الطاقة والتغيرات الكيميائية

الفكرة **الرئيسة** عادة ما تمتص التفاعلات الكيميائية الطاقة أو تطلقها.

الأقسام

1 الطاقة

2 الحرارة

3 المعادلات الكيميائية الحرارية

4 حساب التغير في المحتوى الحراري

5 تلقائية حدوث التفاعلات

التجربة الاستهلالية

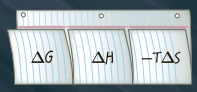
كيف يمكنك صنع الكمادة الباردة؟

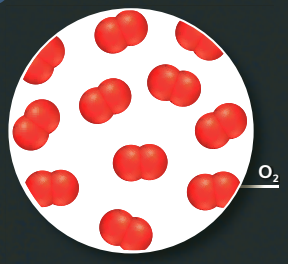
تستخدم الكمادات الباردة في تخفيف الألم الناتج عن الإصابة في حادثة. تحتوي بعض الكمادات الكيميائية الباردة على مركبين منفصلين وعند اتحادهما يحدث امتصاص للحرارة. سوف تختبر ثلاث مواد كيميائية في هذه التجربة لتحديد أيها أفضل لصناعة كمادة كيميائية باردة.

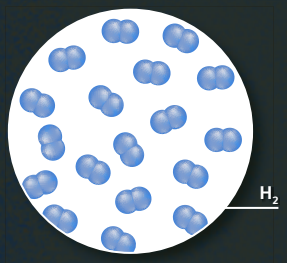
المطويات
منظم الدراسة

معادلة الطاقة الحرة

اصنع المطوية الموضحة في الشكل ، واستخدمها في تنظيم دراستك لمعادلة الطاقة الحرة.







تستخدم المحركات الثلاثة الرئيسة لمكوك الفضاء ما يزيد عن 547,000 kg من الأكسجين السائل وحوالي 92,000 kg من الهيدروجين السائل لرفع كتلة تبلغ 2.04×10^6 kg.

almanahj.com/ae

dxb

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التجربة الاستهلالية

كيف يمكنك صنع الكمادة الباردة؟

الهدف سيلاحظ الطلاب المحاليل الطاردة والماصة للحرارة وسيتوقعون استخدامات يومية للمواد الكيميائية.

احتياطات السلامة

اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل. راجع صحيفة بيانات سلامة المواد الكيميائية (MSDS) مع الطلاب. **تحذير: نيترات الأمونيوم هي مادة لها قابلية تفاعل شديدة وينبغي التعامل معها بحذر. استخدم نظارات السلامة الواقية من تسرب المواد الكيميائية. يجب الابتعاد عن مصادر الحرارة.**

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

استراتيجيات التدريس

- لا تكون الكتل والأحجام الحقيقية دقيقة إذا كانت متشابهة. يمكن ضبط الكميات كما هو مطلوب.
- ستختلف بيانات وصيغ صحيفة بيانات سلامة المواد الكيميائية (MSDS). يمكن أن يؤدي تعرض الطلاب لهذه الأشكال المختلفة، إلى إجراء مناقشة مهمة حول المعلومات المطلوبة.
- قم بقياس نيترات الأمونيوم للطلاب مسبقًا.

النتائج المتوقعة

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

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 ($CaCl_2$)** ونيترات **الأمونيوم (NH_4NO_3).**

التحليل

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

مقدمة الفكرة الرئيسة

التغيرات الماصة للحرارة والطاردة للحرارة لتقديم الفكرة الرئيسة لهذه الوحدة من خلال تنظيم جلسة عصف ذهني للتفكير في التفاعلات الكيميائية المتنوعة والتغيرات الفيزيائية التي تمتص الطاقة أو تطلقها في 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. الطاقة + $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة عكسيًا. الطاقة + $H_2O(g) \rightarrow H_2O(l)$ وضح أن المعادلة الثانية تمثل تكاثف بخار الماء الطارد للحرارة.

