. إذا تناقص تركيز أيونات H^+ في محلول مائي، فإذا يجب أن يحدث لتركيز أيونات OH^- ؟ ولماذا؟

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

إتقان حل المسائل

78. ما $[OH^-]$ في محلول مائي عند 298 K حيث $[H^+] = 5.40 \text{ M} \times 10^{-3}$؟

79. ما قيمة pH و pOH للمحلول المذكور في السؤال 78؟

80. لديك محلولان: 0.10 M HCl و 10. 0 M HF، أيهما يكون تركيز أيونات H^+ فيه أعلى؟ احسب pH لكل من المحلولين إذا علمت أن $[H^+] = 7.9 \times 10^{-3}$ M في محلول HF.

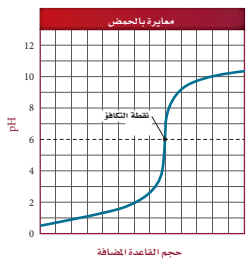
81. منظف الفلزات يستعمل حمض الكروميك منظفًا صناعيًا للفلزات. احسب قيمة K_a للتأين الثاني لحمض الكروميك H_2CrO_4 إذا كان لديك محلول تركيزه 0.040 M من كرومات الصوديوم الهيدروجينية قيمة pH لها 3.946؟

5-4

إتقان المفاهيم

82. ما الحمض والقاعدة اللذان يجب أن يتفاعلا لينتجا محلولاً مائيًا من يوديد الصوديوم؟

83. ما كواشف الأحماض والقواعد المبينة في **الشكل 24–5**، والتي من المناسب استعمالها في تفاعل التعادل المبين منحنى معايرته في **الشكل 30–5**؟ ولماذا؟



الشكل 30–5

84. متى يكون استعمال pH أفضل من الكاشف لتحديد نقطة النهاية لمعايرة حمض وقاعدة؟

85. ماذا يحدث عند إضافة حمض إلى المحلول المنظم HF / F^-؟

86. عند إضافة الميثيل الأحمر إلى محلول مائي ينتج لون وردي. وعند إضافة الميثيل البرتقالي إلى المحلول نفسه ينتج لون أصفر. ما مدى pH تقريبًا للمحلول؟ استعمل **الشكل 24–5**.

87. أعط الإسم والصيغة الجزيئية للحمض والقاعدة اللذين أنتجا كلًّا من الأملاح الآتية:

a. NaCl **b.** $KHCO_3$ **c.** NH_4NO_2 **d.** CaS

إتقان حل المسائل

88. اكتب معادلات كيميائية ومعادلات أيونية كليّة لتميّه كل من الملحين الآتيين في الماء:

a. كربونات الصوديوم **b.** بروميد الأمونيوم

89. تنقية الهواء يستعمل هيدروكسيد الليثيوم لتنقية الهواء بإزالة ثاني أكسيد الكربون. فإذا تمت معايرة عينة من محلول هيدروكسيد الليثيوم حجمها 25.00 mL بمحلول حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.3340 M فتطلب 15.22 mL من الحمض. فما مولارية محلول LiOH؟

90. أضيف 74.30 mL من محلول NaOH الذي تركيزه 0.43885 M لمعايرة 45.78 mL من حمض الكبريتيك حتى نقطة النهاية. ما مولارية محلول H_2SO_4؟

مراجعة عامة

91. اكتب معادلة تفاعل التأين، وتعبير ثابت تأين القاعدة، للإيثيل أمين $C_2H_5NH_2$ في الماء.

92. كم mL من محلول HCl الذي تركيزه 0.225 M يُحتاج إليه لمعايرة 6.00 g من KOH؟

93. ما قيمة pH لمحلول تركيزه 0.200 M من حمض الهيبوبروموز HBrO؟ إذا علمت أنّ $K_a = 2.8 \times 10^{-9}$؟

94. أي مما يأتي حمض متعدد البروتونات؟ اكتب معادلات تأين متتالية للأحماض المتعددة البروتونات في الماء.

a. H_3BO_3

b. CH_3COOH

c. HNO_3

d. H_2SeO_3

95. اكتب معادلتين كيميائيتين موزونتين لتأين حمض الكربونيك في الماء، وحدد زوج الحمض والقاعدة المرافقين في كل معادلة.

96. تكرير السكر يستعمل هيدروكسيد الإسترانشيوم في تكرير سكر الشمندر. ويمكن إذابة 4.1 g فقط من هيدروكسيد الإسترانشيوم في 1 L من الماء عند درجة حرارة 273 K. فإذا كانت ذوبانية هيدروكسيد الإسترانشيوم منخفضة إلى هذه الدرجة، فاشرح لماذا يمكن اعتباره قاعدة قلوية قوية؟

97. ما تراكيز أيونات OH^- في محاليل لها قيم pH الآتية: 3.00 و6.00 و 9.00 و 12.00 عند درجة حرارة 298 K؟ وما قيم pOH لها؟

98. جهاز pH في **الشكل 31–5** مغموس في محلول حمض أحادي البروتون، HA، تركيزه 0.200 M عند درجة حرارة 303 K. ما قيمة K_a للحمض عند درجة حرارة 303 K؟

الشكل 31–5

إتقان حل المسائل

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

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

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

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

89. $M_{LiOH} = 0.2033M$

90. $M_{H_2SO_4} = 0.3561M$

مراجعة عامة

91. $K_b = [C_2H_5NH_3^+][OH^-]/[C_2H_5NH_2]$

92. 475 mL من HCl

93. $pH = 4.63$

94. a و d حمضان متعددا البروتونات.

$H_3BO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + H_2BO_3^-{}_{(aq)}$

$H_2BO_3^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + HBO_3^{2-}{}_{(aq)}$

$HBO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + BO_3^{3-}{}_{(aq)}$

$H_2SeO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + HSeO_3^-{}_{(aq)}$

$HSeO_3^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + SeO_3^{2-}{}_{(aq)}$

95. $H_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$

حمض (H_2CO_3) قاعدته المرافقة (HCO_3^-)، القاعدة هي (H_2O)، والحمض المرافق هو (H_3O^+)

$HCO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$

الحمض (HCO_3^-)، والقاعدة المرافقة (CO_3^{2-})، القاعدة $H_2O_{(l)}$، والحمض المرافق H_3O^+.

96. يتفكك $Sr(OH)_2$ الذائب في الماء جميعه مكونًا أيونات Sr^{2+} و OH^-.

97. $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-11}$، pOH=11

$[OH^-] = 1.0 \times 10^{-8}$، pOH=8

$[OH^-] = 1.0 \times 10^{-5}$، pOH=5

$[OH^-] = 1.0 \times 10^{-2}$، pOH=2

98. $K_a = 3.1 \times 10^{-6}$

84. يستعمل مقياس pH، إذا لم يوجد كاشف يغيّر لونه عند نقطة التكافؤ أو قربها، أو عندما لا يتوافر كاشف.

85. ينتج الحمض أيونات الهيدروجين التي تتفاعل مع أيونات F^- في المحلول؛ لتكوّن جزيئات HF.

86. pH بين 4.2 و 5.6 تقريبًا.

87.a. قاعدة هيدروكسيد الصوديوم NaOH، حمض: حمض الهيدروكلوريك HCl.

b. قاعدة: هيدروكسيد البوتاسيوم KOH، حمض: حمض الكربونيك H_2CO_3.

c. قاعدة: أمونيا NH_3، حمض: حمض النيتروز HNO_2.

d. قاعدة هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$، حمض: حمض الهيدروكبريتيك H_2S.

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

التفكير الناقد

100. هـذه الجملة مضلِّلـة. إذا كانت المادة تتفـكك، أو تتفاعل مع الماء لتنتج أيونات الهيدروكسـيد في المحلول؛ فإنَّها تُعدّ قاعـدةً، ولكـن هناك مـوادّ كالأحمـاض العضويّة، تحتوي عـلى مجموعـات الهيدروكسـيل المرتبطـة، بحيـث تعطـي أيونات الهيدروجين في الماء فتنتج محاليل حمضيّة.

101. جميـع أحمـاض أرهينيوس هـي أحماض برونسـتد– لوري أيضًـا، ومعظـم أحمـاض برونسـتد– لوري هـي أحماض أرهينيوس، عندما تكون في محلول مائيّ، ومن أمثلتها: H_3PO_4، H_2SO_4، HCl. أحمـاض لويس هي مسـتقبلات أزواج إلكترونـات. بـما أنّ أيـون الهيدروجـين يتقبّل زوج إلكترونات، فجميع أحماض أرهينيوس وبرونستد– لوري هـي أيضًا أحماض لويـس، وبعض أحماض لويس ليسـت أحماض أرهينيوس ولا برونستد–لوري، مثل، BF_3.

102. لأن: $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

$[H^+] = 10^{-3}$

وهذا يعني أن: $[OH^-] = 10^{-11}$

103. **a.** حمض لويس: H^+ و H_2O . قاعدة لويس: OH^-

b. حمض لويس: BCl_3. قاعدة لويس: BCl_4^-

c. حمض لويس: SO_3. قاعدة لويس: H_2O

104. يجـب أن يبيّن المنحنى أنّ pH تزيد بسرعة أكبر قبل المنطقة الأفقيّـة وبعدها قرب نقطة التكافؤ، حيث سـيكون هناك سطح أفقيّ أكثر.

105. $C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + C_2H_5NH_{2(aq)}$

عنـد إضافة حمـض يتّجه الاتزان إلى اليسـار، وعند إضافة قاعدة؛ تتحِد أيونات OH^- المضافة مع أيونات H^+ ويتّجه التفاعل إلى اليمين.

106. pH للماء النقيّ تسـاوي 7.268 عنـد $10^\circ C$ ، وعند $25^\circ C$ pH تسـاوي 6.998. وعنـد $40^\circ C$، pH تسـاوي 6.767. مـن الخطـأ أن نقول أنّ pH للماء النقي دائـمًا 7.0؛ لأنّ pH للماء النقيّ يساوي 7.0 فقط عند $25^\circ C$، أو 298 K.

107. يحتمل أن تتأيّن فقط ذرّة الهيدروجين الموجودة في مجموعة COOH.

مسألة تحفيز

108. أضـف 30.1 mL مـن المـاء المقطّـر إلى كلٍّ من 20.0 mL مـن المحلول الأصلي.

مراجعة تراكمية

109. 1240 KJ /mol

110. التفاعل طارد للحرارة لأن إشـارة ΔH سـالبة. ولذلك تنتج حرارة مـن التفاعـل، وبحسـب مبـدأ لوتشـاتييليه فـإن رفع درجـة الحرارة سـيـؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو اليسار، ومن ثم إلى تقليل كمية المادة الناتجة وليس زيادتها.

99. اكتب المعادلة الكيميائيـة للتفاعل الذي يحدث عند إضافة قاعدة إلى المحلول المنظم HPO_4^{2-} / $H_2PO_4^-$.

التفكير الناقد

100. **انقد العبارة الآتية:** "يجب اعتبار المادة التي تحتوي صيغتها الكيميائية على مجموعة الهيدروكسيل قاعدةً".

101. **حلّل واستنتج** هـل يمكـن أن يصنّـف المحلـول حمضًـا بحسب برونستد – لوري ولا يصنف حمضًا بحسب قاعدة أرهينيـوس؟ وهـل يمكن أن يكون حمضًا بحسـب نموذج برونستد – لوري وليس حمضًا بحسب نموذج أرهينيوس؟ هل يمكن ألا يصنّف حمض لويس بوصفه حمض أرهينيوس أو برونستد – لوري؟ اشرح ذلك مع ذكر أمثلة.

102. **طبّـق المفاهيم** اسـتعمل ثابـت تأين الماء عنـد درجة حرارة 298 K لتفسـير لمـاذا ينبغي للمحلول الـذي قيمة pH له 3.0 أن تكون قيمة pOH له = 11.0؟

103. **حدّد** أحماض وقواعد لويس في التفاعلات الآتية:

a. $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$

b. $Cl^- + BCl_3 \rightleftharpoons BCl_4^-$

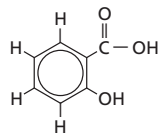
c. $SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4$

104. **تفسـير الرسـوم العلميـة** ارسـم منحنى الرقـم الهيدروجيني pH مقابل الحجم الناتـج عن معايرة حمض ثنائي البروتونات بمحلول NaOH تركيزه 0.10 M.

105. **السبب والنتيجة** وضح كيف يعمل المحلول المنظم من خـلال النظـام المنظـم $C_2H_5NH_3^+$ / $C_2H_5NH_2$؟ وبـيّن مستعينًا بالمعادلات كيف يتأثر نظـام (القاعدة الضعيفة/ الحمض المرافق) عند إضافة كميات صغيرة من الأحماض والقواعد إلى محلول هذا النظام؟

106. **طبّـق المفاهيـم** تتغير قيمـة K_w كغيرها من ثوابـت الاتزان بحسـب درجة الحـرارة. K_w يسـاوي 2.92×10^{-15} عند $10^\circ C$، و 1.00×10^{-14} عنـد $25^\circ C$ و 2.92×10^{-14} عنـد $40^\circ C$. في ضـوء هـذه المعلومـات احسـب قيـم pH للماء النقي عند درجات الحرارة الثلاث هذه، وقارن بينها. هل يصح القول إن pH للماء النقي دائمًا 7.0؟ اشرح إجابتك.

107. **توقـع** يسـتعمل حمـض السالسـليك ـ المبين في **الشـكل 32–5** في تحضـير الأسـبرين. بنـاءً عـلى معرفتـك بالهيدروجـين القابـل للتأيـن في جـزيء حمـض الخـل CH_3COOH، توقـع أي ذرات الهيدروجـين في حمـض السالسيليك قد تكون قابلة للتأين؟



الشكل 32–5

مسألة تحفيز

108. لديـك 20.0 mL مـن محلـول حمـض ضعيـف، HX، و $K_a = 2.14 \times 10^{-6}$. وقـد وجـد أن pH للمحلـول 3.800. ما كمية الماء المقطر التي يجب إضافتها إلى المحلول لرفع pH إلى 4.000؟

مراجعة تراكمية

109. عنـد حرق 5.00 g مـن مركب في مسـعر، ارتفعت درجة حـرارة 2.00 kg مـن المـاء مـن $24.5^\circ C$ إلى $240.5^\circ C$. ما كمية الحرارة التي تنطلق عند حرق 1.00 mol من المركب (الكتلة المولية = 46.1 g /mol)؟

110. يتفاعل الهيدروجين والفلور لتكوين HF بحسب معادلة الاتزان الآتية:

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF \quad \Delta H = -538KJ$$

هل تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة كمية المادة الناتجة؟ اشرح ذلك.

الشكل 33–5

111. يبين **الشكل 33–5** تغير الطاقة في أثناء سير تفاعل ما.

a. هل التفاعل طارد أم ماص للطاقة؟

b. ما عدد الخطوات التي يحدث فيها التفاعل؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

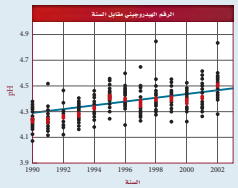
112. نماذج الأحماض والقواعد تخيل أنك الكيميائي برونستد في عام 1923م، وقد قمت بصياغة نظرية جديدة عن الأحماض والقواعد. اكتب رسالة إلى العالم السويدي أرهينيوس، تناقش فيها الفروق بين نظريتك ونظريته، وتشير فيها إلى مزايا نظريتك.

113. الأحماض الأمينية هناك عشرون حمضًا أمينيًّا تتحد لتكوين البروتينات في أجهزة المخلوقات الحية. اكتب بحثًا عن تراكيب وقيم Ka لخمسة أحماض أمينية وقوّمها. قارن بين قوى هذه الأحماض وقوى الأحماض في **الجدول 4–5**.

أسئلة المستندات

ماء المطر يبين **الشكل 34–5** قياسات pH في عدد من مناطق المراقبة في إحدى الدول. وتمثل البقعة الوردية متوسط القياسات التي أخذت في جميع المناطق في وقت معين.

ادرس الرسم البياني جيدًا، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه.



الشكل 34–5

114. كيف يتغير متوسط pH للسنوات 2003م – 1990م؟

115. احسب $[H^+]$ لأدنى وأعلى pH مسجلة على الرسم البياني. وكم مرة تزيد حمضية ماء المطر الأكثر حمضية على حمضية ماء المطر الأقل حمضية؟

116. ما قيمة pH في عام 2003م؟ وما مقدار التغير في متوسط pH بين عامي 1990 و2003م؟

205

111. a. التفاعل طارد للحرارة لأن طاقة المواد الناتجة أعلى من طاقة المواد المتفاعلة.

b. خطوتان، لأن المنحنى يظهر طاقتي تنشيط.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

112. يجب أن توضّح رسائل الطلاب أنّ نظريّة برونستد شملت الأحماض والقواعد التي عرّفتها نظرية أرهينيوس جميعها، ولكنها ذهبت أبعد من ذلك، بشرحها كيف أنّ بعض الموادّ كالأمونيا تنتج محاليل قاعديّة، ولكنّها لا تحتوي على أيون هيدروكسيد في تركيبها. وتوضّح نظريّة برونستد أيضًا دور الماء وأيون الهيدرونيوم في المحاليل الحمضيّة والقاعديّة.

113. ستتباين إجابات الطلاب. فمثلاً، K_a لمادّة الفالين (الفِلِّين)، هو 2.51×10^{-4} عند 298 K.

أسئلة المستندات

114. زيادة pH تدريجيًّا من 4.25 تقريبًا في 1990م إلى 4.55 تقريبًا في 2003م.

115. 5.9 مرّات أكثر حمضيّة.

116. يمرّ خطّ الاتجاه في 4.48 في 2003 م. تغيّر معدل pH من 4.39 في 1990م إلى 4.48 في 2003م ، مقدار التغيّر 0.18

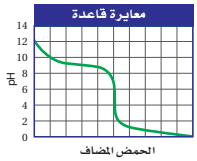
اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. c
2. c
3. b
4. a
5. d
6. c
7. d

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن 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 8.0 – 9.6
3. ينتج التنفس الخلوي 38 mol تقريبًا من ATP مقابل كل مول يستهلك من الجلوكوز:

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

إذا كان كل 1 mol من ATP ينتج 30.5 kJ من الطاقة فما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من قطعة حلوى تحتوي على 130.0 g من الجلوكوز؟
   a. 27.4 kJ
   b. 836 kJ
   c. 1159 kJ
   d. 3970 kJ
4. بروميد الهيدروجين HBr حمض قوي ومادة أكالة شديدة. ما pOH لمحلول HBr الذي تركيزه 0.0375 M ؟
   a. 12.574
   b. 12.270
   c. 1.733
   d. 1.433

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7.

ثوابت التأين وبيانات pH لبعض الأحماض العضوية الضعيفة

الحمض	pH محلول تركيزه 1.000 M	K_a
HA	1.87	1.78×10^{-4}
HB	؟	3.55×10^{-3}
HX	2.43	؟
HD	1.09	7.08×10^{-3}
HR	2.01	9.77×10^{-5}

5. أي حمض أقوى؟
   a. HA
   b. HB
   c. HX
   d. HD
6. ما ثابت تأين حمض HX؟
   a. 1.0×10^{-5}
   b. 2.43×10^{0}
   c. 3.72×10^{-3}
   d. 7.3×10^{4}
7. ما قيمة pH لمحلول حمض السيانوإيثانويك الذي تركيزه 0.40 M؟
   a. 2.06
   b. 1.22
   c. 2.45
   d. 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.

أسئلة الإجابات القصيرة

9. الأحماض والقواعد الشائعة استعمل البيانات الموجودة في **الجدول أدناه** للإجابة عن الأسئلة الآتية:

المادة	pH
الأمونيا المنزلية	11.3
عصير الليمون	2.3
مضاد الحموضة	9.4
الدم	7.4
المشروبات الغازية	3.0

a. أي مادة أكثر قاعدية؟

b. أي مادة أقرب إلى التعادل؟

c. أي مادة تركيز $[H^+]$ فيها 4.0×10^{-10} M

d. أي مادة قيمة pOH لها 11.0

e. كم مرة تزيد قاعدية مضاد الحموضة على قاعدية الدم؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

10. أضيف 5.00 mL من HCl تركيزه 6.00 M إلى 95.00 mL من الماء النقي، وأصبح الحجم النهائي للمحلول 100. mL. ما قيمة pH للمحلول؟

11. محلول مائي منظم بحمض البنزويك C_6H_5COOH وبنزوات الصوديوم C_6H_5COONa، تركيز كل منهما 0.0500 M. فإذا كان K_a لحمض البنزويك يساوي 6.4×10^{-5}، فما قيمة pH للمحلول؟

8. b

أسئلة الإجابات القصيرة

9. a. الأمونيا المنزليّة.

b. الدم.

c. مضادّ الحموضة.

d. المشروبات الخفيفة.

e. 100 مرة.

أسئلة الإجابات المفتوحة

10. PH=0.523

11. PH=4.19

هدف يلاحظ الطلاب تفاعل أكسدة
ختزال.

حتياطات السلامة اقرأ تعليمات
سلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء
ل العمل.

تخلص من المواد يمكن التخلص من
حاليل في المغسلة باستخدام كمية
يرة من الماء. تخلص من المحاليل
كل منفصل. لا تقم بخلط المحاليل
ي المغسلة. إذا كان لمدرستك نظام
رف صحي خاص فلا تتخلص من المواد
يميائية في المغسلة. راجع مع السلطات
حلية طرق التخلص الصحيح من هذه
واد.

كن وضع المسامير المطلية بالنحاس في
ة المهملات.

تراتيجيات التدريس

قم بتحضير محلول $CuSO_4$ بشكل
مسبق. انظر دليل المعلم للتعرف على
طريقة تحضير المحاليل.

ذكّر الطلاب بأن التفاعل هو تفاعل
استبدال أحادي، اطلب إليهم شرح
السبب.

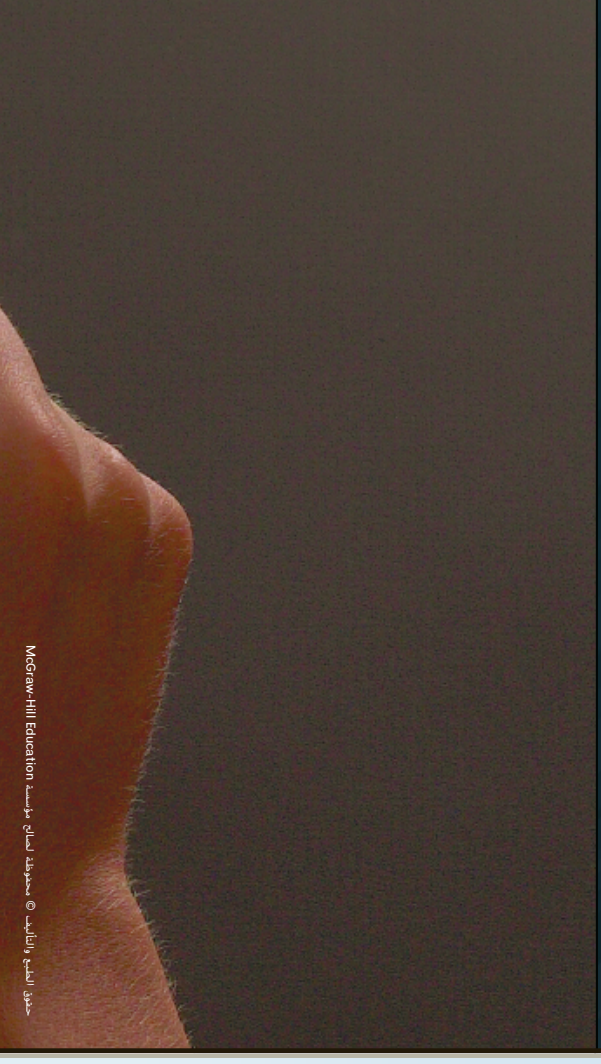
نتائج المتوقعة يستبدل الحديد أيونات
حاس في المحلول مما يسمح بتكوّن
ز النحاس على المسمار. سيتحول لون
ريتات النحاس(II) الأزرق إلى مركب
ديم اللون.

جراء

اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.

استخدم قطعة من **الصوف الفولاذي** لتلميع طرف **مسمار حديدي**.

أضف حوالي 3 mL من محلول **1.0 *M* كبريتات النحاس (II) ($CuSO_4$)** إلى **أنبوب اختبار**. ضع الطرف الملمع من المسمار في محلول $CuSO_4$. ضع أنبوب الأخبار على **حامل أنابيب الاختبار** وراقبه لمدة 10 دقائق. سجل ملاحظاتك.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التحليل

1. **اشرح** ماذا حدث للون محلول كبريتات النحاس (II). تحول المحلول من اللون الأزرق إلى عديم اللون
2. **حدّد** المادة الملتصقة بالمسمار. يوجد فلز النحاس على المسمار.
3. **اكتب** المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الذي لاحظته.

$$Fe + CuSO_4 \rightarrow Cu + FeSO_4$$

استقصاء

ماذا تعتقد أنه سيحدث إذا تم وضع النحاس في محلول كبريتات حديد؟ صمم دراسة لاختبار فرضيتك. ستختلف الإجابات. عند وضع النحاس في محلول كبريتات حديد، لن يحدث أي تفاعل. يجب أن تكون التحقيقات مشابهة لتلك الواردة في التجربة الاستهلالية.

0534_0535_C15_CO_681708.indd 534 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

تفاعل الأكسدة والاختزال في أنبوب الضوء (عصا التوهج) ينتج عنه ضوء بدون حرارة. من تفاعلات الأكسدة والاختزال الأخرى الشائعة التي ينتج عنها الضوء مثل الكائنات البحرية التي تعيش في الأعماق واليراعات.

الفيزيائية اكتب على السبورة $2Zn(s) + O_2(g) \rightarrow 2ZnO_2(s)$. اسأل الطلاب ما هي الأنواع الموجودة في التفاعل. ذرات الخارصين، جزيئات الأكسجين وحدات صيغة أكسيد الخارصين (أيونات خارصين وأكسيد) اسأل الطلاب كيف كوّنت الذرات والجزيئات الأيونات. اكتسبت أو فقدت إلكترونات. أخبر الطلاب أن الكيميائيين الأوائل أطلقوا على ذلك اسم تفاعل الأكسدة لأن الأكسجين كان مادة متفاعلة. وقد أدركوا مؤخرا أن العديد من المتفاعلات–حتى تلك التي لا يكون فيها الأكسجين مادة متفاعلة، تتضمن فقدان واكتساب الإلكترونات، على الرغم من أن مصطلح الأكسدة لا يزال يستخدم حتى الآن.

الربط بالمعرفة السابقة

أطلب إلى الطلاب مراجعة المفاهيم التالية قبل دراسة هذه الوِحدة.

- السالبية الكهربائية electronegativity
- التفاعلات الكيميائية وأنواع التفاعلات

استخدام الصورة

عصا الإضاءة اجعل الطلاب يتناقشوا بشأن الحالات التي استخدموا فيها عصا الإضاءة. اسألهم عن طريقة عمل عصا الإضاءة عندما تميل عصا الإضاءة ينكسر الوعاء الزجاجي بداخلها ويتفاعل محلولان يطلقان الطاقة. تثير الطاقة الإلكترونات في الذرات في الصبغ المحيط. ومع عودة الذرات لحالة الاستقرار وفقدان الطاقة يضيء الصبغ. اسأل الطلاب عن فوائد عصا الضوء في الحالات الطارئة. يمكن أن تتضمن الإجابة: انبعاث ضوء بارد، لا تحتاج إلى مصدر طاقة خارجي، يمكن تخزينها بسهولة من أجل استخدامها في المستقبل.

0534_0535_C15_CO_681708.indd 535 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

بحث عن تعريف المصطلح متكاملة
إعطاء أمثلة على ذلك. ستختلف
جابات ولكن يجب أن تحتوي على
ايا وألوان وبعض الأنشطة والتفاعلات
ل القوى والأزواج القاعدية للحمض
ووي DNA. اشرح للطلاب أن تفاعلات
كسدة والاختزال هي تفاعلات متكاملة
ه لا يمكن أن يحدث تفاعل واحد دون أن
حدث التفاعل الآخر في الوقت نفسه.

التدريس

عرض توضيحي سريع

صوف فولاذي خذ قطعة صغيرة من الصوف الفولاذي وقم بنفخها حتى تصبح في ضعف حجمها الأصلي. اسأل الطلاب عما إذا كانوا يعتقدون أن الصوف الفولاذي سيحترق. سيقترح معظم الطلاب أنها ستصبح ساخنة وقد تتوهج ولكنها لن تحترق. أشعل لهب بنزن واستخدم الملقط للإمساك بالصوف الفولاذي في اللهب. سيحترق الصوف الفولاذي مصدرًا توهجًا ولمعانًا. من الأفكار الجيدة أن تقوم بذلك على طبق أو سطح من الفخار. كن قدوة أثناء القيام بالممارسات المختبرية بشكل جيد عن طريق ارتداء نظارات الأمان عند القيام بهذه التجربة. أخبر الطلاب أن هذا التفاعل هو مثال على التأكسد السريع الذي يتفاعل فيه الحديد مع أكسجين الهواء. بعد أن يبرد الصوف الفولاذي يمكن إلقاؤه في القمامة.

سؤال الشكل 1
فاعل هو تفاعل احتراق.

مراجعة المفردات

spectator ion الأيون المتفرج: الأيون الذي لا يشارك في التفاعل ولا يظهر عادةً في المعادلة الأيونية

المفردات الجديدة

oxidation-reduction reaction	تفاعل الأكسدة والاختزال
oxidation	الأكسدة
reduction	الاختزال
oxidation number	عدد التأكسد
oxidizing agent	عامل مؤكسد
reducing agent	عامل مختزل

انتقال الإلكترون وتفاعل الأكسدة والاختزال

كما تعلمت سابقاً أن التفاعل الكيميائي يمكن تصنيفه كأحد الأنواع الخمسة_الاتحاد أو التفكك أو الاحتراق أو استبدال أحادي أو استبدال ثنائي. السمة المميزة للاحتراق وتفاعلات الاستبدال الأحادي أنهما يشتركا في انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى كما يحدث في الكثير من تفاعلات الاتحاد والتفكك. مثال لذلك، تفاعل الاتحاد بين الصوديوم (Na) والكلور (Cl_2) لتكوين مركب كلوريد الصوديوم الأيوني (NaCl)، حيث ينتقل إلكترونان من ذرتي الصوديوم إلى جزيء Cl_2 ويتكون أيونين من Cl^-.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$

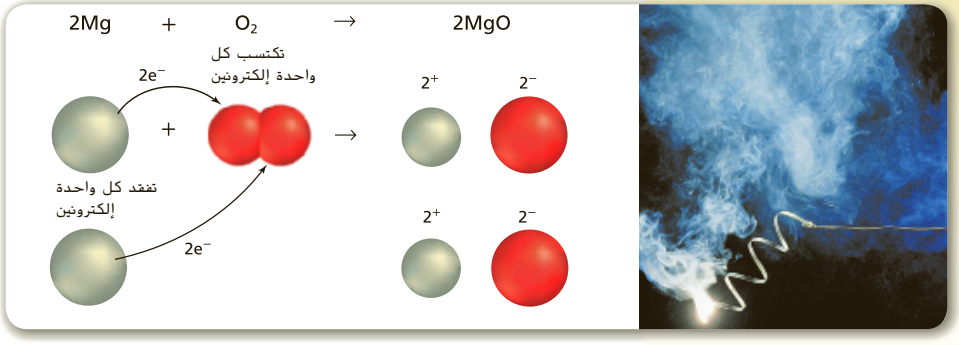
المعادلة الكيميائية الأيونية الصرفة: $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$

مثال لتفاعل الاحتراق هو احتراق المغنيسيوم في الهواء والذي يتضمن انتقال للإلكترونات.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2Mg^{2+} + 2O^{2-}$

عندما يتفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين كما هو موضح في الشكل **1**، فإن كل ذرة مغنيسيوم تمنح إلكترونين لكل ذرة أكسجين. ذرتا المغنيسيوم يصبحا أيوني مغنيسيوم (Mg^{2+})، وذرتا الأكسجين تصبح أيوني أكسيد (O^{2-}). يسمى التفاعل الذي فيه تنتقل الإلكترونات من مادة إلى أخرى **تفاعل أكسدة واختزال.**



■ **الشكل 1** يتضمن تفاعل المغنيسيوم والأكسجين انتقال للإلكترونات من المغنيسيوم إلى الأكسجين. وبناءً عليه، فإن هذا التفاعل هو تفاعل أكسدة واختزال.

صنف التفاعل بين المغنيسيوم والأكسجين.

عرض توضيحي

اختبار المرآة الفضية لتولين

الهدف

معرفة كيف يغير السكر المختزل أيون الفضة إلى مرآة من فلز الفضة.

المواد

(A) $AgNO_3$ (12.8 g)؛ **(B)** KOH(3.4 g)؛ **(C)** الدكستروز (D-الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$، 2.3 g)؛ 15 *M* $NH_3(aq)$؛ حمض النتريك المركز (50 mL)؛ كأس (600 mL)، قطّارة، وعاء مغلق بسدادة ليُطلى بالفضة. (1 إلى 2 L)؛ مخبار مدرج؛ ساق تحريك، ماء مقطر (1.5 L) ارجع لدليل المعلم بشأن تحضير جميع المحاليل.

احتياطات السلامة

تحذير: حمض النيتريك حمض يسبب التأكل

التخلص من المواد تخلص من الفضة في الوعاء 1 *M* HNO_3؛ استرجع $AgNO_3$ بالتبخير.

الإجراء

ضع 150 mL من **(A)** في كأس 600 mL.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

0536_0544_C15_S1_681708.indd 536 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

■ **الشكل 2** التفاعل بين أيونات البروميد وغاز الكلور تفاعل أكسدة واختزال. هنا، يتم انتقال الإلكترونات من أيونات البروميد إلى الكلور.

تأمل تفاعل الاستبدال الأحادي حيث يتفاعل فيه الكلور مع أيونات البروميد الناتجة من محلول مائي لبروميد البوتاسيوم الموضح في **الشكل 2**.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2KBr(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2Br^-(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow Br_2(aq) + 2Cl^-(aq)$

علمًا بأن الكلور يستقبل الإلكترونات من أيونات البروميد ليصبح أيونات الكلوريد. عندما يفقد أيونا البروميد الإلكترونات ترتبط ذرتا البروم وتشكل رابطة تساهمية مع بعضها لتكوين جزيء Br_2.

الأكسدة والاختزال في الأصل، تشير كلمة الأكسدة إلى التفاعلات التي تتحد فيها المادة مع الأكسجين. حالياً، **الأكسدة** تُعرف بأنها فقد للإلكترونات من قِبَل المادة المتفاعلة. انظر مرة أخرى إلى المعادلة الأيونية الصرفة لتفاعل الصوديوم والكلور. تأكسد الصوديوم لأنه فقد إلكترون.

الأكسدة: $Na \rightarrow Na^+ + e^-$

لكي تحدث الأكسدة، فإنه يجب أن تُكتسب الإلكترونات المفقودة من المادة التي تأكسدت من قبل ذرات أو أيونات مادة أخرى. وبمعنى آخر، يجب أن يكون هناك عملية مصاحبة تتضمن اكتساب الإلكترونات. **الاختزال** هو اكتساب للإلكترونات من قبل المادة المتفاعلة. بتتبع مثال كلوريد الصوديوم فإن تفاعل الاختزال الذي يُصاحب أكسدة الصوديوم هو اختزال الكلور.