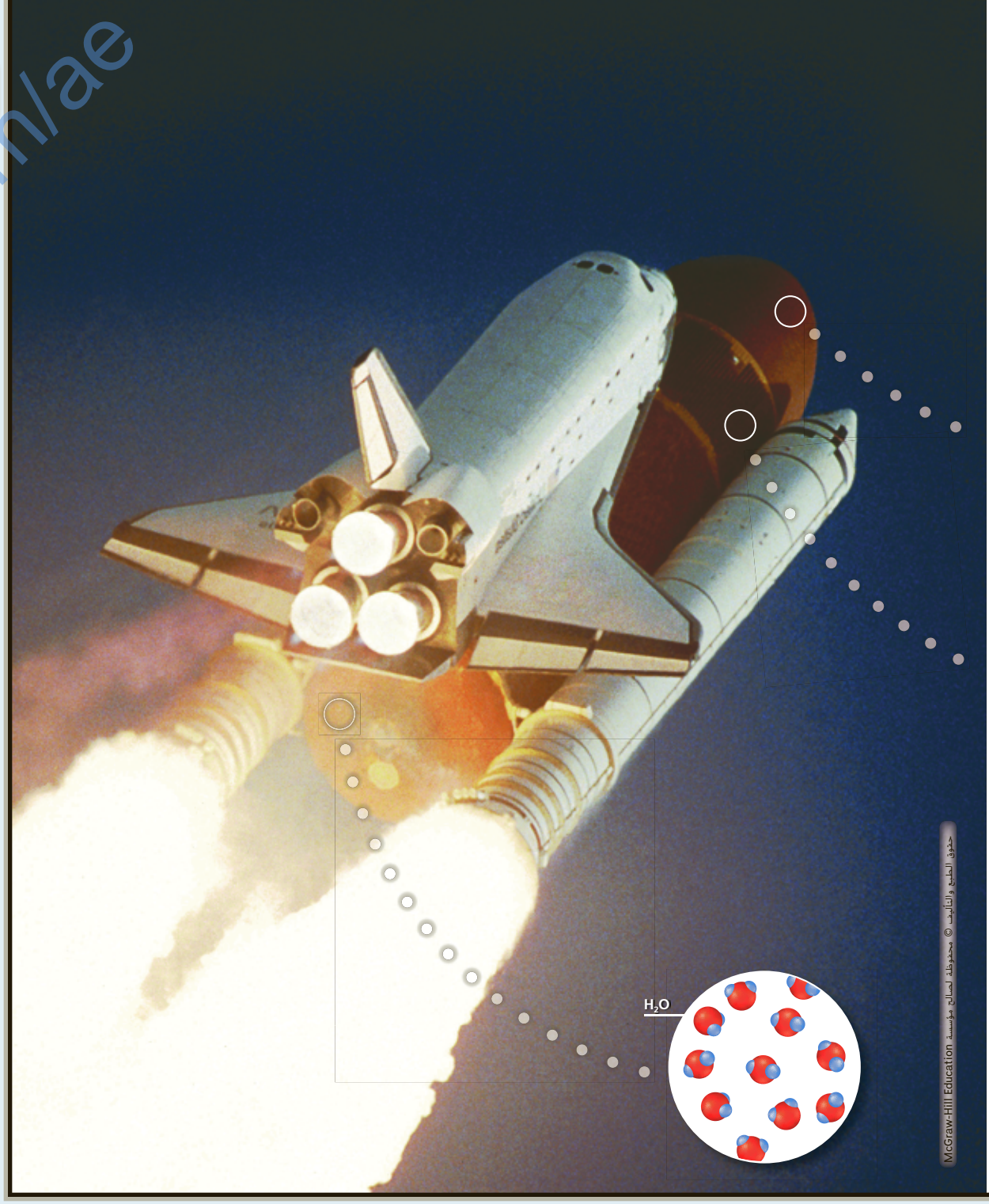
الربط بالمعرفة السابقة

أطلب إلى الطلاب مراجعة المفاهيم التالية قبل دراسة هذه الوحدة.

- 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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

almanahj.com/ae

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.

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

صور الطاقة والتحولات أمسك كتابًا بطول ذراعك واتركه يسقط على سطح مكتب أو على الأرض. اطلب إلى الطلاب وصف تحول الطاقة الذي يحدث. عندما يسقط الكتاب، فإن طاقة الوضع تتحول إلى طاقة حركة تسمى الحركة الجزيئية. عندما يتوقف الكتاب، تتحول الحركة الجزيئية كليًا إلى حرارة وصوت. أشعل قطعة خشبية ثم اطلب إلى الطلاب أن يصفوا تحول الطاقة الذي يحدث. يتم تحويل طاقة الوضع الكيميائية في القطعة الخشبية إلى حرارة وضوء. وضّح للطلاب أنه رغم تحوُّل الطاقة إلا أن كمية الطاقة الكلية لا تتغير. ض م

2 التدريس

تطوير المفاهيم

تبادلات الطاقة التفاعلات الكيميائية الصناعية مهمة جدًا من أجل صناعة العديد من المنتجات. حدد أيًا من التفاعلات سيكون مناسبًا للإنتاج ويمكن أن يتضمن حساب كمية المواد المتفاعلة اللازمة وإلا سيحدث التفاعل دون إضافة الطاقة ودون إنتاج الكمية الكافية من المنتج، حيث تحدث تحولات الطاقة في التفاعلات. يمكن أن تساعد الديناميكا الحرارية في تتبع تدفق الطاقة في التفاعلات وحساب متطلبات الطاقة للتفاعلات وإنتاج الحرارة الفائضة التي يجب التخلص منها أو الحفاظ عليها وإمداد الشركات المُصنِعة بالبيانات الضرورية للحصول على طاقة كافية من أجل عملية التصنيع. تتيح القوانين الثلاثة الخاصة بالديناميكا الحرارية بالتغيرات والتحولات، دراسة كل حالة من حالات التفاعل وانتقال الطاقة والتغير في الإنتروبي.

الطاقة

الفكرة **الرئيسة** الطاقة يتغير شكلها وتنتقل ولكنها دائمًا محفوظة.

الأسئلة الرئيسة

- ما هي الطاقة؟
- كيف تختلف طاقة الوضع عن الطاقة الحركية؟
- ما علاقة طاقة الوضع الكيميائية بالحرارة المفقودة أو المكتسبة خلال التفاعلات الكيميائية؟
- 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

الكيمياء في حياتك

هل سبق لك أن شاهدت قطار الملاهي يطير بسرعة صعودًا وهبوطًا عبر مساره أو جربت متعة وتشويق ركوب هذا القطار؟ تتغير طاقة قطار الملاهي من شكل إلى آخر في كل مرة يهبط فيها أو يصعد.

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.

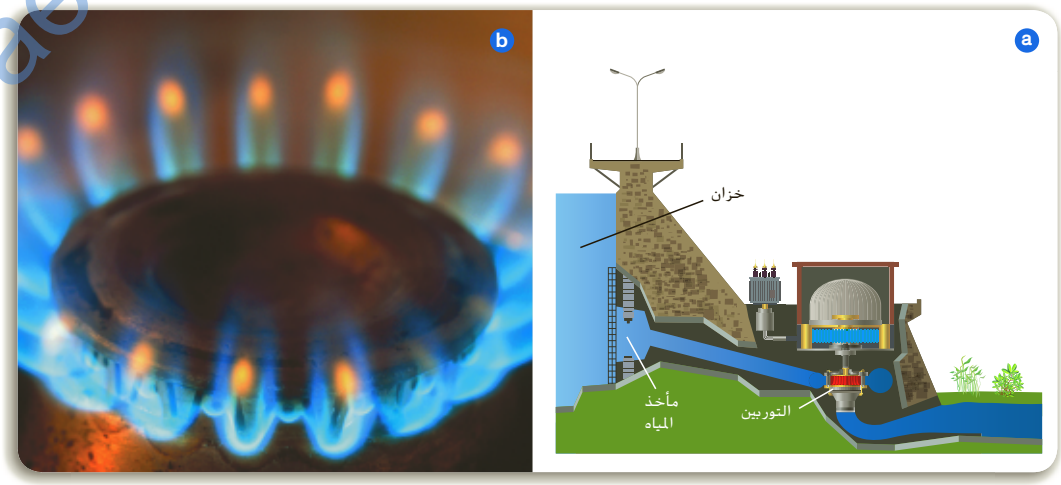
■ **الشكل 1** في بداية الدورة يكون لدى المتزلجة في **a** طاقة وضع عالية بسبب موقعها ومكانها. في **b** تتحول طاقة الوضع للمتزلجة إلى طاقة حركية.

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.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **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 وتُحوِّل 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 ترتبط بين هذه الذرات.

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

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلاب عمل ملصق أو مخطط يصف استخدامات الطاقة في الإمارات العربية المتحدة من عام 1800 تقريبًا إلى زمننا هذا في كل من هذه الفئات: الخشب، الفحم، البترول والغاز الطبيعي والطاقة الكهرومائية والنووية. ناقش الأسباب الممكنة والنتائج المتوقعة للاتجاهات المُوَضحة في المخطط. ض م

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

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

almanahi.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال في الصف

سؤال الجلوكوز هو السكر البسيط الموجود في الفاكهة. احتراق 1.00 g من الجلوكوز يُطلق 15.6 kJ من الطاقة. كم عدد السعرات الغذائية **(Cal)** التي تنطلق من هذا التفاعل؟

الإجابة 3.73 Cal

$$15.6\ \text{kJ} \times (1000\ \text{J/kJ}) \times (1\ \text{cal}/4.184\ \text{J}) \times (1/1000\ \text{cal}) = 3.73\ \text{Cal}$$

عرض سريع

التفاعلات الماصة والطاردة للحرارة

قم 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 إلى 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

جدول 1 العلاقات بين وحدات الطاقة

معاملات التحويل	العلاقة
$\frac{1\ \text{J}}{0.2390\ \text{cal}}$ $\frac{0.2390\ \text{cal}}{1\ \text{J}}$	1 J = 0.2390 cal
$\frac{1\ \text{cal}}{4.184\ \text{J}}$ $\frac{4.184\ \text{J}}{1\ \text{cal}}$	1 cal = 4.184 J
$\frac{1\ \text{Cal}}{1000\ \text{Cal}}$ $\frac{1000\ \text{Cal}}{1\ \text{Cal}}$	1 Cal = 1 kcal