الاختزال: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

الأكسدة والاختزال هما عمليتان مترافقتان: الأكسدة لا يمكن أن تحدث ما لم يحدث الاختزال أيضاً. من المهم أن تفرق وتميز بين الأكسدة والاختزال.

يتضمن فقدان إلكترونات لأنهم يربطون كلمة فقد بالاختزال. يجب تذكيرهم بأن عدد التأكسد يقل حين يكتسب عنصر ما إلكترونات.

عرض المفهوم

تأكد من تعزيز هذا المفهوم عن طريق تقديم أمثلة لأنصاف التفاعلات للطلاب. اجعلهم يقرروا ما هو عدد التأكسد الذي قل أو زاد في العنصر وما إذا كان قد تم فقد أو اكتساب إلكترونات أثناء العملية وتسمية نصف التفاعل بشكل صحيح إما كعملية أكسدة أو اختزال.

تقويم المعرفة الجديدة

اجعل مجموعات صغيرة من الطلاب تقوم بتطوير تشابه جزئي يوضح كل من المصطلحات الآتية: الأكسدة، الاختزال، عامل مؤكسد وعامل مختزل. اجعلهم يعرضوا نماذجهم المشابهة. ض م

التعلم التعاوني

أضف 75 mL من **(B)** إلى الكأس. قم ببطء بإضافة قدر كافٍ من 15 *M* من $NH_3(aq)$ مع التحريك حتى تُذيب الراسب.اغسل الكأس الذي سيطلى بالفضة بمقدار 50 mL من حمض النيتريك المركز ثم اغسله تمامًا بالماء المقطر. صب 50 mL من **(C)** وكامل محتويات الكأس $(AgNO_3 + KOH + NH_3)$ في الوعاء التي سيتم طلاؤها بالفضة. قم بتدوير الوعاء المغلق وقم بإمالته للمحافظة على رطوبة السطح. بعد دقيقة أو دقيقتين، سيبدأ تكوّن مرآة من الفضة. استمر في تدوير وإمالة الوعاء حتى تغطي المرآة كل السطح الداخلي. صب خليط التفاعل واغسل الوعاء من الداخل مرتين بماء الصنبور.

النتائج

يُختزل Ag^+ إلى Ag^0 والذي يترسب في وعاء التفاعل من الداخل.

التحليل

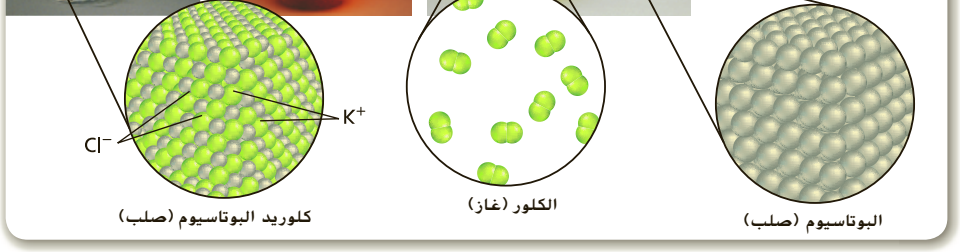
ما هو تفاعل الأكسدة المكمل؟ تتأكسد مجموعة الألدهيد من الجلوكوز لتصبح حمض كربوكسيليك.

التقويم

المهارة اجعل الطلاب يبحثوا ويجيبوا عن هذه الأسئلة. ما الذي يتكون عند تأكسد الألدهيد؟ حمض كربوكسيلي ما اسم الاختبار الذي يكشف من السكر المختزل؟ اختبار تولين ض م

0536_0544_C15_S1_681708.indd 537 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	



أعداد التأكسد يسمى الرقم المحدد لذرة أو لأيون ليوضح درجتها من الأكسدة أو الاختزال **عدد التأكسد**. على سبيل المثال، يرتبط عدد التأكسد لعنصر في المركب الأيوني بعدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة من ذرة العنصر عندما تصبح أيون. تفاعل فلز البوتاسيوم مع غاز الكلور، كما هو مبين في **الشكل 3**، هو تفاعل أكسدة واختزال. معادلة التفاعل تكون كالتالي.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2K^+(s) + 2Cl^-(s)$

يقع البوتاسيوم في المجموعة 1 التي تميل إلى فقدان إلكترون واحد في التفاعلات بسبب سالبيتها الكهربائية المنخفضة فيكون عدد تأكسده 1+ في KCl. من ناحية أخرى، الكلور يقع في المجموعة 17 الذي تميل ذراتها لاكتساب إلكترون واحد في التفاعلات بسبب سالبيتها الكهربائية العالية فيكون عدد تأكسده 1− في KCl. في شروط الأكسدة والاختزال، يمكنك القول بأن ذرات البوتاسيوم تأكسدت من 0 إلى الحالة 1+ لأن كل ذرة تفقد إلكترون واحد وذرات الكلور اختزلت من 0 إلى الحالة 1− لأن كل ذرة تكتسب إلكترون واحد. عندما تُختزل ذرة أو أيون، فإنه تنخفض القيمة الرقمية لعدد التأكسد. وعلى العكس من ذلك، عندما تتأكسد ذرة أو أيون فإنه يزداد عدد التأكسد.

أعداد التأكسد هي أدوات يستخدمها العلماء في كتابة المعادلات الكيميائية لمساعدتهم على تتبع مسار حركة الإلكترونات في تفاعل الأكسدة والاختزال. مثل بعض الأدوات الأخرى التي عرفتها، أعداد التأكسد تكتب بطريقة محددة بحيث توضع الإشارة السالبة أو الموجبة قبل الرقم (2+، 3+)، بينما تُكتب الشحنة الأيونية بوضع الإشارة بعد الرقم (2+، 3+).

عدد التأكسد: 3+ الشحنة الأيونية: 3+

التحقق من فهم النص **تحديد** ما العنصر الأكثر مقدرة على اكتساب الإلكترونات، البوتاسيوم أم الكلور؟

مهن في الكيمياء

حرفي الخزف حرفي الخزف هو الفنان الذي يصنع الفخار. يستخدم هو أو هي مواد تحتوي أيونات فلزية لها حالات أكسدة متعددة لتحقيق مجموعة متنوعة من الألوان على الخزف. تُنتج المواد التي تحتوي على أيونات نحاس لون أخضر مائل للأزرق عندما تتأكسد وتنتج لون مِحمر عندما تُختزل في الموقد.

التدريس المتمايز

الطلاب دون المستوى اشرح كيف يُعد فن الاستذكار أداة مفيدة لتذكر المفاهيم الصعبة أو الجديدة. وضح فن الاستذكار في النص وشارك تعليمات الاستذكار التالية مع الطلاب لمساعدتهم على تذكر ما يحدث أثناء عمليات الأكسدة والاختزال. حاول صياغة عبارة سهلة تذكر الطلاب بأن الأكسدة هي فقدان إلكترونات والاختزال هي اكتساب إلكترونات. اجعل الطلاب يحاولوا التفكير في مساعدات أخرى لتقوية الذاكرة. **قم**

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

0536_0544_C15_S1_681708.indd 538 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

أكسدة

$$2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$$

اختزال

عامل مؤكسد: Cl_2

عامل مختزل: البُوتاسْيُوم

من التطبيقات الشائعة لتفاعلات الأكسدة والاختزال تنظيف أسطح الفلزات. تكون العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الأخرى مفيدة في الحياة اليومية. على سبيل المثال، عندما تضيف مبيض الغسيل لتبييض الملابس فأنت تستخدم محلول مائي من هيبوكلوريت الصوديوم (NaClO) وهو عامل مؤكسد. يؤكسد الصبغات والبقع وغيرها من المواد التي تلطخ الملابس. **جدول 1** يلخص الطرائق المختلفة لوصف تفاعلات الأكسدة والاختزال.

• العامل المختزل يتأكسد. • زيادة عدد التأكسد.	• عدد تأكسد X يزداد.
الاختزال • يكتسب المتفاعل الآخر إلكترون. • العامل المؤكسد يُختزل. • يقل عدد التأكسد.	• Y يكتسب إلكترون. • Y عامل مؤكسد ويُختزل. • عدد تأكسد Y يقل.

تجربة مصغَّرة

ملاحظة أحد تفاعلات الأكسدة والاختزال

كيف يمكن إزالة الشوائب عن الفضة؟

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل بداية العمل.
2. ادلك برفق رقائق من الألمنيوم بقطعة من الصوف الفولاذي لتنظيفها من الشوائب.
3. قم بلف قطعة صغيرة من الفضة التي عليها شوائب في رقائق الألمنيوم، وتأكد من تلامس منطقة الشوائب جيدًا مع رقائق الألمنيوم.
4. ضع القطعة الملفوفة في كأس سعة 400 mL وأضف مقدارًا كافيًا من ماء الصنبور لتغطيتها تمامًا.
5. أضف حوالي ملعقة واحدة ممتلئة من **صودا الخبيز** وحوالي ملعقة واحدة ممتلئة من **ملح الطعام** إلى الكأس.
6. باستخدام ماسك احمل الكأس وضعه، بمحتوياته على سخان كهربائي، وقم بالتسخين حتى غليان الماء. مع الحفاظ على الحرارة لمدة 15 min تقريبًا حتى تختفي الشوائب.

التحليل

1. **اكتب** معادلة تفاعل الفضة مع كبريتيد الهيدروجين الذي ينتج كبريتيد الفضة والهيدروجين.
2. **اكتب** معادلة تفاعل الشوائب (كبريتيد الفضة) مع رقائق الألمنيوم التي تنتج كبريتيد الألمنيوم والفضة.
3. **حدد** أي فلز (الألمنيوم أم الفضة). يكون أكثر تفاعلاً. كيف عرفت ذلك من النتائج الخاصة بك؟
4. **فسر** لماذا يجب عليك عدم استخدام أواني الألمنيوم عند تنظيف أواني الفضة.

احتياطات السلامة اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل. اتخذ الاحتياطات عند غلي الماء على سطح ساخن. لا تترك الماء يغلي حتى يجف. أضف ماء إذا تطلب الأمر.

التخلص من المواد إذا كانت مدرستك مشتركة في برنامج محلي لإعادة التدوير، يمكن وضع ورق الألمنيوم في صندوق تجميع الألمنيوم. أو يمكن التخلص منه في أي صندوق قمامة عادي.

استراتيجيات التدريس

- إذا لم يكن لديك أي عنصر فضي به شوائب، فقم برش بعض المايونيز أو المسطردة اللذان يحتويان على الكبريتيد على الفضة أو أي غرض مطلي بالفضة واتركه طوال الليل. اغسل الغرض المطلي بالماء وامسح كل بقايا المايونيز أو المسطردة.
- اشرح أن المركب الملوِّث في البيئة هو في الأساس كبريتيد الهيدروجين. وهو يتكون من تحلل النباتات والحيوانات ومن العمليات الصناعية.

النتيجة المتوقعة يتم إزالة التلوث عن الجسم بالكامل وليس فقط من الجزء الملامس للألمنيوم.

التحليل

1. $2Ag + H_2S \rightarrow Ag_2S + H_2$
2. $3Ag_2S + 2Al \rightarrow 6Ag + Al_2S_3$
3. يمتلك الألمنيوم أكبر قوة تأكسد لأنه يتأكسد في التفاعل.
4. يفسد وعاء الألمنيوم.

مشروع الكيمياء

منظف أنابيب الصرف الصحي منظف الأنابيب البلوري هو هيدروكسيد صوديوم صلب يحتوي على الألمنيوم. عند إضافته للماء، يتفاعل الألمنيوم مع الماء في المحلول القاعدي ويتأكسد. اطلب إلى الطلاب اكتشاف المكونات الموجودة في منظفات أنابيب المغاسل السائلة. ثم اطلب منهم إجراء أبحاث حول المكونات الموجودة في المنظفات الجديدة ذات الرغوة وكيفية عملها.

ض م

التقويم

المعرفة فكر في قدر المعرفة المكتسب من هذه التجربة وتحقق من الطريقة التي يمكن بها تطبيق عملية التنظيف بتفاعل أكسدة واختزال على أشياء أخرى غير الفضة الملوثة. ض م

0536_0544_C15_S1_681708.indd 539 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

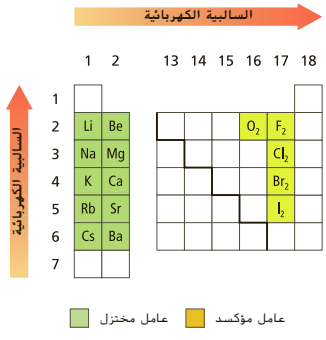
والنواتج كلها مركبات جزيئية. إلا أنه لايزال هناك تفاعل أكسدة واختزال حيث يكون النيتروجين هو العامل المؤكسد ويكون الهيدروجين هو العامل المختزل.

في حالات مثل تكون الأمونيا حيث تتشارك ذرتان الإلكترونات، كيف يمكن أن نقول أن ذرة واحدة فقدت الإلكترونات وتأكسدت في حين أن ذرة أخرى اكتسبت الإلكترونات وأختزلت؟ للإجابة على ذلك، ينبغي عليك معرفة أي الذرات تجذب الإلكترونات بقوة أكبر أو بمعنى آخر أي الذرات هي أكثر سالبية كهربائية. قد تجد أنه من المفيد مراجعة مناقشة أنماط السالبية الكهربائية في الجدول الدوري.

الشكل 4 يوضح زيادة السالبية الكهربائية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وتقل عموماً عند الانتقال للأسفل في المجموعة. العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية المنخفضة (مجموعات 1 و 2) هي عوامل مختزلة قوية وتلك العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية العالية (مجموعة17 والأكسجين في المجموعة 16) هي عوامل مؤكسدة قوية.

الهيدروجين لديه سالبية كهربائية قدرها 2.20. والنيتروجين لديه سالبية كهربائية قدرها 3.04. لغرض دراسة تفاعلات الأكسدة والاختزال فإنه يتم التعامل مع العنصر الأكثر سالبية كهربائية (النيتروجين) كما لو كان قد تم اختزاله بإكتساب إلكترونات من عنصر آخر (الهيدروجين). على العكس من ذلك، يتم التعامل مع العنصر الأقل سالبية كهربائية (الهيدروجين) كما لو كان قد تم أكسدته بفقدان إلكترونات إلى العنصر الآخر (النيتروجين).

$$\underbrace{N_2(g)}_{\text{اختزال (اكتساب جزئي لـ } e^-)} + 3H_2(g) \rightarrow \underbrace{2NH_3(g)}_{\text{تأكسد (فقدان جزئي لـ } e^-)}$$



■ **الشكل 4** تزداد السالبية الكهربائية للعناصر من اليسار إلى اليمين عبر الدورات في الجدول الدوري وتقل كلما اتجهنا إلى أسفل في المجموعة. العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية المنخفضة هي عوامل مختزلة قوية والعوامل ذات قيم السالبية الكهربائية العالية عوامل مؤكسدة قوية.

تنبأ ما العنصر الذي سيكون أقوى عامل مؤكسد، وأيها أقوى كعامل مختزل؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أكسد. ض م

الشكل 4 إجابة السؤال
F; C

دفتر الكيمياء

الكيمياء في الرسوم الكرتونية اجعل الطلاب يرسموا رسمًا كرتونيًا أو قصة مصورة مختصرة لذرة تفقد إلكترونًا وتمنحه لذرة أخرى. اجعلهم يدرجوا في قصتهم بعض الرسوم التي توضح ما الذرة التي تتأكسد وما الذرة التي تختزل. ض م

0536_0544_C15_S1_681708.indd 540 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

2 حساب المجهول

تعرف على عمليات الأكسدة وعمليات الاختزال.

(أكسدة – فقد إلكترونات) $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ ذرة الألمنيوم تفقد ثلاثة إلكترونات وتصبح أيون ألمنيوم.

(اختزال – كسب إلكترونات) $Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$ أيون الحديد يكسب الثلاثة إلكترونات المفقودة من الألمنيوم ويصبح ذرة حديد.

Al تأكسد وبالتالي فهو عامل مختزل. Fe^{3+} اكتسب إلكترونات وبالتالي فهو عامل مؤكسد.

3 تقييم الإجابة

في هذه العملية، ذرات الألمنيوم تفقد إلكترونات وهي التي تأكسدت بينما أيونات الحديد تكتسب إلكترونات وهي التي اختزلت. تنطبق تعريفات الأكسدة والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل. ملاحظة أن الشحنة الأيونية للأكسجين لم تتغير في هذا التفاعل وبالتالي فإن الأكسجين ليس عاملاً رئيسًا في هذه المسألة.

صدأ عندما يتفاعل الهواء الرطب مع الحديد، يتأكسد الحديد. أكسيد الحديد (Fe_2O_3)، الذي يطلق عليه اسم الصدأ، وهو شائع لأن الحديد يتفاعل مع الأكسجين. الحديد النقي غير منتشر في الطبيعة. الفولاذ خليط يحتوي على حديد، وهو يستخدم بدلًا من الحديد. يوجد طرائق مختلفة للحماية، مثل الدهان والطلاء الكهربائي أوالتغطية بالبلاستيك أو الجلفنة، جميعها يمكن أن تمنع تكون أكسيد الحديد.