الحرارة المكون الرئيس للجازولين هو الأوكتان (C_8H_{18}). عندما يحترق الجازولين في محرك السيارة، يتحول جزء من طاقة الوضع الكيميائية للأوكتان لتقوم بمهمة تحريك المكابس، مما يؤدي إلى تحريك العجلات ودفع السيارة . بالرغم من هذا، يتم تحرير جزء كبير من طاقة الوضع الكيميائية للأوكتان في صورة حرارة. يُستخدم الرمز q ليُعبر عن **الحرارة**، وهي الطاقة التي تنتقل من جسم أكثر سخونة إلى جسم أكثر برودة. عندما يفقد الجسم الأكثر سخونة الطاقة، تنخفض درجة حرارته. عندما يمتص الجسم الأكثر برودة الطاقة، ترتفع درجة حرارته.

قياس الحرارة

يعتبر انتقال الطاقة والتغير في درجة الحرارة مفتاحين لكيفية قياس الحرارة، تُعرّف كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي درجة سيليزية 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 عبّر 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.

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

طبّق العلاقة 1000 cal = 1 Cal.

حوّل السعرات إلى جول.

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

طبّق العلاقة 1Cal = 4.184 J 1Cal

عرض توضيحي

تفاعل الثيرميت

الهدف

تفسير التفاعل الطارد للحرارة

المواد

خليط الثيرميت، مبدئ تفاعل الثيرميت وقطعة من ورق الترشيح قطرها 11 cm ودلو مملوء برمل جاف وملقط، ووعاء وشريط Mg طوله 8 cm وموقد ومطرقة ومغناطيس.

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.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

1. تحتوي قطعة من الشوفان والفاكهة على 142 Cal. حوّل هذه الطاقة إلى سعرات.
2. يطلق تفاعل طارد للحرارة 86.5 kJ. كم مقدار الطاقة الناتجة بوحدة kcal؟
3. **تحدي** حدد وحدة جديدة للطاقة، وسمّها باسمك، والتي تبلغ قيمتها عشر سُعرات. ما هي معاملات التحويل التي تربط هذه الوحدة الجديدة بالجول؟ وبالسعر الغذائي؟

الحرارة النوعية

لقد قرأت أنه يلزم توفير 1cal أو 4.184 J لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي 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.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تطبيق

1. 142 000 cal
2. 20.7 kcal
3. وحدة X = 0.1 cal;
1 cal = 4.184 J;
X = 0.4184 J
1 cal = 0.001 Cal
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 المُولدة 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.

$$Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe + \text{الطاقة}$$

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

almanahi.com/ae

جدول 2 درجات الحرارة النوعية عند 298 K (25°C)

المادة	الحرارة النوعية J/(g·°C)
الماء(l)	4.184
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

حساب الحرارة المتصة افترض أن درجة حرارة كتلة من الرصيف الخرساني تبلغ 5.00×10^3 g قد زادت بمقدار 6.0°C. فهل يمكن حساب مقدار الطاقة التي تم امتصاصها؟ تذكر أن الحرارة النوعية للمادة تخبرك عن مقدار الحرارة التي قد امتصها جرام واحد من هذه المادة لرفع درجة حرارتها (1°C). يوضح **جدول 2** درجات الحرارة النوعية لبعض المواد الشائعة. تبلغ الحرارة النوعية للخرسانة 0.84 J/(g·°C) لذا، فإن جرام واحد من الخرسانة يمتص 0.84 J عندما ترتفع حرارته (1°C) ولتحديد الحرارة التي امتصتها 5.00×10^3 g من الخرسانة يجب عليك ضرب 0.84 J في 5.00×10^3. ثم، نظرًا لتغير درجة حرارة الخرسانة بمقدار 6.0°C، يجب عليك ضرب الناتج من ضرب الكتلة والحرارة النوعية في 6.0°C.

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.

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

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

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).

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

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.

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

الإشارة السالبة في الإجابة النهائية تدل على أن الطاقة منطلقة

ثم، استخدم المعادلة لحساب كمية الحرارة.

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

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

تحديد المفاهيم الخاطئة

قد يعتقد الطلاب أن الحرارة ودرجة الحرارة هما الشيء نفسه.

كشف المفاهيم الخاطئة

اسأل الطلاب أيهما سيكون له درجة حرارة أعلى، 100.0 g من الإيثانول 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 g من الإيثانول عند 25.0°C

وضّح المفهوم

وضّح للطلاب كيف يقومون بحساب مقادير الحرارة في المثال السابق.