مسائل للتمرين

1. حدد إذا كانت كل من التغيرات التالية أكسدة أم اختزال.

a. $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$
b. $K \rightarrow K^+ + e^-$
c. $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$
d. $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

2. تعرف على المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في العمليات الآتية:

a. $2Br^- + Cl_2 \rightarrow Br_2 + 2Cl^-$
b. $2Ce + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Ce^{3+}$
c. $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$
d. $2Na + 2H^+ \rightarrow 2Na^+ + H_2$

3. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في المعادلة الآتية. فسر إجابتك.
$Fe(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

4. **تحدي** تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل تفاعل:

a. $Mg + I_2 \rightarrow MgI_2$
b. $H_2S + Cl_2 \rightarrow S + 2HCl$

تطبيق

1. a. اختزال
b. أكسدة
c. أكسدة
d. اختزال
2. a. Br^- يتأكسد، Cl يُختزل
b. Ce يتأكسد، Cu^{2+} يُختزل
c. Zn يتأكسد، O_2 يختزل
d. Na يتأكسد، H^+ يُختزل
3. Ag^+ هو العامل المؤكسد، Fe هو العامل المختزل؛ Ag^+ يختزل، Fe يتاكسد
4. a. I_2 هو العامل المؤكسد، Mg هو العامل المختزل
b. Cl_2 هو العامل المؤكسد، H_2S هو العامل المختزل

الإجابة

اختزال: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
أكسدة: $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$

يكتسب كل H^+ إلكترونًا ويكون هو المادة التي اختزلت. H^+ هو العامل المؤكسد.

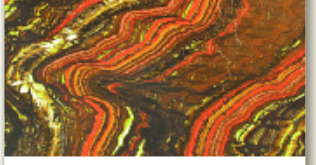
يفقد كل Ni إلكترونين ويكون هو المادة الي تأكسدت. Ni هو العامل المختزل.

دفتر الكيمياء

صنع الفلز اجعل الطلاب يعدوا قائمة تضم ثلاثة أغراض فلزية يستخدمونها في أنشطتهم اليومية. اجعلهم يجروا بحثًا عن طريقة صناعة هذه الفلزات، ويكتبون في دفاترهم شرحًا لعمليات الاختزال المدرجة ضمن التفاعل. ض م

0536_0544_C15_S1_681708.indd 541 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	



الشكل 5 صخور الحديد الرسوبية— الموضَّحة في هذا المقطع العرضي للصخور —تعتبر نتيجة وجود عدة حالات أكسدة للحديد كما أنها تعتمد على المعادن الموجودة.

الجدول 2 **قواعد تحديد أعداد التأكسد**

القاعدة	مثال	$n_{عنصر}$
1. عدد التأكسد لذرة عنصر غير متحد يساوي صفر.	Na, O_2, Cl_2, H_2	0
2. عدد تأكسد الأيون أحادي الذرة يساوي شحنة الأيون.	Ca^{2+}	+2
	Br^-	−1
3. عدد التأكسد للذرة الأكثر سالبية كهربائية في الجزيء أو الأيون المعقد هو نفس مقدار شحنته لو كان أيونًا.	N في NH_3	−3
	O في NO	−2
4. عدد التأكسد للعنصر الأكثر سالبية كهربائية، الفلور هو دائماً 1− عندما يرتبط بعنصر آخر.	F في LiF	−1
5. عدد تأكسد الأكسجين في المركبات يساوي دائماً 2− ماعدا في فوق الأكاسيد مثل بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2). يكون 1−. وعندما يرتبط مع الفلور وهو العنصر الوحيد الأكثر سالبية كهربائية من الأكسجين فإن عدد التأكسد للأكسجين يكون موجب.	O في NO_2	−2
	O في H_2O_2	−1
6. يكون عدد التأكسد للهيدروجين في معظم مركباته 1+. ما عدا في هيدريدات الفلزات يكون عدد التأكسد 1−.	H في NaH	−1
7. أعداد التأكسد للمجموعة 1 و 2 والألمنيوم موجبة وتساوي عدد إلكترونات التكافؤ.	K	+1
	Ca	+2
	Al	+3
8. مجموع أعداد التأكسد في مركب متعادل يساوي صفر.	$CaBr_2$	(+2) + 2(−1) = 0
9. مجموع أعداد التأكسد للذرات في أيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.	SO_3^{2-}	(+4) + 3(−2) = −2

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

$K_2S_2O_3$، SO_2، Na_2SO ض م

التقويم

المهارة زوّد الطلاب بعشرة كبات في أوعية مغلقة وشفافة. يجب سمية الأوعية باسم صيغة المركب. اجعل طلاب يحددوا عدد التأكسد لكل عنصر ي كل مركب. حاول وضع مركبات عبارة ن مواد صلبة ملونة. يمكن أن تتضمن ركبات $CuSO_4$ أو $NaNO_3$ $K_2Cr_2O_7$ أو $Co(NO_3)_3$. نبه الطلاب إلى أنه لا غي عليهم فتح هذه الأوعية المغلقة.

ض م

جربة كيميائية

ربة الكيمياء الموجودة في نهاية الوحدة كن استخدامها عند هذه المرحلة.

0536_0544_C15_S1_681708.indd 542 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

مجهول	معلوم
$n_{Cl} = ?$	$KClO_3$
$n_S = ?$	SO_3^{2-}
	$n_O = -2$
	$n_K = +1$

2 حساب المجهول

حدد أعداد التأكسد المعروفة لعناصرها، واضبط مجموع كل أعداد التأكسد إلى الصفر أو إلى شحنة الأيون وقم بإيجاد حل لعدد التأكسد المجهول.

$(n_K) + (n_{Cl}) + 3\,(n_O) = 0$
$(+1) + (n_{Cl}) + 3(-2) = 0$
$1 + n_{Cl} + (-6) = 0$
$n_{Cl} = +5$

مجموع أعداد التأكسد في مركب متعادل تساوي صفر. لمجموعة 1، $n_{العنصر} = +1$. عوض $n_K = +1$, $n_O = -2$.

حل لإيجاد n_{Cl}.

$(n_S) + 3\,(n_O) = -2$
$(n_S) + 3(-2) = -2$
$n_S + (-6) = -2$
$n_S = +4$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات تساوي مقدار الشحنة في الأيون. عوض $n_O = -2$.

حل لإيجاد n_S.

3 تقييم الإجابة

لقد تم تطبيق قواعد أعداد التأكسد بشكل صحيح.

مسائل للتمرين

5. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في صيغ المركبات التالية:
   a. $NaClO_4$ b. $AlPO_4$ c. HNO_2
6. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في صيغ الأيونات التالية:
   a. NH_4^+ b. AsO_4^{3-} c. CrO_4^{2-}
7. حدد عدد التأكسد للنيتروجين في كل من الجزيئات التالية:
   a. NH_3 b. KCN c. N_2H_4
8. **تحدي** حدد التغير الكلي في عدد تأكسد جميع العناصر الموجودة في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:
   a. $C + O_2 \rightarrow CO_2$
   b. $Cl_2 + ZnI_2 \rightarrow ZnCl_2 + I_2$
   c. $CdO + CO \rightarrow Cd + CO_2$

تطبيق

a. +7.5
b. +5
c. +3
a. −3.6
b. +5
c. +6
a. −3.7
b. −3
c. −2

8.a. C, +4; O, −2
b. I, +1; Cl, −1. لا تغيير Zn.
c. C, +2; Cd, −2. لا تغيير O.

صفر.

$N(\text{أمونيوم}) + 4H + N(\text{نيترات}) + 3O = 0$
من القاعدة: N (في الأمونيوم) $= -3$, $H = +1$ و $O = -2$. العنصر المجهول الوحيد هو N (في النترات).
$-3 + 4(+1) + N(\text{نيترات}) + 3(-2) = 0$
N (في النيترات) $= +5$

$Cr_2O_7^{2-}$
إنه أنيون (أيون سالب)، لذا يجب أن يكون مجموع أعداد التأكسد مساويًا لشحنة الأنيون.
$2Cr + 7O = -2$
بحسب القاعدة $O = -2$. لذا تكون القيمة المجهولة هي Cr.
$2Cr + 7(-2) = -2$
$2Cr - 14 = -2$
$2Cr = -2 + 14 = 12$
$Cr = \frac{12}{2} = +6$

التدريس المتمايز

الطلاب دون المستوى بالنسبة للطلاب الذين يجدون صعوبة في حل المسائل 5 و 6 و 7، اجعلهم يكتبوا رقم القاعدة من أجل تحديد أعداد التأكسد (كما يرد بالنص) مع ذكر أسباب اختيارهم لهذه القاعدة. سيساعد ذلك الطلاب على التركيز على المهمة التي بين أيديهم ويمنحهم طريقة ملموسة أكثر لمساعدتهم على الإجابة عن السؤال.

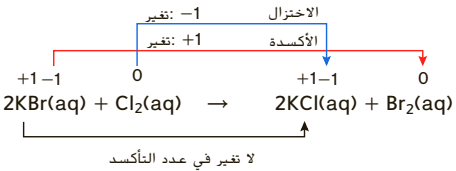
ض م

0536_0544_C15_S1_681708.indd 543 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

الكادميوم		X			
الكالسيوم		X			
السيزيوم	X				
الكلور			X		
الفلور			X		
الهيدروجين	X		X		
اليود			X		
الليثيوم	X				
المغنيسيوم		X			
الأكسجين					X
البوتاسيوم	X				
الصوديوم	X				
الفضة	X				
السترانشيوم		X			

كما هو مبين في المعادلة الآتية:



ينبغي ملاحظة أن عدد تأكسد البروم قد تغير من 1− إلى 0. بزيادة قدرها 1. في نفس الوقت، تغير عدد أكسدة الكلور من 0 إلى 1−، أي بانخفاض قدره 1. وبالتالي، فإن الكلور اختزل والبروميد تأكسد. كل تفاعلات الأكسدة والاختزال تتبع نفس النمط. عند أكسدة ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة يزداد. عند اختزال ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة ينخفض. لاحظ أنه لا يوجد تغير في عدد تأكسد البوتاسيوم. أيون البوتاسيوم لا يشارك في التفاعل وبالتالي فهو أيون متفرج.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تتضمن تفاعلات الأكسدة والاختزال انتقال للإلكترونات من ذرة إلى أخرى.
- عند اختزال ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة ينخفض. عند أكسدة ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة يزداد.
- في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تتضمن مركبات جزيئية (أو الأيونات متعددة الذرات ذات الروابط التساهمية)، الذرات ذات السالبية الكهربائية العالية يتم التعامل معها كأنها اختزلت. الذرات ذات السالبية الكهربائية المنخفضة يتم التعامل معها كأنها تأكسدت.

9. الفكرة **الرئيسة فسر** لماذا يجب أن تحدث الأكسدة والاختزال معاً.
10. **صِف** دور العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة في تفاعل الأكسدة والاختزال. كيف يتغير كل منها في التفاعل؟
11. **اكتب** معادلة تفاعل فلز الحديد مع حمض الهيدروبروميك لينتج بروميد الحديد (III) وغاز الهيدروجين. حدد التغير في عدد التأكسد للعنصر الذي اختزل وللعنصر الذي تأكسد.
12. **حدد** عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في المركبات التالية

a. HNO_3 c. Sb_2O_5
b. Ca_3N_2 d. $CuWO_4$

13. **حدد** عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في الأيونات التالية:

a. IO_4^- c. $B_4O_7^{2-}$
b. MnO_4^- d. NH_2^-

14. **إنشاء التمثيلات البيانية واستخدامها** الفلزات القلوية هي عوامل مختزلة قوية. صمم رسماً بيانياً موضحاً كيف تزداد أو تقل قابلية الفلزات القلوية للاختزال كلما توجهت نزولاً من الصوديوم إلى الفرانسيوم.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الأكسجين هو العامل المؤكسد ويتم اختزاله. والحديد هو العامل المختزل تم أكسدته. ض م

مادة التدريس

اجعل الطلاب يرسموا جدولاً بعمودين. تتم تسمية أحد العمودين أكسدة والعمود الثاني اختزال. اطلب إلى الطلاب إكمال الجدول بالنسبة للأسئلة التالية:

a. ماذا يحدث للإلكترونات حين يحدث التأكسد؟ تُفقد الإلكترونات من جسيمات المادة اختزال؟ تكتسب جسيمات المادة الإلكترونات.
b. ماذا يحدث لشحنة ذرة معينة تخضع للتأكسد؟ تزداد. ولشحنة الذرة التي تُختزل؟ تقل.
c. ما العملية التي توفر العامل المؤكسد؟ الاختزال. والتي توفر العامل المختزل؟ أكسدة. ض م

توسع

اجعل الطلاب يجروا بحثًا عن تفاعلات أكسدة – اختزال تحدث في الفرن الأفران وعمل ملصق يوضح العملية. يجب أن يوضح الطلاب العوامل المؤكسدة والمختزلة في كل تفاعل. ض م

القسم 1 مراجعة

9. إذا فقدت ذرة أو أيون ما إلكترونًا، فيجب أن تكتسب ذرات أخرى هذا الإلكترون.
10. العامل المؤكسد يتسبب في تأكسد نوع آخر عن طريق اكتساب الإلكترونات منه. العامل المختزل يتسبب في اختزال نوع آخر عن طريق فقدان إلكترونات إليه.
11. $2Fe(s) + 6HBr(aq) \rightarrow 2FeBr_3(aq) + 3H_2(g)$؛ يتأكسد الحديد Fe ويختزل الهيدروجين (H)
12. a. +5
    b. −3
    c. +5
    d. +6
13. a. +7
    b. +7
    c. +3
    d. −3
14. بشكل عام، كلما نزلت إلى أسفل الجدول الدوري ضمن مجموعة واحدة، محددة، يزداد الميل لفقدان الإلكترونات وبالتالي تزداد قابلية الاختزال.

0536_0544_C15_S1_681708.indd 544 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

استخدامه لوزن معادلات الأكسدة والاختزال؟

مراجعة المفردات

المعادلة الأيونية الصرفة netionic equation: هي معادلة أيونية تحتوي على الجسيمات التي تشارك في التفاعل

المفردات الجديدة

طريقة عدد التأكسد	oxidation-number method
أنواع	species
نصف تفاعل	half-reaction

يمكن وزنها باستخدام نفس القواعد المستخدمة في وزن المعادلات الأبسط.

طريقة عدد التأكسد

يجب وزن المعادلات الكيميائية لإظهار الكميات الصحيحة من المواد المتفاعلة والنواتج. ادرس المعادلة غير الموزونة التالية للتفاعل الذي يحدث عندما يتم وضع فلز النحاس في حمض النيتريك المركز. هذا التفاعل مُوضح في **الشكل 6** الغاز الناتج بني اللون هو ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، نتيجة اختزال أيونات النيترات (NO_3^-)، والمحلول الأزرق هو ناتج أكسدة النحاس (Cu) إلى أيونات النحاس (II) (Cu^{2+}).

$$Cu(s) + HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$$

لاحظ أن الأكسجين يظهر في متفاعل واحد فقط هو HNO_3، لكن يظهر في النواتج الثلاثة. يظهر النيتروجين في HNO_3 وفي إثنين من النواتج. معادلات الأكسدة والاختزال مثل هذه المعادلة التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة يصعب وزنها. طبقاً لما قرأت، عندما تفقد ذرة أو أيون إلكترونات فإنه يزداد عدد التأكسد وعندما تكتسب ذرة أو أيون إلكترونات فإنه ينخفض عدد التأكسد. عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات يجب أن يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة من ذرات أو أيونات أخرى. وبالتالي، يجب أن يتساوى مجموع الزيادة في أعداد التأكسد (الأكسدة) بمجموع النقصان في أعداد التأكسد (الاختزال) للذرات أو الأيونات التي تشترك في التفاعل. تسمى هذه الطريقة **عدد التأكسد** وخطوات هذه الطريقة موضحة في **جدول 4**.

جدول 4 طريقة عدد التأكسد

1. حدد أعداد التأكسد لجميع الذرات الموجودة في المعادلة.
2. قم بالتعرف على الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت.
3. حدد التغير في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت وللذرات أو الأيونات التي اختزلت.
4. اجعل التغيير في أعداد التأكسد مساويًا في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.
5. إذا لزم الأمر، استخدم الطريقة التقليدية لوزن المعادلة النهائية.

■ **الشكل 6** يصعب وزن بعض المعادلات الكيميائية لتفاعلات الأكسدة والاختزال مثل التفاعل بين النحاس وحمض النيتريك وذلك لأن العناصر قد تظهر أكثر من مرة واحدة على كل طرف من المعادلة.

قانون حفظ المادة واطلب إليهم ربط هذا القانون بالمعادلات الكيميائية. كتلة المواد المتفاعلة تعادل كتلة النواتج. أخبر الطلاب أيضًا أنه يتم الحفاظ على الشحنة في أي تفاعل كيميائي. ض م

2 التدريس

تحديد المفاهيم الخاطئة

قد يرغب الطلاب في التفكير بشأن الأكسدة والاختزال فقط فيما يتعلق بما يتم تأكسده وما يتم اختزاله.

توضيح المفاهيم الخاطئة

قد يعتقد الطلاب أنه عند وزن التفاعلات باستخدام أيونات H^+ وأيونات OH^- والماء، يتم ابتكار هذه المواد من أجل مزيد من التسهيل في وزن المعادلات. ذكرهم بأن العديد من تفاعل أكسدة – اختزال هي تفاعلات محاليل مائية وتتضمن أحماض (H^+) أو قواعد (OH^-).

توضيح المفهوم

ابدأ بكتابة التفاعلات الكاملة والأصلية (مع ظروف الحمض/القاعدة والماء) قبل تبسيط التفاعل في شكله الأيوني. ثم أظهر كيف تستخدم التفاعل الأيوني لإكمال خطوة الوزن. وأخيرًا، ساعد الطلاب على رؤية العلاقة بين التفاعل الموزون النهائي مستخدمًا الوسائل التي تم تعلمها في هذا القسم والتفاعل الأصلي.

تقييم المعرفة الجديدة

أعط الطلاب تفاعلًا واجعلهم يشرحوا لماذا يكون من الضروري أن يستخدم الماء وأيونات H^+ أو OH^- لوزن تفاعل أكسدة – اختزال. ض م

0545_0552_C15_S2_681708.indd 545 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

$$\overset{0}{Cu} + \overset{+1+5\ -2}{HNO_3} \rightarrow \overset{+2\ +5\ -2}{Cu(NO_3)_2} + \overset{+4\ -2}{NO_2} + \overset{+1\ -2}{H_2O}$$

زاد عدد التأكسد للنحاس من 0 إلى 2+. ونقص عدد التأكسد للنيتروجين من 5+ إلى 4+.