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

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

تقويم المعرفة الجديدة أعط الطلاب المعلومات التالية: قطعة كتلتها 5.00 g من الرصاص عند درجة حرارة 85.0°C وقطعة كتلتها 20.00 g من الألمنيوم عند درجة حرارة 65.0°C يتم وضعهما في حاوية من الماء البارد. بعد أن حقق كلا الفلزين اتزانًا حراريًا، فإن درجة الحرارة التي يقرأها الثيرمومتر في الماء هي 25.0°C. اسأل الطلاب أي الفلزين له درجة الحرارة الأولية الأعلى. الرصاص اسأل أيهما حقق ΔT الأعلى عند تبريده؟ الرصاص اجعل الطلاب يقارنوا بين الحرارة المفقودة من كلٍ من الفلزين وتفسير الفرق.

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

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

بدأ الألمنيوم عند درجة حرارة أقل وحقق ΔT، أصغر إلا أنه فقد الكثير من الحرارة لأن له حرارة نوعية أعلى. ض م

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 2

حساب الحرارة النوعية عند بناء الجسور وناطحات السحب، يجب ترك فراغات بين الدعامات الفولاذية المتجاورة للسماح بتمدد وانكماش الفلز بسبب الحرارة والبرودة. تغيرت درجة حرارة عينة من الحديد تبلغ كتلتها 10.0 g من 50.4°C إلى 25.0°C ونتج 114 J. فما هي الحرارة النوعية للحديد؟

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت كتلة العينة، ودرجة الحرارة الابتدائية والنهائية، وكمية الطاقة الناتجة. يمكنك حساب الحرارة النوعيةللحديد من خلال إعادة ترتيب المعادلة التي تربط هذه المتغيرات مع بعضها البعض لتصل إلى c.

معلوم

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

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؟

مثال في الصف

سؤال قطعة كتلتها 38.8 g من سبيكة فلزية تمتص 181 J عندما تزداد درجة حرارتها من 25.0°C إلى 36.0°C. فما هي الحرارة النوعية للسبيكة؟

الإجابة 0.424 J/(g·°C)
$181\ J = c \times 38.8\ g \times 11.0°C;$
$c = 0.424\ J/(g \cdot °C)$

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^{2}°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: $18.0\ g \times 4.18\ J/g°C \times 100°C = 7520\ J$. 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

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

3 التقويم

التحقق من الاستيعاب

اطلب إلى الطلاب تحديد أي من العمليات طارد للحرارة وأيها ماص للحرارة. 1. تسخين الشاي في الميكروويف. ماص للحرارة 2. احتراق الغاز الطبيعي في فرن داخل المنزل. طارد للحرارة 3. انصهار الجليد في البركة بسبب ضوء الشمس. ماص للحرارة ض م

إعادة التدريس

اجعل الطلاب يشرحوا الفرق بين درجة الحرارة والحرارة. درجة الحرارة هي قياس متوسط الحركة الجزيئية للجسيمات التي تُكَوِن المادة. الحرارة هي صورة من صور الطاقة التي تتدفق من المادة الساخنة إلى المادة الباردة. ض م

التوسع

اشرح للطلاب أن دراسة الطاقة في التفاعلات الكيميائية تُعرَف بالديناميكا الحرارية، التي لها مفردات مُخصصة. اطلب إليهم أن يقوموا بعمل قائمة بمصطلحات وتعريفات الديناميكا في دفاتر الكيمياء الخاصة بهم. ض م

■ **شكل 4** تمتص كل خلية كهروضوئية على هذه اللوحة أشعة الشمس وتحولها إلى كهرباء بهدوء وبدون إحداث تلوث.

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. **فسّر 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

القسم 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.

almanahj.com/ae

الحرارة

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

الأسئلة الرئيسة

- كيف يستخدم المُسعِّر لقياس الطاقة التي يتم امتصاصها أو فقدها؟
- ما المقصود بالمحتوى الحراري والتغير في المحتوى الحراري في التفاعلات والعمليات الكيميائية؟

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)

الكيمياء من أجلك

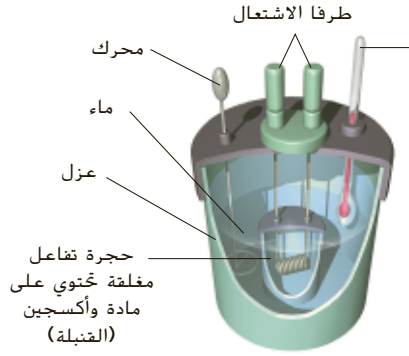
فكّر في الوقوف تحت دش ساخن والاسترخاء بينما يمتص جسمك الحرارة من الماء. عندما تقفز في بركة باردة، قد ترتعش حيث يفقد جسمك حرارته. وبالطريقة نفسها، تمتص بعض التفاعلات الكيميائية الحرارة بينما تُطلقها الأخرى.