التعرف على أي الذرات أو الأيونات التي تأكسدت والتي اختزلت والتي لم يتغير عدد أكسدتها.

Cu تأكسد.
N اختزل.
H لم يتغير.
O لم يتغير.
N لم يتغير في أيون النيترات (NO_3^-)

حدد التغيرات في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت وللذرات أو الأيونات التي اختزلت.

التغيرات في عدد التأكسد:
زاد عدد تأكسد Cu بمقدار 2+
قل عدد تأكسد N بمقدار 1−

تأكسد النحاس لأنه فقد إلكترونات .
اختزل النيتروجين لأنه اكتسب إلكترونًا.

ساوي التغيرات في أعداد التأكسد في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.

$$Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$

لأن التغير في عدد تأكسد N هو 1−، يجب الضرب بـ 2 للوزن وينطبق هذا المعامل على كل من HNO_3 و NO_2.

استخدم الطريقة التقليدية لوزن باقي المعادلة.

$$Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$
$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$

يجب ضرب معامل HNO_3 بـ 2 ليصبح عدد ذرات النيتروجين متساوي في طرفي المعادلة.

$$Cu(s) + 4HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

يجب ضرب معامل H_2O بـ 2 ليصبح عدد ذرات الهيدروجين متساوي في طرفي المعادلة.

3 تقييم الإجابة

عدد ذرات كل عنصر يساوي نظيرها في الطرف الآخر للمعادلة.

مسائل للتمرين

استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

15. $HCl + HNO_3 \rightarrow HOCl + NO + H_2O$
16. $SnCl_4 + Fe \rightarrow SnCl_2 + FeCl_3$
17. $NH_3(g) + NO_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l)$
18. **تحدي** $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

تطبيق

1. $3HCl + 2HNO_3 \rightarrow 2HOCl + 2NO + H_2O$
2. $3SnCl_4 + 2Fe \rightarrow 3SnCl_2 + 2FeCl_3$
3. $8NH_3(g) + 6NO_2(g) \rightarrow 7N_2(g) + 12H_2O(l)$
4. $SO_2 + Br_2 + 2H_2O \rightarrow 2HBr + H_2SO_4$

دفتر الكيمياء

الاتزان في الحياة أعط الطلاب مهمة كتابة حرة يصفون فيه ميل بيئتنا للاتزان. يمكن الطلاب إعداد قائمة بالأشياء من حولهم والتي تبدو متوازنة أو اكتب مقالًا حول أهمية الاتزان في عالمنا. اجعل الطلاب يصفوا عواقب عدم الاتزان. ض م

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

0545_0552_C15_S2_681708.indd 546 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

المعادلة بشكل أيوني.

$$Cu(s) + 4H^+(aq) + 4NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

هناك أربعة أيونات نيترات بين المتفاعلات، ولكن يخضع اثنين منهم فقط للتغيير لتكوين جزيئين من ثاني أكسيد النيتروجين. أيونا النيترات الآخرين هما أيونان متفرجان ويمكن استبعادهما من المعادلة. تصبح المعادلة:

$$Cu(s) + 4H^+(aq) + 2NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

الآن، تفحص المعادلة في صيغتها غير الموزونة.

$$Cu(s) + H^+(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$$

ولتبسيط كتابة معادلات الأكسدة والاختزال يمكن أن تكتب المعادلة كالتالي:

$$Cu(s) + NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + NO_2(g)$$ (في محلول حمضي)

وفي هذه الحالة، فإن أيون الهيدروجين وجزئ الماء قد تم حذفهما لأنه لم يحدث لهما أكسدة أو اختزال. في محلول حمضي، أيونات الهيدروجين (H^+) وجزيئات الماء متوفرة وحرة للمشاركة في عمليات الأكسدة والاختزال سواء في المواد المتفاعلة أو الناتجة. يمكن أن تحدث بعض تفاعلات الأكسدة والاختزال في محلول قاعدي. عند موازنة معادلات تلك التفاعلات، يمكنك إضافة أيونات هيدروكسيد (OH^-) وجزيئات الماء لطرفي المعادلة.

حوالي 499,000 kg من خليط الوقود الصاروخي.

البيانات والملاحظات

خليط الوقود الصاروخي SRB

المركب	النسبة المئوية للتركيب
بيركلورات الأمونيوم	69.6
الألمنيوم	16
الحفّاز	0.4
رابط	12.04
عامل معالجة	1.96

*أخذت البيانات من: دوملين، جيم "المعزز الصاروخي الصلب". الدليل المرجعي المكوكي من NSTS. لعام 1988.

التفكير الناقد

1. **قم بوزن المعادلة** استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن المعادلة الكيميائية لتفاعل صاروخ SRB.
$NH_4ClO_4(s) + Al(s) \rightarrow Al_2O_3(g) + HCl(g) + N_2(g) + H_2O(g)$
2. **وضح** أي من العناصر اختزلت وأيها تأكسدت؟
3. **استدلّ** ماهي مميزات استخدام SRBs لأول دقيقتان من الإنطلاق؟
4. **احسب** كم عدد مولات بخار الماء الناتجة من تفاعل وقود أحد المعززات الصاروخية الصلبة SRB؟

المكوك على التحرك لأعلى (فعل)، بينما يعمل السطح على انحراف جسيمات الغاز لأسفل (رد الفعل). كلما زادت سخونة الغاز، زادت القوة.

- للوقود الصلب كثافة أكبر بسبب ترتيب جسيماته، لذلك يمكن أن تحمل الخزانات مزيدًا من الوقود الصلب أكثر منه في أي حالة أخرى (مثل السائل). بعد أن يحترق الكم الهائل من الوقود الصلب، تفرغ الحاويات الثقيلة مما يجعل المكوك أخف.

التفكير الناقد

1. $6NH_4ClO_4(s) + 10Al(s) \rightarrow 5Al_2O_3(g) + 6HCl(g) + 3N_2(g) + 9H_2O(g)$
2. يتأكسد كل من النيتروجين والألمنيوم ويختزل الكلور.
3. للوقود الصلب كثافة أكبر بسبب ترتيب جسيماته، لذلك يمكن أن تحمل الخزانات مزيدًا من الوقود الصلب أكثر منه في أي حالة أخرى (مثل السائل). بعد أن يحترق الكم الهائل من الوقود الصلب، تفرغ الحاويات الثقيلة مما يجعل المكوك أخف.
4. 4.61×10^6 mol H_2O

التقويم

المعرفة اجعل الطلاب يزنوا تفاعل الدفع التلقائي التالي الذي يستخدمه المكوك في المدار. مادة الوقود الدافع هي أحادي ميثيل الهيدرازين والمؤكسد هو رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين.
$N_2O_4 + CH_3N_2H_3 \rightarrow H_2O + N_2 + CO_2$
في المركب $CH_3N_2H_3$ أعداد تأكسد الكربون والنيتروجين هي 4− و1−، على الترتيب. أم

0545_0552_C15_S2_681708.indd 547 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

حدد أعداد التأكسد لكل العناصر الموجودة في المعادلة.

$$\overset{+7\ -2}{ClO_4^-}(aq) + \overset{-1}{Br^-}(aq) \rightarrow \overset{-1}{Cl^-}(aq) + \overset{0}{Br_2}(g) \quad \text{(في المحلول الحمضي)}$$

استخدم القواعد في الجدول 2.

حدد أي الذرات أو الأيونات تأكسد وأيها اختزل.

Br تأكسد.
Cl اختزل.

يزداد عدد التأكسد البروم من −1 إلى 0. ينخفض عدد التأكسد للكلور من +7 إلى −1.

حدد التغيرات في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت والتي اختزلت.

التغيرات في عدد التأكسد:

Br +1
Cl −8

تأكسد البروم لأنه فقد إلكترونات.
اختزل الكلور لأنه اكتسب إلكترونات.

ساوي التغيرات في أعداد التأكسد متساوية في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.

$$ClO_4^-(aq) + 8Br^-(aq) \rightarrow Cl^-(aq) + 4Br_2(g) \quad \text{(في محلول حمضي)}$$

لأن التغير في عدد أكسدة Br هو +1، فإنه يجب ضرب المعامل بـ 8 لوزن المعادلة. $4Br_2$ تمثل 8 ذرات Br الذرات فتكون مساوية $8Br^-$ في الطرف الأيسر.

أضف مزيد من أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء للمعادلة لوزن ذرات الأكسجين في كلا الطرفين.

$$ClO_4^-(aq) + 8Br^-(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow Cl^-(aq) + 4Br_2(g) + 4H_2O(l)$$

كما تعرف أن التفاعل يحدث في محلول حمضي فلهذا يمكنك إضافة أيونات H^+ في الطرف الأيسر من المعادلة.

3 تقييم الإجابة

عدد ذرات كل عنصر يساوي نظيرها في الطرف الآخر للمعادلة.
كما هو الحال في أي معادلة أيونية، مجموع الشحنات في الطرف الأيمن يساوي مجموع الشحنات في الطرف الأيسر.

مسائل للتمرين

استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

19. $H_2S(g) + NO_3^-(aq) \rightarrow S(s) + NO(g)$ (في المحلول الحمضي)
20. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + I_2(s)$ (في المحلول الحمضي)
21. $Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NO_2$ (في المحلول الحمضي)
22. **تحدي** $I^-(aq) + MnO_4^-(aq) \rightarrow I_2(s) + MnO_2(s)$ (في محلول قاعدي)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

كامل تقريبا مليوني kg في منصة
طلاق. تفاعل بيركلورات الأمونيوم
ألمنيوم طارد للحرارة جدًا والنواتج تكون
ل بكثير من تفاعل الماء الذي يحدث
ن الخزان الخارجي. حين يتم طرد هذه
جزيئات الثقيلة، فهي تزود المكوك بقوة
فع التي تدفعه في الفضاء.

ثال في الصف

ؤال زن معادلة الأكسدة والاختزال
الية.

$Fe^{2+}(aq) + MnO_4^-(aq) \rightarrow Fe^{3+}(a$
$Mn^{2+}(aq)$ (في محلول حمضي)

جابة
$8H^+(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + MnO_4^-(aq) \rightarrow 5Fe^{3+}(aq) + Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$

طبيق

1. $2H^+(aq) + 3H_2S(g) + 2NO_3^-(aq) \rightarrow 3S(s) + 2NO(g) + 4H_2O(l)$
2. $14H^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6I^- \rightarrow 2Cr^{3+}+(aq) + 3I_2(s) + 7H_2O(l)$
3. $Zn + 2NO_3^- + 4H^+ \rightarrow Zn^{2+} + 2NO_2 + 2H_2O$
4. $6I^-(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 4H_2O(l) \rightarrow 3I_2(s) + 2MnO_2(s) + 8OH^-(aq)$

مشروع الكيمياء

الأكسدة والاختزال حول المنزل تتوفر أقمشة التنظيف المعالجة بحيث تمنع تلويث وأكسدة الفلزات، في أقسام البضائع المنزلية في العديد من المحلات. اجعل الطلاب يبحثوا عن هذه الأنواع من الأقمشة ويتعلموا كيف تعمل على حماية الفلزات من التأكسد، ثم اطلب منهم كتابة إعلان للمنتج. أم

0545_0552_C15_S2_681708.indd 548 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

لهب لهذا الغرض.

أعرض السخان على الطلاب ودعهم يصفوا ما يلاحظونه في دفاترهم. أحد التفاعلات التي تحدث في السخان هي حرارة + $Mg + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2$ اجعل الطلاب يزنوا هذا التفاعل عن طريق التفاعل النصفي. ض م

التقويم

الأداء اجعل الطلاب يفحصوا أحد موضوعات الأكسدة والاختزال التالية واجعلهم يقرروا بشأنها: اختبار التنفس، التصوير أبيض وأسود، استخدام المبيّض في غرفة الغسيل وبيروكسيد الهيدروجين كمطهر أو تألؤ بيولوجي. اجعلهم يشرحوا مبادئ الأكسدة والاختزال في سياق الموضوع المختار واجعلهم يكتبوا تفاعل الأكسدة والاختزال. ض م

تطوير المفاهيم

الوزن قسّم الصف إلى مجموعتين جهز ما يكفي من البطاقات بتفاعل مكتوب عليها وامنح كل منهم بطاقة. اجعل كل طالب يزن التفاعل بشكل فردي ثم اجعل أعضاء الفريق يناقشوا ويقارنوا إجاباتهم. ض م التعلم التعاوني

■ **الشكل 7** تلجأ الكائنات الحية لاستخدام التألؤ البيولوجي لأغراض مختلفة. قد تشمل بعض الأغراض جذب الإناث والدفاع. قد يساعد التألؤ البيولوجي على الرؤية والإدراك في أعماق المحيطات.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

أنواع

الاستخدام العلمي: في الكيمياء، يشترك أي نوع من جسيم ممثل في العمليات في تفاعل الاتحاد، يتحد نوعان مميزان لتكوين ناتج واحد.

الاستخدام العام: ينتمي النمر والأسد إلى النوع نفسه.

وزن معادلات الأكسدة والاختزال باستخدام نصف التفاعل

في الكيمياء، **النوع species هو** أي جسيم كيميائي يشارك في العملية. في المعادلة التالية: $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$، توجد أربعة أنواع؛ جزيئي NH_3 و H_2O وأيوني NH_4^+ و OH^-. تحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال عندما توجد أنواع قادرة على منح الإلكترونات (عامل مختزل) لأنواع أخرى يمكنها قبولها (عامل مؤكسد). مثال لذلك، يمكن للحديد أن يختزل أنواع عديدة والتي تكون عوامل مؤكسدة بما في ذلك الكلور.

$$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$$

في هذا التفاعل، تتأكسد كل ذرة حديد بفقدان ثلاثة إلكترونات لكي تصبح أيون Fe^{3+}. في نفس الوقت، كل ذرة كلور في Cl_2 يتم اختزالها باكتساب إلكترون لتصبح أيون Cl^-.

الأكسدة: $Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$
اختزال: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

تمثل مثل هذه المعادلات نصفي تفاعل. **نصف تفاعل** هو أحد جزئي تفاعل الأكسدة والاختزال، أي تفاعل الأكسدة أو تفاعل الاختزال **الشكل 5** يوضح تنوع أنصاف تفاعلات الاختزال التي تشترك في أكسدة Fe ليصبح Fe^{3+}.

الجدول 5 تفاعلات الأكسدة والاختزال التي يتأكسد فيها الحديد

التفاعل الكلي (غير موزون)	نصف تفاعل الأكسدة	نصف تفاعل الاختزال
$Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$	$Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$	$O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$
$Fe + F_2 \rightarrow FeF_3$		$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$
$Fe + HBr \rightarrow H_2 + FeBr_3$		$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
$Fe + AgNO_3 \rightarrow Ag + Fe(NO_3)_3$		$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$
$Fe + CuSO_4 \rightarrow Cu + Fe_2(SO_4)_3$		$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

0545_0552_C15_S2_681708.indd 549 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

صفي. وضّح ذلك عن طريق العثور على
ضاعف المشترك الأصغر للتفاعلين
صفيين وضرب كل المواد الموجودة في
فاعل النصفي في هذا الرقم. عند إضافة
فاعلين النصفيين مرة أخرى لبعضهما،
يكون عدد الإلكترونات المفقودة مساويًا
دد الإلكترونات المكتسبة.

التقويم

المعرفة قسّم الطلاب إلى
مجموعتين أعط لكل مجموعة مسألتين
ل النص الذي أكملوه كمهمة منزلية. اجعل
طالب الأول يشرح كيف قام بحل المسألة
ولى وفي المسألة الثانية اجعل الطلاب
كسوا الأدوار. **التعلم التعاوني**

المطويات®

سوف تتعلم المزيد عن أهمية أنصاف التفاعلات عند دراستك الكيمياء الكهربائية. الآن يمكنك تعلم استخدام نصفي التفاعل لوزن معادلة الأكسدة والاختزال. مثال لذلك، المعادلة غير الموزونة التالية تمثل التفاعل الذي يحدث عندما تضع مسمار حديد في محلول كبريتات النحاس(II)، كما هو مبين في **الشكل 8**.

$$Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq)$$

تم اختزال أيونات الحديد حيث فقدت إلكترونات لأيونات النحاس (II). خطوات وزن معادلات الأكسدة والاختزال باستخدام طريقة نصف التفاعل مُوضحة في **الجدول 6**.

المطويات®
خذ معلومات من هذا القسم واكتبها في مطويتك.

المفردات
المفردات الأكاديمية
طريقة:
طريقة القيام بشئ ما
يدرس الطلاب للإمتحان بإستخدام أساليب مختلفة.

جدول 6 طريقة نصف التفاعل

1. اكتب المعادلة الأيونية غير الموزونة للتفاعل مستبعدًا الأيونات المتفرجة.

$$Fe + Cu^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow Cu + 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$$
$$Fe + Cu^{2+} \rightarrow Cu + 2Fe^{3+}$$

2. اكتب تفاعلي الأكسدة والاختزال منفصلين.

$$\overset{0}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{2Fe^{3+}} \quad \text{(الأكسدة)} \qquad \overset{+2}{Cu^{2+}} \rightarrow \overset{0}{Cu} \quad \text{(الاختزال)}$$

3. زن الذرات في تفاعلي الأكسدة والاختزال ثم زن الشحنات بإضافة إلكترونات للمواد المتفاعلة أو الناتجة.

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{3+} + 6e^- \qquad Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

4. قم بضبط المعاملات بحيث يكون عدد الإلكترونات المفقودة في الأكسدة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال.