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. تتمثل 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؟

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 الكيميائيا اليومية الخاصة بهم. ض م

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

1 التركيز

الفكرة **الرئيسة**

قياس تمثيلي للتغير في المحتوى 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.

almanahj.com/ae

التقويم

مهارة اطلب إلى الطلاب ابتكار إجراء لتحديد الحرارة النوعية لفلز غير معلوم التركيب باستخدام الثيرمومتر وكأس وسخان كهربائي، ميزان، ماء ومخبار مدرج ومسعر كوب الرغوة. إذا كان هناك متسع من الوقت، فأعط الطلاب جسمًا فلزيًا واطلب إليهم تنفيذ التجربة. أم

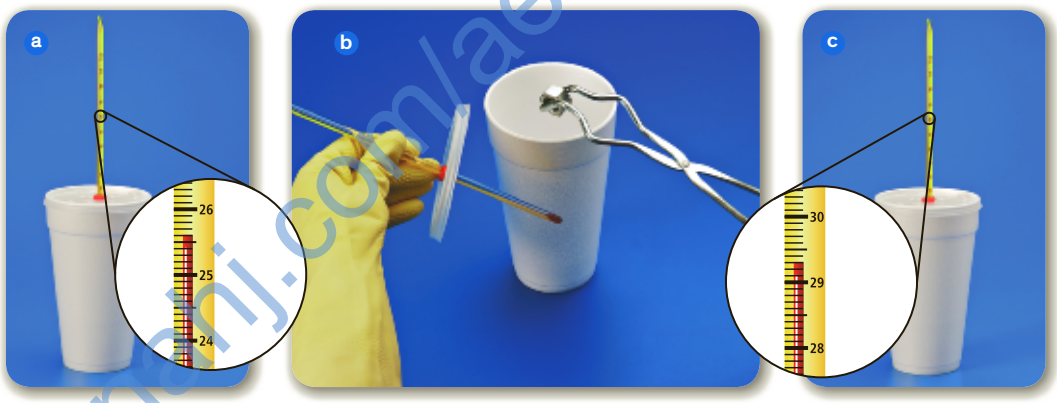
تعزيز

تغيرات الطاقة اطلب إلى الطلاب مقارنة التغيرات في الطاقة خلال التفاعلات الكيميائية بالأرباح والخسائر الحاصلة في الأعمال التجارية. توجد إيرادات (مبالغ مالية موجبة) ونفقات (مبالغ مالية بالسالب) شهرية لكل عمل تجاري. إذا زادت الإيرادات على النفقات، تتحقق الفائدة أو المبلغ المالي الموجب. إذا كانت النفقات أكبر من الإيرادات، فسيُفقد المال ويتحقق المبلغ المالي السالب. ض م

تجربة كيميائية

توجد تجربة كيميائية في نهاية الوحدة ويمكن استخدامها عند هذه المرحلة من الدرس.

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



■ **شكل 6 a.** سجلت درجة حرارة ابتدائية 25.60°C لمقدار 125 g من الماء بالمُسعِّر **b.** تم تسخين عينة كتلتها 50.0 g من فلز غير معلوم إلى درجة حرارة 115.0°C وتم وضعها في المُسعِّر **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 المُسعِّر 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.

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

almanahj.com/ae

مثال 3

استخدم الحرارة النوعية تمتص قطعة فلزية كتلتها 4.68 g كمية من الحرارة مقدارها 256J عندما ترتفع درجة حرارتها بمقدار 182°C. فما هي الحرارة النوعية لهذا الفلز؟ هل يمكن أن يكون هذا الفلز أحد الفلزات القلوية الأرضية المدرجة في **جدول 2**؟

1 تحليل المسألة

لقد تم إعطائك كتلة الفلز، وكمية الحرارة التي امتصها، والتغير في درجة الحرارة. يجب عليك حساب الحرارة النوعية. استخدم المعادلة لحساب q كمية الحرارة، ولكن عليك إيجاد الحرارة النوعية c.

معلوم

كتلة الفلز $m = 4.68\ g$

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

$\Delta T = 182°C$

مجهول

c = الحرارة النوعية ؟ j/(g•°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.

$c = \frac{256\ J}{(4.68\ g)(182°C)} = 0.301\ J/(g•°C)$

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 ($c_{\text{الجرانيت}} = 0.803\ J/(g•°C)$) 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.

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

مثال في الصف

سؤال A تمتص عينة كتلتها 124 g من الإيثانول في درجة حرارة 30.0°C حرارة تصل إلى 1560 J. وبالنظر إلى أن الحرارة النوعية للإيثانول هي 2.44 J/(g•°C)، فما هي الحرارة النهائية للإيثانول؟

الإجابة

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

$\Delta T = 5.16°C;\ 5.16°C = T_f - 30.0°C;$

$T_f = 35.2°C$

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

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

almanahi.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تجربة مصغَّرة

الهدف يُحدد الطلاب بالتجربة الحرارة النوعية للفلز ويقارنوها بالقيمة الصحيحة.