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{3+} + 6e^- \qquad 3Cu^{2+} + 6e^- \rightarrow 3Cu$$

5. اجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال الموزونين.

$$2Fe + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Fe^{3+}$$

6. أعد الأيونات المتفرجة إن رغبت.

$$2Fe(s) + 3CuSO_4(aq) \rightarrow 3Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq)$$

التنوع الثقافي

تفاعلات الأكسدة والاختزال تشكل التاريخ اجعل الطلاب يتذكروا عدة فترات تاريخية مثل العصر النحاسي والعصر البرونزي والعصر الحديدي. كان العديد من هذه الفترات يركز على الشرق الأوسط. في كل حالة كان اكتشاف مادة جديدة عن طريق مجموعة ثقافية محددة أو أمة ما يسمح لهذه المجموعة بالتحكم في المنطقة لفترة من الوقت. اجعل الطلاب يحددوا موقع هذه المناطق الرئيسية على خريطة للعالم. ما هي الخصائص الكيميائية والفيزيائية المتعددة للنحاس والبرونز والحديد والتي يمكن أن تمنح للدولة ميزة مهمة على الدول المجاورة؟ ما هو دور كيمياء الأكسدة والاختزال في التاريخ؟

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

0545_0552_C15_S2_681708.indd 550 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

$MnO_4^- + Sn^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Sn^{4+}$

قم بحذف الأيونات المتفرجة ورموز الحالة.

اكتب معادلات غير كاملة لأنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال متضمنةً أعداد التأكسد.

$\overset{+2}{Sn^{2+}} \rightarrow \overset{+4}{Sn^{4+}}$ (أكسدة)

استخدم القواعد في الجدول 2 والجدول 6

$\overset{+7}{MnO_4^-} \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}}$ (اختزال)

قم بموازنة الذرات والشحنات في التفاعلات النصفية.

$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$ (أكسدة)

في المحلول الحمضي تكون جزيئات H_2O متوفرة بكثرة ويمكن استخدامها لوزن ذرات الأكسجين. أيونات H^+ متوفرة وتستخدم لوزن الشحنة.

$5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ (اختزال)

قم بضبط المعاملات حتى يكون عدد الإلكترونات المفقودة في الأكسدة (2) مساويًا عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (5).

$5Sn^{2+} \rightarrow 5Sn^{4+} + 10e^-$ (أكسدة)

المضاعف المشترك الأصغر لـ 2 و 5 هو 10. تضرب تفاعل الأكسدة بـ 5 وتفاعل الاختزال بـ 2.

$10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$ (اختزال)

قم بجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال وبسّط المعادلة بحذف وتجميع الأنواع المتشابهة.

$5Sn^{2+} + 10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Sn^{4+} + 10e^- + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

$5Sn^{2+} + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Sn^{4+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

استعد وصف الحالة وأعد الأيونات المتفرجة (K^+ و Cl^-).

أضف أيونات K^+ إلى أيوني MnO_4^- إلى اليسار وأضف أيوني K^+ إلى اليمين. أضف أيونات Cl^- إلى Sn^{2+} و H^+ إلى اليسار وإلى Mn^{2+}، Sn^{2+}، و K^+ إلى اليمين.

$5SnCl_2(aq) + 16HCl(aq) + 2KMnO_4(aq) \rightarrow 5SnCl_4(aq) + 2MnCl_2(aq) + 8H_2O(l) + 2KCl(aq)$

3 تقييم الإجابة

تُشير المعادلة الموزونة إلى أن عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.

مسائل للتمرين

استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

23. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + I_2(s)$ (في محلول حمضي)
24. $Mn^{2+}(aq) + BiO_3^-(aq) \rightarrow MnO_4^-(aq) + Bi^{2+}(aq)$ (في محلول حمضي)
25. **تحدي** $N_2O(g) + ClO^-(aq) \rightarrow NO_2^-(aq) + Cl^-(aq)$ (في محلول قاعدي)

وعلى البيئة. اطلب إليهم تحديد ما إذا كانت العملية قد خضعت لأي تغيير لكي تتيح حماية أفضل للعمال وتقلل من المشاكل على البيئة. أم

مثال في الصف

سؤال قم بوزن معادلة الأكسدة والاختزال التالية باستخدام التفاعل النصفي.

$KMnO_4(aq) + KCl(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow MnSO_4(aq) + K_2SO_4(aq) + H_2O(l) + Cl_2(g)$

الإجابة

$2KMnO_4(aq) + 10KCl(aq) + 8H_2SO_4(aq) \rightarrow 2MnSO_4(aq) + 6K_2SO_4(aq) + 8H_2O(l) + 5Cl_2(g)$

تطبيق

23. $14H^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6I^- \rightarrow 3I_2(s) + 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$
24. $3Mn^{2+}(aq) + 5BiO_3^-(aq) + 6H^+(aq) \rightarrow 3MnO_4^-(aq) + 5Bi^{2+}(aq) + 3H_2O(l)$
25. $N_2O(g) + 2ClO^-(aq) + 2OH^+(aq) \rightarrow 2NO_2^-(aq) + 2Cl^-(aq) + H_2O(l)$

دفتر الكيمياء

الأكسدة والاختزال في علم الأحياء اجعل الطلاب يراجعوا كتب علم الأحياء والإنترنت للتفاعلات البيولوجية المهمة التي تعد عمليات أكسدة واختزال. ويمكن تلخيصها في دفاتر الكيمياء. ض م

0545_0552_C15_S2_681708.indd 551 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

تحقق من الاستيعاب

عل الطلاب يشرحوا بكلماتهم عملية وزن
عل أكسدة واختزال عن طريق كل من
د التأكسد والتفاعل النصفي. ض م

مادة التدريس

دى المشكلات التي يواجهها الطلاب
ي تنظيم عملهم والمحافظة على ترتيبه
كله الأنيق عند القيام بوزن أي تفاعل
سدة واختزال بطريقة التفاعل النصفي.
جع الطلاب على الاستعانة بمساحة
يرة في أوراقهم للكتابة ووضع العلامات
عادة وضع العلامات على كل معادلة
سدة واختزال يقومون بموازنتها. وجههم
و اتخاذ عادة كتابة المسألة بشكل
حيح متضمنة جميع الشحنات. ض م

توسع

بدعوة عضو من مجتمعك يبيع أو يعمل
فحص المياه في المسابح أو أنابيب
ياه الساخنة لوصف كيمياء الأكسدة
اختزال التي تدخل في الحفاظ على
اء في المسابح والأنابيب. ض م

طريقة عدد التأكسد

قم بضبط المعاملات في المعادلة لتصبح أعداد التأكسد متساوية في القيمة.

قم بوزن باقي المعادلة بإستخدام الطريقة التقليدية.

طريقة نصف التفاعل

اكتب تفاعلي الأكسدة والاختزال منفصلين.

قم بوزن الذرات والشحنات في نصف تفاعلي الأكسدة والاختزال.

قم بضبط المعاملات بحيث يكون عدد الإلكترونات المفقودة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة.

اجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال الموزونين وأعد الأيونات المتفرجة.

تطبيق الاستراتيجية

قم بوزن المعادلة التالية بإستخدام المخطط.

$$P_4(s) + H_2O(l) \rightarrow PH_3(g) + H_2PO_2(aq)$$

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يصعب وزن معادلات الأكسدة والاختزال التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة بالطريقة التقليدية.
- تستند طريقة عدد التأكسد على أن عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات تساوي عدد الإلكترونات التي اكتسبتها ذرات أو أيونات أخرى.
- لوزن معادلات التفاعلات التي تحدث في وسط حمضي، قم بإضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء.
- لوزن معادلات التفاعلات التي تحدث في وسط قاعدي، قم بإضافة أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء.
- نصف التفاعل هو أحد جزأي تفاعل الأكسدة والاختزال.

26. الفكرة **الرئيسة وضح** كيف يرتبط التغير في عدد التأكسد بالإلكترونات المنتقلة في تفاعل الأكسدة والاختزال. كيف ترتبط هذه التغيرات بعمليات الأكسدة والاختزال؟
27. **صِف** لماذا من المهم معرفة الوسط الذي يحدث فيه تفاعل الأكسدة والاختزال عند وزن معادلة التفاعل.
28. **وضح** خطوات طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال.
29. **حدد** ماذا يوضح كل من نصف تفاعل الأكسدة. ونصف تفاعل الاختزال؟
30. **اكتب** تفاعلي الأكسدة والاختزال لمعادلة الأكسدة والاختزال.

$$Pb(s) + Pd(NO_3)_2(aq) \rightarrow Pb(NO_3)_2(aq) + Pd(s)$$

31. **حدد** إذا كان تفاعل الأكسدة لتفاعل أكسدة واختزال هو $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$. وتفاعل الاختزال هو $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$.
ما هو الحد الأدنى لأيونات Sn^{2+} وأيونات Au^{3+} التي يمكنها التفاعل لكي لا يبقى إلكترونات؟
32. **تطبيق** زن المعادلات التالية:

a. $HClO_3(aq) \rightarrow ClO_2(g) + HClO_4(aq) + H_2O(l)$
b. $H_2SeO_3(aq) + HClO_3(aq) \rightarrow H_2SeO_4(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$
c. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$ (في المحلول الحمضي)

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 2 مراجعة

26. نظرا لأن النواة (خاصة عدد البروتونات) لا تتغير أبدا أثناء هذا النوع من التفاعل حينما يحدث انتقال للإلكترونات من أو إلى نوع كيميائي معين، يحدث تغير في شحنة هذا النوع. تزيد الأكسدة من عدد التأكسد بينما يقلله الاختزال.
27. من المهم معرفة أن H_2O وأي من H^+ أو OH^- يتوفران لوزن المعادلة.
28. يجب أن تكون الإجابات مشابهة للمعلومات الواردة في الجدول 4
29. يوضح تفاعل الأكسدة النصفي عدد الإلكترونات التي يفقدها النوع. يوضح تفاعل الاختزال النصفي عدد الإلكترونات التي يكتسبها النوع.
30. الأكسدة: $Pb \rightarrow Pb^{2-} + 2e^-$
الاختزال $Pd^{2+} + 2e^- \rightarrow Pd$
31. ثلاثة أيونات Sn^{2+} وأيونان من Au^{3+}
32.
a. $3HClO_3 \rightarrow 2ClO_2 + HClO_4 + H_2O$
b. $5H_2SeO_3 + 2HClO_3 \rightarrow 5H_2SeO_4 + Cl_2 + H_2O$
c. $Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$

0545_0552_C15_S2_681708.indd 552 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

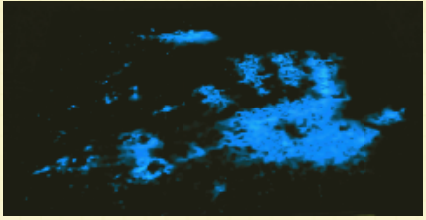
في مسرحية شكسبير ماكبيث، تمسح السيدة ماكبيث دم الملك دونكان من يديها لكنها ما زالت ترى بقع الدم. في التحقيقات الجنائية الحديثة هناك مادة كيميائية تدعى لومينول تفيد المحققون بنتائج بصرية مماثلة.

الأزرق المخضر يتأكسد اللومينول عندما يتفاعل مع الحديد كما هو موضح في **الشكل 1**. أثناء المعالجة تطلق الجزيئات طاقة على هيئة ضوء أزرق مائل إلى الأخضر. في غرفة مظلمة، التوهج الأزرق الخافت للومينول قد يكشف للمحققين ما لا يمكن أن يروه بأعينهم – آثار دماء غير ظاهرة. تتكون كرات الدم الحمراء من الهيموجلوبين – وهو البروتين الذي يحتوي على الحديد.

لاستخدام اللومينول يقوم المحققون بخلط بودرة بيضاء ($C_8H_7O_3N_3$) بفوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ومركبات كيميائية أخرى. ينتج هذا التفاعل سائل يمكن رشه على المناطق المشتبه بوجود الدم فيها. إذا وجد الدم_ولو بكميات ضئيلة لا ترى بالعين_سيتوهج اللومينول. يلتقط المصورون الجنائيون صوراً بكاميراتهم الخاصة التي يمكنها التقاط توهج اللومينول والضوء في المناطق المحيطة.

الأدلة المتوهجة قد تكشف بقع الدم عن بصمات وتعطي الأدلة حول نوع السلاح المستخدم في ارتكاب الجريمة. علامات اللومينول الباهتة على السجاد يمكن أن ترشد المحققين إلى الكثير من بقع الدماء الضخمة. بصمات أيادي ملطخة بالدماء كما هو موضح **بالشكل 1** ربما تقود المحققون إلى القاتل

هناك استخدامات أخرى للومينول إلى جانب التحقيقات الجنائية. في حادث سيارة قد تكشف مادة اللومينول ما إذا كانت الضحية ترتدي حزام الأمان حتى بعد أن تتعرض السيارة للمطر والبرد أو أشعة الشمس المباشرة التي يمكنها أن تغير كثيرًا من بقع الدم.



الشكل 1 صورة اللومينول من مسرح الجريمة يمكن مقارنته ببصمة المشتبه به.

رذاذ الملاذ الأخير يمكن لمواد أخرى تحتوي على الحديد بالإضافة إلى الدم أن تتسبب في توهج اللومينول على الرغم من أن الخبراء يمكنهم أن يتبينوا الفرق. وقد يتداخل اللومينول مع اختبارات أخرى. لهذا السبب، المحققون عادة لا يستخدموا اللومينول إلا بعد إكتمال جميع التحقيقات الأخرى.

الكتابة في ◀الكيمياء

مثال إخباري إجراء المزيد من البحوث حول استخدام اللومينول في تحقيقات مسرح الجريمة. اكتب مثال صحفي يبين كيف قاد اللومينول المحققين إلى المشتبه به. صف نوع الأدلة المستخدمة في التحقيق.

الخلفية

عندما يتأكسد اللومينول تتحرر طاقته على هيئة ضوء مرئي وتسمى هذه العملية باسم التوهج الكيميائي وخلال هذه العملية، تتحرك الإلكترونات من مستوى طاقة أعلى إلى آخر أقل منه ويتحدد لون الضوء المنبعث عبر الفارق في الطاقة بين المستويين. لاحظ أنه على عكس الضوء الساطع، لا يعتمد لون الضوء المنبعث على درجة الحرارة ولكنه يتقرر عن طريق خواص المواد الكيميائية المشاركة في التفاعل.

استراتيجيات التدريس

- ضع قائمة بالحالات التي يمكن فيها إخفاء بقع دم سواء عمدًا أو بسبب ملابسات جريمة بعينها.
- بالنظر إلى أن اللومينول يحتاج للظلام كي يصبح مرئيًا، ما هي بعض القيود الخاصة به وكيف يمكن التغلب عليها؟
- بمجرد تحديد موقع الدم بواسطة اللومينول، يمكن إجراء فحوصات DNA للتعرف على مصدر الدماء. فكر في الطرائق التي قد تكون مفيدة من أجل إنفاذ القوانين. أدرج في تحليلك احتمال وجود دم غير بشري أو دم آخر غير دم ضحية الجريمة.

الكتابة في ◀الكيمياء

مثال صحفي ستختلف الإجابات لكنها يجب أن تفيد بأن المحققين يمكنهم مطابقة بصمة اليد المأخوذة باللومينول بتلك الخاصة بالمعتدي. الدليل الذي يمكن استخدامه في التحقيق يتضمن أنماط رش الدم ببصمات اليد وبقع دم أخرى.

0553_C15_FEA_681708.indd 553 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

الملوثات المحتملة الثلاثة ومقارنتها مع عينة من الخور. الحيوانات التي تعتمد على الخور كمصدر رئيس للمياه تعتمد عليك في حل غموض المركبة التالفة.

السؤال: كيف يمكن استخدام سلسلة تفاعلات كيميائية لتحديد ما تم ضخه في مصدر مياه؟

المواد

- 0.1 *M* $AgNO_3$
- 0.1 *M* HCl
- 0.1 *M* $ZnSO_4$
- محلول غير معروف
- أسلاك نحاس
- رصاص
- برادة حديد
- أشرطة مغنيسيوم
- ملاقط
- قطارات (4)
- صحن متعدد الحفر (24 حفرة)

احتياطات السلامة

تحذير: محلول نيترات الفضة ($AgNO_3$) سام للغاية ويترك بقعاً على الجلد أو الملابس.

الإجراءات

1. اقرأ تعليمات السلامة لهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. أنشئ جدولاً لتسجيل بياناتك.
3. ضع صحن الحفر بشكل جيد على ورقة بيضاء.
4. ضع قطع من الأسلاك النحاسية في أربع حفر في الصف الأول.
5. كرر الخطوة 4، مضيفاً عينات صغيرة من برادة الحديد إلى الحفر في الصف الثاني.
6. كرر الخطوة 4، مضيفاً عينات صغيرة من الرصاص إلى الحفر في الصف الثالث
7. كرر الخطوة 4، مضيفاً قطع صغيرة من شريط المغنيسيوم إلى الحفر في الصف الرابع.
8. ضع 20 قطرة من محلول نيترات الفضة ($AgNO_3$) في كل حفرة في العمود الأول.
9. كرر الخطوة 8، مضيفاً حمض الهيدروكلوريك (HCl) في العمود الثاني.
10. كرر الخطوة 8، مضيفاً محلول كبريتات الخارصين ($ZnSO_4$) في العمود الثالث.

Fe				
Pb				
Mg				

11. كرر الخطوة 8، مضيفًا المحلول المجهول في العمود الرابع.
12. دع التفاعلات تستمر لمدة 5 min، ثم صف التفاعلات بعد ذلك. اكتب لا تفاعل لأي من الحفر التي ليس لديها مؤشر على التفاعل.
13. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من المواد الصلبة والمحاليل حسب توجيهات المعلم الخاص بك. نظف وأعد كل أدوات المختبر إلى مكانها الصحيح.