المهارات العملية صف وارسم جداول واستخدمها، وقارن، واحسب، واستخدم القوانين.

احتياطات السلامة

اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل. أرشد الطلاب إلى التعامل بحذر مع السخان الكهربائي والماء المغلي.

استراتيجيات التدريس

- أحضر عينات فلزية مختلفة للمجموعات حتى يمكن للطلاب مشاركة البيانات وإكمال الحسابات الإضافية.
- تكرار بعض العينات أمر مهم ومفيد حتى يتمكن للطلاب من جمع البيانات ومقارنتها.
- يمكن استخدام الموقد والحلقة والحامل بدلاً من السخان الكهربائي.

نتائج محتملة قد تكون قيم الحرارة النوعية غير دقيقة بعض الشيء حيث سيظل بعض الماء المغلي فوق الفلز أثناء عملية النقل.

نموذج بيانات

كتلة الفلز	65.637 g
حجم الماء	90.0 mL
درجة حرارة الماء البارد	28.0°C
درجة حرارة الماء الساخن	98.5°C
درجة الحرارة العظمى للخليط	32.0°C

تجربة مُصغّرة

قياس الحرارة النوعية

كيف يمكنك تحديد الحرارة النوعية لفلز؟ يمكنك استخدام كوب القهوة المصنوع من البلاستيك الرغوي كمسعر لتحديد الحرارة النوعية لفلز.

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء 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**.
9. عندما يبدأ الماء الموضوع فوق السخان الكهربائي بالغليان، قس وسجل درجة الحرارة باعتبارها درجة الحرارة الابتدائية للفلز.
10. ضع بحرص شديد الفلز الساخن في الماء البارد الموجود بكوب القهوة باستخدام ملقط البوتقة. لا تلمس الفلز الساخن بيدك.
11. حرك، وقس درجة الحرارة النهائية للماء بعد وضع الفلز.

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؟

almanahj.com/ae

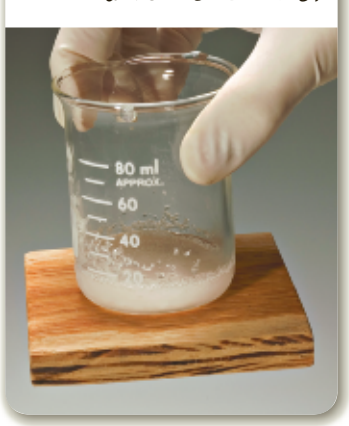
نظرًا لأنك مهتم بالحرارة المنبعثة من التفاعل الكيميائي والتي تمتصها الكمادة، فمن المناسب أن تفكر بالكمادة ومحتوياتها باعتبارها النظام. في الكيمياء الحرارية يعتبر **النظام** هو الجزء المعين من الكون الذي يشمل التفاعل أو العملية التي ترغب في دراستها. يعتبر كل شيء في الكون بخلاف النظام **المحيط**. لذا يُعرف **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؟ ينعكس 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. **1–3**. 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

يمكن قياس الحرارة المفقودة أو المكتسبة، في تفاعلات كثيرة، بشكل ملائم بالمُسعِّر عند ضغط ثابت، كما هو موضح في التجربة المعروضة في **شكل 6.** كوب البلاستيك الرغوي ليس مغلقًا، لذا فإن الضغط ثابت. تحدث تفاعلات كثيرة تحت ضغط ثابت؛ على سبيل المثال، تلك التفاعلات التي تحدث داخل الكائنات الحية على سطح الأرض، وفي البحيرات والمحيطات، وكتلك التي تحدث في الكؤوس والدوارق المفتوحة في المختبر. يُرمَز للطاقة المنطلقة أو الناتجة عن التفاعل الذي حدث عند ضغط ثابت في بعض الأحيان بالرمز q_p. لقياس ودراسة تغيرات الطاقة المصاحبة للتفاعلات بسهولة، فقد عرَّف الكيميائيون خاصية تُسمى بالمحتوى الحراري. **المحتوى الحراري** (H) هو المحتوى الحراري لنظام ما عند ضغط ثابت.

بالرغم من عدم قدرتك على قياس الطاقة الفعلية أو المحتوى الحراري الفعلي 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.**

مهن في الكيمياء

أخصائيو التدفئة والتبريد يقوم ميكانيكيو أنظمة التدفئة والتبريد بتركيب وصيانة وإصلاح أجهزة أنظمة التدفئة والتبريد كالثلاجات ومعدات التدفئة في المنازل والمصانع. يجب أن يكونوا على دراية بكيفية تغير الحرارة عن طريق العمليات الماصة والطاردة للحرارة. يجب أن يكونوا قادرين على قراءة المخططات واستخدام مجموعة كبيرة من الأدوات، بدءًا من قواطع الأنابيب وصولًا إلى أجهزة التشخيص الإلكترونية. قد يتخصص الميكانيكي في جانب واحد من هذا المجال، أو يكون خبيرًا في جميع المجالات.