التحليل والنتائج

1. **لخص** النتائج التي لاحظتها في كل حفرة. كيف يمكنك معرفة حدوث التفاعل الكيميائي؟
2. **اكتب** المعادلة الكيميائية الموزونة لكل تفاعل لاحظته. وحدد الأنواع التي تأكسدت أو اختزلت في كل تفاعل.
3. **استنتج** استنادًا إلى البيانات الخاصة بك أي المحاليل يُلحق ضرراً بالخور؟ علل إجابتك.
4. **استخدم المتغيرات والثوابت والضوابط** لماذا كان من المهم مقارنة تفاعلات المحلول المجهول مع أكثر من تفاعل معلوم؟
5. **البحث** انظر إلى قائمة المواد الكيميائية التي استخدمتها ووضح أثرها على النظام البيئي.
6. **التوسع** ماذا تتوقع إذا كان محلول نيترات الرصاص ($Pb(NO_3)_2$) كان من ضمن المحاليل المستخدمة؟
7. **تحليل الخطأ** قارن النتائج الخاصة بك مع نتائج أصدقاء آخرين في المختبر. فسّر أي فروق أو اختلافات.

التوسع في الاستقصاء

تصميم تجربة ضع فرضية لطريقة يمكنك بواسطتها إزالة هذه المادة الكيميائية من الخور دون إلحاق المزيد من الأضرار بالنظام البيئي للمنطقة. صمم تجربة لاختبار الفرضية الخاصة بك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مهارات العملية اجمع البيانات ورتبها، بتصميم تجربة وأجر بحثًا، صغ النماذج، تعتن بالمتغيرات والثوابت وعوامل التحكم كر بشكل ناقد.

تخلص من المواد يمكن التخلص جميع المحاليل عن طريق سكبها في غسلة مع الماء، يتم التخلص من المواد صلبة في القمامة.

تحضير المواد اقطع عينات من لزات إلى قطع صغيرة بما يكفي لتلاءم حفر في الصحن متعدد الحفر.

إجراء

استخدم مجهرًا تشريحيًا لتعزيز ملاحظاتك للتفاعلات.
استخدم أحد المحاليل القياسية ليمثل المحلول المجهول.

استكشاف الأخطاء

صلاحها من المهم جدًا ألا يقوم طلاب بخلط المحاليل مع بعضها حيث ا ستتفاعل وتغير البيانات.

تحليل والاستنتاج

1. $AgNO_3$ يتفاعل مع الفلزات الأربعة مكونًا بلورات الفضة. يتفاعل HCl مع Mg، مكونًا فقاعات غاز بسرعة (ويستهلك المغنيسيوم)؛ ويكوّن الحديد بعض فقاعات الغاز؛ ويكوّن الرصاص بعض فقاعات الغاز. لا يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع النحاس. يتفاعل $ZnSO_4$ مع Mg، مكونًا طبقة من Zn. لا يتفاعل $ZnSO_4$ مع أي من النحاس أو الحديد أو الرصاص.
2. $Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$;
Cu يتأكسد؛ Ag^+ يختزل
$Fe + 3AgNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)^3 + 3Ag$;
Fe يتأكسد؛ Ag^+ يختزل
$Pb + 2AgNO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2 + 2Ag$;
Pb يتأكسد؛ Ag^+ يختزل
$Mg + 2AgNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + 2Ag$;
Mg يتأكسد؛ Ag^+ يختزل
$Fe + 2HCl \rightarrow H_2 + FeCl_2$؛
Fe يتأكسد؛ H^+ يختزل
$Pb + 2HCl \rightarrow H_2 + PbCl_2$؛
Pb يتأكسد؛ H^+ يختزل
$Mg + 2HCl \rightarrow H_2 + MgCl_2$؛
Mg يتأكسد؛ H^+ يختزل
$Mg + ZnSO_4 \rightarrow MgSO_4 + Zn$؛
Mg يتأكسد؛ Zn^{2+} يختزل
3. ستعتمد الإجابات على المحلول المستخدم كمجهول
4. ستختلف الإجابات. لن توفر المقارنة بمحلول واحد فقط ما يكفي من البيانات للتحديد.
5. ستختلف الإجابات.
6. ستحدث هذه التفاعلات:
$2Fe + 3Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2Fe(NO_3)_3 + 3Pb$
$Mg + Pb(NO_3)_2 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + Pb$
7. ستختلف الإجابات.

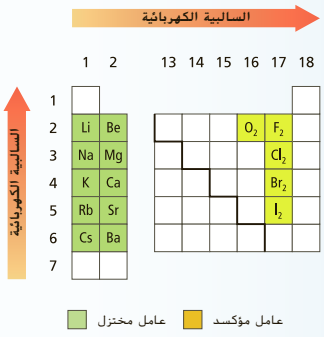
التوسع في الاستقصاء

ستختلف الإجابات. يمكن للطلاب اقتراح تجربة بإضافة عدة مواد تتفاعل مع المحلول المجهول. ستعتمد الإجابات على المحلول المستخدم كمجهول

0554_C15_CL_681708.indd 554 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

- تتضمن تفاعلات الأكسدة والاختزال على انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى.
- عند اختزال ذرة أو أيون، فإن عدد الأكسدة ينخفض. أما عند أكسدة ذرة أو أيون، فإن عدد الأكسدة يرتفع.
- في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تشمل مركبات جزيئية (أو أيونات متعددة الذرات ذات روابط تساهمية)، معظم الذرات ذات السالبية الكهربائية العالية يتم التعامل معها كأنها اختزلت. ويتم التعامل مع الذرات ذات السالبية الكهربائية المنخفضة على أنها تأكسدت.



المفردات
- **تفاعل الأكسدة والاختزال**
- **أكسدة**
- **اختزال**
- **عدد التأكسد**
- **عامل مؤكسد**
- **عامل مختزل**

القسم 2 وزن معادلات الأكسدة والاختزال

الفكرة **الرئيسة** تصبح معادلة الأكسدة والإختزال موزونة عند تساوي مجموع الزيادة في أعداد الأكسدة مجموع الانخفاض لأعداد أكسدة الذرات أو الأيونات في التفاعل.

- يصعب وزن معادلات الأكسدة والاختزال التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة بالطريقة التقليدية.
- تستند طريقة عدد التأكسد على أن عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات يساوي عدد الإلكترونات التي اكتسبتها ذرات أو أيونات أخرى.
- لوزن المعادلات في الوسط الحمضي، قم بإضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء.
- لوزن المعادلات في الوسط القاعدي، قم بإضافة أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء.
- نصف التفاعل هو أحد جزأي تفاعل الأكسدة والاختزال.

المفردات
- **طريقة عدد التأكسد**
- **أنواع**
- **نصف تفاعل**

استراتيجيات المراجعة

- اجعل الطلاب يقدموا أمثلة لكل قاعدة من القواعد من أجل تحديد أعداد التأكسد. ض م
- اجعل الطلاب يصنعوا جدولاً أو مخططًا للمقارنة بين الطريقتين المختلفتين المستخدمتين لوزن تفاعلات الأكسدة والاختزال. ض م
- اجعل الطلاب يلخصوا بكلماتهم خطوات وزن تفاعلات الأكسدة والاختزال عن طريق التفاعلات النصفية. ض م

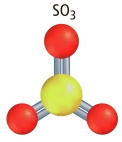
0555_C15_SG_681708.indd 555 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	

47. أي من هذه المعادلات لا تمثل تفاعل أكسدة واختزال؟ فسر إجابتك.
a. $LiOH + HNO_3 \rightarrow LiNO_3 + H_2O$
b. $MgI_2 + Br_2 \rightarrow MgBr_2 + I_2$

48. حدد عدد تأكسد النيتروجين في المركبات أو الأيونات التالية:
a. NO_3^- b. N_2O c. NF_3

49. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في المركبات أو الأيونات التالية:
a. $Au_2(SeO_4)_3$ (سيلينات الذهب (III))
b. $Ni(CN)_2$ (سيانيد النيكل (III))



■ الشكل 10

50. فسر كيف أن أيون الكبريتيت (SO_3^{2-}) يختلف عن ثالث أكسيد الكبريت (SO_3)، الموضّح في **الشكل 10**.

القسم 2

إتقان المفاهيم

51. قارن بين طريقة وزن معادلات الأكسدة والاختزال في المحاليل الحمضية والمحاليل القاعدية.

52. فسر لماذا يعتبر استخدام أيونات الهيدروجين H^+ في تفاعلات الأكسدة والاختزال تبسيط للواقع.

53. قبل محاولتك لوزن معادلة تفاعل أكسدة – اختزال لماذا تحتاج لمعرفة هل تم التفاعل في محلول حمضي أم في محلول قاعدي؟

54. ما هو الأيون المتفرج؟

55. عرف المصطلح الأنواع تبقا لتفاعلات الأكسدة والاختزال.

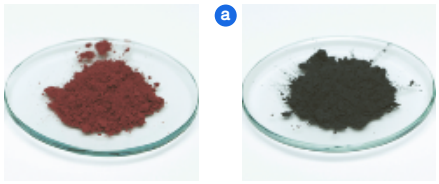
56. هل المعادلة الآتية موزونة؟ فسر إجابتك.
$Fe(s) + Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Ag(s)$

57. هل تمثل المعادلة الآتية عملية اختزال أم أكسدة؟ فسر إجابتك.
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$

36. عرّف عدد التأكسد.

37. **الفلزات** ما هو عدد التأكسد للفلزات القلوية الأرضية في مركباتها؟ وما عدد تأكسد الفلزات القلوية في مركباتها؟

38. كيف يرتبط عدد التأكسد في عملية الأكسدة بعدد الإلكترونات المفقودة؟ كيف يرتبط عدد التأكسد في عملية الاختزال بعدد الإلكترونات المكتسبة؟



■ الشكل 9

39. ما السبب في اختلاف ألوان مركبات النحاس كما هو موضح في **الشكل 9**؟

40. **النحاس والهواء** تماثيل النحاس مثل تمثال الحرية تظهر باللون الأخضر بعد تعرضها للهواء. في عملية الأكسدة يتفاعل فلز النحاس مع الأكسجين لتكوين أكسيد النحاس الصلب الذي يشكل الطبقة الخضراء. اكتب تفاعل عملية الأكسدة وتعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل.

إتقان حل المسائل

41. تعرف على الأنواع التي تأكسدت والأنواع التي اختزلت في كل من معادلات الأكسدة والاختزال التالية:
a. $3Br_2 + 2Ga \rightarrow 2GaBr_3$
b. $2HCl + Zn \rightarrow ZnCl_2 + H_2$
c. $3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$

42. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من معادلات الأكسدة والاختزال التالية:
a. $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
b. $2Na + I_2 \rightarrow 2NaI$

43. ما العامل المختزل في المعادلة الموزونة التالية؟
$8H^+ + Sn + 6Cl^- + 4NO_3^- \rightarrow SnCl_6^{2-} + 4NO_2 + 4H_2O$

44. ما عدد تأكسد المنجنيز في $KMnO_4$؟

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

3. تشير كلمة أكسدة في الأصل إلى التفاعلات التي تحتوي على أكسجين ولكنها اليوم أصبحت تشير إلى الفقدان الكلي أو الجزئي للإلكترونات من مادة متفاعلة.
3. فقدان إلكترونات، اكتساب إلكترونات.
3. عدد يتم تعيينه للذرّة أو الأيون ليشير إلى درجة أكسدته أو اختزاله.
3. الفلزات القلوية الأرضية 2+؛ فلزات قلوية = 1+
3. التغير في عدد التأكسد يعادل عدد الإلكترونات التي فقدت في عملية الأكسدة وتم اكتسابها في عملية الاختزال.
3. للنحاس حالات أكسدة مختلفة في الشكلين.
4. $2Cu(s) + O_2(g) \rightarrow 2CuO(s)$؛ يتأكسد النحاس، يختزل الأكسجين

إتقان حل المسائل

4. a. Ga يتأكسد، Br_2 يختزل.
b. يتأكسد الخارصين ويختزل الهيدروجين.
c. يتأكسد الماغنسيوم ويختزل N_2 النيتروجين.
4. a. النيتروجين N_2 هو العامل المؤكسد، الهيدروجين H_2 هو العامل المختزل.
b. اليود I_2 هو العامل المؤكسد والصوديوم هو العامل المختزل.
4. Sn
4. +7
4. a. +6
b. +6
c. +3
d. +5
4. a. أكسدة
b. اختزال
4. الاختيار a لأنه لم يخضع أي من الذرات في التفاعل لأي تغيير في عدد التأكسد.
4. a. +5
b. +1
c. +3
4. a. Au, +3; Se, +6; O, −2
b. Ni, +2; C, +2; N, −3
5. SO_3^{2-} هو أيون متعدد الذرات وعدد التأكسد للكبريت هو 4+.
SO_3 هو مركب وعدد التأكسد للكبريت في هذا المركب هو 6+.

القسم 2

إتقان المفاهيم

51. في تفاعل أكسدة واختزال يحدث في محلول حمضي، H^+ و H_2O يمكن أن تشارك في التفاعل إما كمادة متفاعلة أو كناتج. في محلول قاعدي، يمكن أن يتضمن تفاعل الأكسدة والاختزال OH^- و H_2O كمادة تفاعل أو كناتج.

52. في محلول حمضي، تتحد أيونات الهيدروجين مع الماء لتكوين وأيونات الهيدرونيوم (H_3O^+) ولا توجد أبدًا في صورة H^+. ومع ذلك، فإنها أحيانًا تكتب في صورة H^+ لتبسيط المعادلة الكيميائية المكتوبة.

53. يحدد نوع المحلول سواء كان H^+ أو أيونات OH^- متاحة لوزن معادلة الاختزال.

54. الأيونات المتفرجة هي الأيونات الموجودة في كلا جانبي معادلة الأكسدة– الاختزال. لم تتغير الأيونات المتفرجة خلال التفاعل، بحيث يمكن حذفها من المعادلة.

55. النوع هو أي شكل من الوحدة الكيميائية المدرجة في عملية الاختزال. قد يكون النوع أيونًا أو جزيئًا أو ذرة حرة.

0556_0559_C15_CA_681708.indd 556 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

b. $HBrO_3 \rightarrow Br_2 + H_2O + O_2$

60. زن المعادلات الأيونية لتفاعلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $Au^{3+}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Au(s) + I_2(s)$

b. $Ce^{4+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow Ce^{3+}(aq) + Sn^{4+}(aq)$

61. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية التالية:

a. $Al + I_2 \rightarrow Al^{3+} + I^-$

b. $MnO_2 + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$ (محلول حمضي)

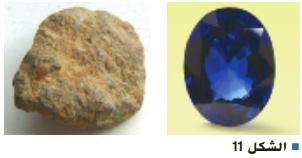
62. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $PbS + O_2 \rightarrow PbO + SO_2$

b. $NaWO_3 + NaOH + O_2 \rightarrow Na_2WO_4 + H_2O$

c. $NH_3 + CuO \rightarrow Cu + N_2 + H_2O$

d. $Al_2O_3 + C + Cl_2 \rightarrow AlCl_3 + CO$



■ **الشكل 11**

63. **الياقوت** يتكون معدن الكوراندوم من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) وهو رمادي اللون. الياقوت هو غالباً أكسيد الألمنيوم ولكنه يحتوي على كميات صغيرة من Fe^{2+} و Ti^{4+}. لون الياقوت ناتج عن عملية انتقال الإلكترون من Fe^{2+} إلى Ti^{4+}. استنادًا **للشكل 11**. اكتب المعادلة الكيميائية التي تصف التفاعل الذي يكون المعدن الموجود ناحية اليمين. ما العامل المؤكسد والعامل المختزل؟

64. اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال لكل من تفاعلات الأكسدة والاختزال التالية علمًا أنها تحدث في محلول مائي:

a. $PbO(s) + NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l) + Pb(s)$

b. $I_2(s) + Na_2S_2O_3(aq) \rightarrow Na_2S_2O_4(aq) + NaI(aq)$

c. $Sn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow SnCl_2(aq) + H_2(g)$

65. اكتب نصفي التفاعل اللذين يكونان تفاعل الأكسدة والاختزال التالي:

$3H_2C_2O_4 + 2HAsO_2 \rightarrow 6CO_2 + 2As + 4H_2O$

66. أي التفاعلات التالية أكسدة وأيها اختزال؟

a. $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$

b. $MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

c. $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

d. $F_2 \rightarrow 2F^- + 2e^-$

■ **الشكل 12**

67. **النحاس** عندما يتم وضع النحاس الصلب في محلول نيترات الفضة كما هو مبين **بالشكل 12**. فإنه يظهر فلز الفضة ويتكون محلول نيترات النحاس (II) ذو اللون الأزرق. اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة. حدد حالة الأكسدة لكل عنصر في المعادلة. اكتب نصفي معادلة التفاعل وحدد أيها أكسدة وأيها اختزال. أخيراً اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

68. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية التالية:

a. $MoCl_5 + S^{2-} \rightarrow MoS_2 + Cl^- + S$

b. $TiCl_6^{2-} + Zn \rightarrow Ti^{3+} + Cl^- + Zn^{2+}$

69. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال. أضف جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد كما هو مطلوب.

a. $NH_3(g) + NO_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l)$ (في محلول حمضي)

b. $Br_2 \rightarrow Br^- + BrO_3^-$ (في المحلول القاعدي)

70. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $CO + I_2O_5 \rightarrow I_2 + CO_2$

b. $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

c. $Cu + NO_3^- \rightarrow Cu^{2+} + NO$ (في محلول حمضي)

d. $Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NO_2$ (في محلول حمضي)

e. $Al + OH^- + H_2O \rightarrow H_2 + AlO_2^-$

71. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال. وأضف جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد كما هو مطلوب.

a. $Cl^-(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow ClO^-(aq) + NO(g)$ (في المحلول الحمضي)

b. $IO_3^-(aq) + Br^-(aq) \rightarrow Br_2(l) + IBr(s)$ (في محلول حمضي)

c. $I_2(s) + Na_2S_2O_3(aq) \rightarrow Na_2S_2O_4(aq) + NaI(aq)$ (في محلول حمضي)

58. تكتسب الإلكترونات عن طريق نوع ما خلال تفاعل الاختزال النصفي وتفقد الإلكترونات من نوع ما أثناء تفاعل الأكسدة النصفي.

إتقان حل المسائل

59. a. $Cl_2 + NaOH \rightarrow NaCl + HOCl$

b. $4HBrO_3 \rightarrow 2Br_2 + 2H_2O + 5O_2$

60. a. $2Au^{3+}(aq) + 6I^-(aq) \rightarrow 2Au(s) + 3I_2(s)$

b. $2Ce^{4+} + Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2Ce^{3+}$

61. a. $2Al + 3I_2 \rightarrow 2Al^{3+} + 6I^-$

b. $MnO_2 + 2Br^- + 4H^+ \rightarrow Mn^{2+} + Br_2 + 2H_2O$

62. a. $2PbS + 3O_2 \rightarrow 2PbO + 2SO_2$

b. $4NaWO_3 + O_2 + 4NaOH \rightarrow 4Na_2WO_4 + 2H_2O$

c. $2NH_3 + 3CuO \rightarrow 3Cu + N_2 + 3H_2O$

d. $Al_2O_3 + 3C + 3Cl_2 \rightarrow 2AlCl_3 + 3CO$

63. $Fe^{2+} + Ti^{4+} \rightarrow Fe^{3+} + Ti^{3+}$؛ Fe^{2+} هو عامل مختزل، Ti^{4+} هو عامل مؤكسد

64. a. أكسدة $NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3e^-$

اختزال $PbO(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s)$

b. اختزال $I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$

أكسدة $S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow S_2O_4^{2-}(aq) + e^-$

c. أكسدة $Sn(s) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + 2e^-$

اختزال $H^+(aq) + e^- \rightarrow H_2(g)$

65. $H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$

$HAsO_2 + 3H^+ + 3e \rightarrow As + 2H_2O$

66. a. أكسدة

b. اختزال

c. اختزال

d. أكسدة

67. $AgNO_3(aq) + Cu(s) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + Ag(s)$

أكسدة: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

اختزال: $e^- + Ag^+ \rightarrow Ag$

$2AgNO_3(aq) + Cu(s) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$

68. a. $2MoCl_5 + 5S^{2-} \rightarrow 2MoS_2 + 10Cl^- + S$

b. $2TiCl_6^{2-} + Zn \rightarrow 2Ti^{3+} + 12Cl^- + Zn^{2+}$

69. a. $8NH_3 + 6NO_2 \rightarrow 7N_2 + 12H_2O$

b. $3Br_2 + 6OH^- \rightarrow 5Br^- + BrO_3^- + 3H_2O$

70. a. $5CO + I_2O_5 \rightarrow I_2 + 5CO_2$

b. $SO_2 + Br_2 + 2H_2O \rightarrow 2HBr + H_2SO_4$

c. $3Cu + 2NO_3^- + 8H^+ \rightarrow 3Cu^{2+} + 2NO + 4H_2$

d. $Zn + 2NO_3^- + 4H^+ \rightarrow Zn^{2+} + 2NO_2 + 2H_2O$

e. $2Al + 2OH^- + 2H_2O \rightarrow 3H_2 + 2AlO_2^-$

71. a. $3Cl^- + 2NO_3^- + 2H^+ \rightarrow 3ClO^- + 2NO + H_2O$

b. $6H^+ + 5Br^- + IO_3^- \rightarrow 2Br_2 + IBr + 3H_2O$

c. $S_2O_3^{2-} + H_2O + I_2 \rightarrow S_2O_4^{2-} + 2H^+ + 2I^-$

0556_0559_C15_CA_681708.indd 557 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

a. $Mg + Fe^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Fe$

b. $ClO_3^- + SO_2 \rightarrow Cl^- + SO_4^{2-}$ (في المحلول الحمضي)

81. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية مستخدماً أي طريقة من طرائق الوزن:

a. $P + H_2O + HNO_3 \rightarrow H_3PO_4 + NO$

b. $KClO_3 + HCl \rightarrow Cl_2 + ClO_2 + H_2O + KCl$

التفكير الناقد

82. تطبيق المعادلات الآتية تظهر تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تستخدم احياناً في المختبر لإنتاج غاز النيتروجين وغاز أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين النقي (أكسيد النيتروز، N_2O).

$NH_4NO_2(s) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l)$

$NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(l)$

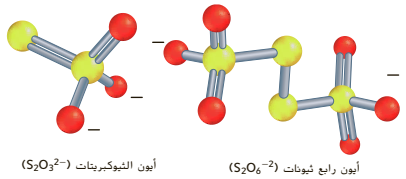
a. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في المعادلتين ثم بعد ذلك قم برسم مخطط موضحاً التغيرات في أعداد التأكسد التي حدثت في كل تفاعل.

b. حدد الذرة التي تأكسدت والذرة التي اختزلت في كل من التفاعلين.

c. حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلين.

d. اكتب جملة توضح كيف أن انتقال الإلكترون الحادث في هذين التفاعلين يختلف عن ذلك الحادث في التفاعل أدناه.

$2AgNO_3 + Zn \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2Ag$



أيون الثيوكبريتات ($S_2O_3^{2-}$) أيون رابع ثيونات ($S_2O_6^{-2}$)

■ **الشكل 14**

83. التحليل افحص المعادلة الأيونية أدناه فيما يتعلق بالتفاعل الحادث عندما يتأكسد أيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ إلى أيون رابع ثيونات $S_4O_6^{2-}$. وزن المعادلة باستخدام طريقة نصف التفاعل. **الشكل 14** سيساعدك لتحديد أعداد التأكسد المستخدمة.

$S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow I^- + S_4O_6^{2-}$ (في المحلول الحمضي)

a. $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ c. $Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$

b. $Na \rightarrow Na^+ + e^-$ d. $O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$

74. استخدم قواعد تحديد أعداد التأكسد لكي تكمل **الجدول 7**.

جدول 7 تعيين عدد التأكسد

العنصر	عدد التأكسد	القاعدة
K في KBr	+1	
Br في KBr		8
Cl في Cl_2		1
K في KCl		7
Cl في KCl	−1	
Br في Br_2	0	

75. حدد العامل المختزل في كل من المعادلات التالية:

a. $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

b. $Na_2SO_4 + 4C \rightarrow Na_2S + 4CO$

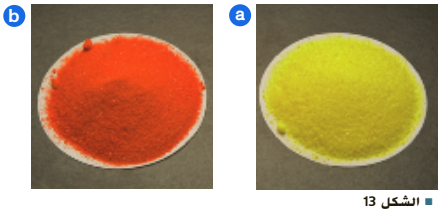
c. $4IrF_5 + Ir \rightarrow 5IrF_4$

76. اكتب معادلة الأكسدة والاختزال الأيونية الموزونة مستخدمًا أنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
$Te^{2+} + 2e^- \rightarrow Te$

b. $IO_4^- + 2e^- \rightarrow IO_3^-$
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ (في محلول حمضي)

c. $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$
$N_2O \rightarrow 2NO_3^- + 8e^-$ (في محلول حمضي)



■ **الشكل 13**

77. ما السبب في اختلاف أشكال مركبات الكروم كما هو موضح في الشكل **13**؟

78. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية مستخدمًا أي طريقة من طرائق وزن المعادلات:

a. $Sb^{3+} + MnO_4^- \rightarrow SbO_4^{3-} + Mn^{2+}$ في المحلول الحمضي)

b. $N_2O + ClO^- \rightarrow Cl^- + NO_2^-$ (في المحلول القاعدي)

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

d. Fe, +3

77. a. أكسدة

b. أكسدة

c. اختزال

d. اختزال

78. القاعدة 7, −1, 0, +1. القاعدة 8. القاعدة 1

79. a. NH_3

b. C

c. Ir

80. a. $Fe + Te^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Te$

b. $3IO_4^- + 2Al + 6H^+ \rightarrow 3IO_3^- + 2Al^{3+} + 3H_2O$

c. $4I_2 + N_2O + 5H_2O \rightarrow 8I^- + 2NO_3^- + 10H^+$

81. للكروم حالات أكسدة مختلفة في الشكلين.

82. a. $5Sb^{3+} + 2MnO_4^- + 12H_2O \rightarrow 5SbO_4^{3-} + 2Mn^{2+} + 24H^+$

b. $N_2O + 2ClO^- + 2OH^- \rightarrow 2NO_2^- + 2Cl^- + H_2O$

83. Al_2O_3; $Al_2O_3 + 2Cr^{3+} \rightarrow Cr_2O_3 + 2Al^{3+}$; ليس تفاعل أكسدة واختزال. تظل أعداد التأكسد كما هي

84. a. $3Mg + 2Fe^{3+} \rightarrow 3Mg^{2+} + 2Fe$

b. $3SO_2 + ClO_3^- + 3H_2O \rightarrow 3SO_4^{2-} + Cl^- + 6H^+$

85. a. $3P + 2H_2O + 5HNO_3 \rightarrow 3H_3PO_4 + 5NO$

b. $2KClO_3 + 4HCl \rightarrow Cl_2 + 2ClO_2 + 2H_2O + 2KCl$

التفكير الناقد

82. a. يرجى الرجوع إلى قواعد تحديد عدد التأكسد.

b. N^{3-} إلى N_2 يفقد $3\ e^-$ (يتأكسد)؛
N^{3+} إلى N_2 يكتسب $3\ e^-$ (يختزل)
N^{3-} إلى N^{1+} يفقد $4\ e^-$ (يتأكسد)؛
N^{5+} إلى N^{1+} يكتسب $4\ e^-$ (يختزل)

c. NO_2^- و NO_3^- (عوامل مؤكسدة)؛ NH_4^+ (عامل مختزل)

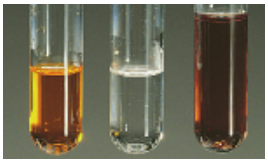
d. في التفاعلين الأولين، يتأكسد النيتروجين ويختزل. يتضمن التفاعل الثالث اختزالاً بين عنصرين مختلفين.

83. $2S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$ (في محلول حمضي)

0556_0559_C15_CA_681708.indd 558 1/7/17

Program: UAE | Component: ADV_SCI | PDF Pass
Vendor: MPS | Grade: 10

86. في نصف التفاعل $NO_3^- \rightarrow NH_4^+$، في أي من طرفي المعادلة يجب إضافة الإلكترونات؟ اضف عدد الإلكترونات الصحيح للطرف الذي يحتاج إليها وأعد كتابة المعادلة.



■ **الشكل 15**

87. تفاعـــل الأكسدة والاختزال بين أيونات ($Cr_2O_7^{2-}$) وأيونات (I^-) في المحلول الحمضي مُوضح بالشكل **15**. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة الأكسدة والاختزال.

مسألة تحدّي

88. لكل تفاعل موصوف، اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة التي تمثله. حدد حالة الأكسدة لكل عنصر في المعادلة. ثم، اكتب نصفي التفاعل وصنفها إلى تفاعل أكسدة وتفاعل اختزال. أخيرًا اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

a. يُوضع أكسيد الزئبق (II) الصلب في أنبوبة الاختبار ويسخن برفق. يتكون الزئبق السائل على الجانبين وفي الجزء السفلي من الأنبوبة وتخرج فقاعات غاز الأكسجين من أنبوبة الاختبار.

b. عند وضع قطع نحاس صلبة في محلول نيترات الفضة، يترسب فلز الفضة ويتكون محلول نيترات النحاس (II) الأزرق.

DBQ

أسئلة مبنية على المستندات

طلاء الزجاج تشكيل الألوان في زجاج السيراميك، كما في **الشكل 16**، يمكن أن يتأثر بظروف عملية التصنيع (مثل: درجة الحرارة). أيونات الفلزات التي لديها أكثر من حالة أكسدة مثل النحاس يمكنها أن تعطي ألوانًا مختلفة للسيراميك. عند القيام بعملية التسخين تتوفر كميات كبيرة من الأكسجين مما يجعل أيونات النحاس تحول لون السيراميك من اللون الأخضر إلى اللون الأزرق. في ظل ظروف الاختزال يكون الأكسجين محدودًا وثاني أكسيد الكربون متوفرًا، تعطي أيونات النحاس في مادة السيراميك لونًا محمرًا.

■ **الشكل 16**

92. اكتب المعادلة لما حدث في الآنية المبينة في **الشكل 16**.

93. استنادًا إلى لون الآنية الفخارية، ماهي حالة أكسدة النحاس المختزلة؟ المؤكسدة؟

91. كان النحاس فلزًا مفيدًا حتى قبل أن يستخرج الحديد والفضة والذهب من خاماتها واستخدامها كأدوات وأواني ومجوهرات. وفي الأعمال الفنية. تم صهر النحاس في درجات حرارة عالية قبل 8000 سنة. قارن بين عمليات استخراج النحاس واستخداماته في الحضارات القديمة واليوم.

بك عن طريق كتابة إرشادات لتنظيف الفضيات الملطخة بعملية أكسدة واختزال كيميائية. من المؤكد أن تشمل المعلومات الأساسية التي تصف العملية، فضلا عن الخطوات التفصيلية التي تسمح لأي شخص أن ينجز المهمة.

$5Cl_2(aq) + 8H_2O(l)$

86. تختزل حالة الأكسدة للنيتروجين من 5+ إلى 3−؛ يجب أن يكتسب النيتروجين 8 إلكترونات. $8e^-$ في الناحية اليسرى؛

$NO_3^- + 8e^- \rightarrow NH_4^+$

87. $6I^-(aq) + 14H^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) \rightarrow 3I_2(s) + 7H_2O(l) + 2Cr^{3+}(aq)$

مسألة تحدي

88. **a.** أكسدة: $O^{2-} \rightarrow O_2 + 2e^-$

اختزال $Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$

$2HgO(s) \rightarrow O_2(g) + 2Hg(l)$

b. أكسدة: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

اختزال: $e^- + Ag^+ \rightarrow Ag$

$2AgNO_2(aq) + Cu(s) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$

الكتابة في الكيمياء

89. من المحتمل أن تشتمل إجابات الطلاب على أوصاف وأشكال لبعض أو لكل ما يلي من خامات الحديد وأكاسيده: الهيماتيت (Fe_2O_3) والماغنيتيت (Fe_3O_4)، والكربونات ($FeCO_3$).

ومن الأمور الأكثر شيوعًا هي أن خامات الحديد تُختزل في فرن الفرن اللافح. في الفرن اللافح، تكون التفاعلات الهامة هي أكسدة فحم الكوك إلى أول أكسيد الكربون ($2C(s) + O_2(g) \rightarrow 2CO(g)$) واختزال خام الحديد بواسطة أول أكسيد الكربون وهو ما يحدث عادة على خطوات.

$CO(g) + 3Fe_2O_3(s) \rightarrow 2Fe_3O_4(s) + CO_2(g)$

$Fe_3O_4(s) + CO(g) \rightarrow 3FeO(s) + CO_2(g)$

$FeO(s) + CO(g) \rightarrow Fe(l) + CO_2(g)$

DBQ

أسئلة مبنية على المستندات

بيانات مأخوذة من: Denio, Allen A. 2001. الألوان المبهجة في عملية تزجيج الخزف بمساعدة الأكسدة والاختزال في الكيمياء. مجلة التعليم الكيميائي. 78 رقم 10.

92. $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$; $Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$

93. الأكثر اختزالاً: 1+؛ أو 0 أكثر تأكسدًا: 2+

90. ستختلف الإجابات ولكن ينبغي أن يضع الطلاب إجراء منطقيًا معتمدًا على المفاهيم التي تعلموها في المختبر المصغر لهذا الفصل.

91. ستختلف الإجابات.

0556_0559_C15_CA_681708.indd 559 1/7/17

Program: UAE	Component: ADV_SCI	PDF Pass
Vendor: MPS	Grade: 10	

C. المادة الأقل سالبية كهربائية
D. المادة المانحة للإلكترون

2. التفاعل بين النيكل وكلوريد النحاس(II) الموضح أدناه.

$$Ni(s) + CuCl_2(aq) \rightarrow Cu(s) + NiCl_2(aq)$$

ما نصفا تفاعلات الأكسدة والاختزال؟
A. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $Cl_2 \rightarrow 2Cl^- + 2e^-$
B. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + e^-$, $Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$
C. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$
D. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $2Cu^+ + 2e^- \rightarrow Cu$

وظف التفاعل بين يوديد الصوديوم والكلور الموضح أدناه في الاجابة عن السؤالين 3 و 4

$$2NaI(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + I_2(aq)$$

3. ما هو سبب عدم تغير عدد تأكسد الصوديوم؟
A. Na^+ أيون متفرج.
B. Na^+ لا يمكن اختزاله.
C. الصوديوم عنصر غير متحد.
D. Na^+ أيون أحادي الذرة.

4. أي التالية العامل المؤكسد في التفاعل ؟
A. Cl_2
B. I_2.
C. NaCl
D. NaI

أسئلة ذات إجابة قصيرة

استخدم المعادلة أدناه للإجابة عن الأسئلة *5* و *6*.

$$I_2(s) + PbO_2(s) \rightarrow IO_3^-(aq) + Pb^{2+}(aq)$$

5. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في التفاعل.

6. اشرح كيفية التعرف على العنصر الذي تأكسد والعنصر الذي اختزل.

A. KCl
B. CH_3OH
C. $Ba(OH)_2$
D. CH_3COOH
E. NaOH

7. ما المركب الكيميائي الذي سيتفكك إلى أكبر عدد من الجسيمات عند إذابته في محلول؟

8. ما المركب الكيميائي صاحب أكبر كتلة مولية؟

9. أي الدوارق يحتوي على 9.32 g من المركب الكيميائي المخصص؟

10. أي الدوارق تتكون محتوياتها من 18.7% أكسجين؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

0560_0561_C15_STP_681708.indd 560 1/7/17

Program: **UAE**	Component: **ADV_SCI**	**PDF Pass**
Vendor: **MPS**	Grade: **10**	