■ **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.

الرياضيات والكيمياء

إشارات تغيرات الطاقة ساعد الطلاب على فهم أن الإشارتين + و − هما مخصصتان لتغيرات الطاقة التي تحدث خلال التفاعل الكيميائي ووضح لهم أن الإشارة تعكس دائمًا حالة النظام. تُشير الإشارة + المخصصة لـ ΔH إلى أن طاقة النظام قد زادت بينما تُشير الإشارة − إلى أن طاقة النظام قد انخفضت. ض م

تطوير المفاهيم

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.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

3 التقويم

التحقق من الاستيعاب

اطرح السؤال التالي عل الطلاب للإجابة عليه شفهيًا: عرّف الكون مع ذكر ثلاثة أمثلة. بعد إجراء بعض المناقشات وضّح أن الديناميكا الحرارية، عرفت الكون ببساطة بمجموع النظام والأوساط المحيطة (الكون = النظام + الأوساط المحيطة). لذلك، فإن أي مزيج من النظام والأوساط المحيطة قد يكون مثالاً على الكون. ض م

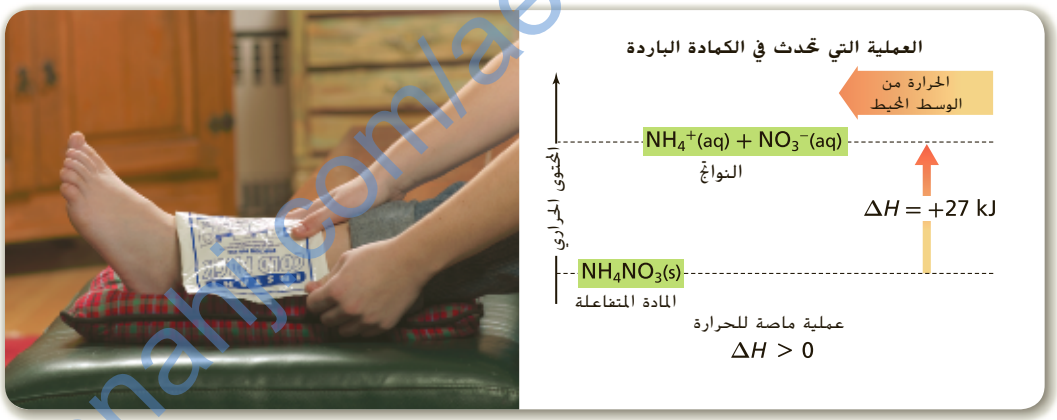
إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب تعريف ومقارنة الطاقة، الحرارة والمحتوى الحراري. الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إنتاج الحرارة. الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة التي تتدفق من جسم أو مادة أكثر سخونة إلى جسم أو مادة أكثر برودة. المحتوى الحراري هو محتوى حرارة النظام عند ضغط ثابت. ض م

التوسع

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

■ **سؤال الشكل 9** 27 kJ



■ **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:

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

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. **فسّر** لماذا ΔH تكون للتفاعل الطارد للحرارة دائمًا قيمة سالبة؟
18. **فسّر** لماذا يعتبر مقدار الماء المحدد جزء أساسي من المُسعّر؟
19. **فسّر** 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.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 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 النظام وما 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.

almanahj.com/ae

المعادلات الكيميائية الحرارية

الفكرة **الرئيسة** تُعبر المعادلات إطلاقها الحرارية عن مقدار الطاقة التي يتم امتصاصها أو تحريرها خلال التفاعلات الكيميائية.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تُكتب المعادلات الكيميائية الحرارية للتفاعلات الكيميائية وغيرها من العمليات الأخرى؟
- كيف يتم اكتساب الطاقة أو فقدها خلال تغيرات حالة المادة؟
- كيف يتم حساب الحرارة التي تم اكتسابها 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

الكيمياء من أجلك

هل سبق لك أن شعرت بالإرهاق بعد ممارسة تمرين مُجهِد أو نشاط شاق؟ إذا شعرت كما لو كانت طاقة جسمك أقل مما كانت عليه قبل ممارسة هذا النشاط أو التمرين، فأنت على حق. يرتبط هذا الشعور بالتعب 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:

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

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

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:

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

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 $\Delta H°$. 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	$\Delta H°_{comb}$ (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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

اكتب المعادلة الكيميائية 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

almanahi.com/ae

عرض توضيحي سريع

تغير طارد للحرارة

ضع حوالي 20 جرامًا من ثيوكبريتات الصوديوم في $(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ أنبوب اختبار زجاجي مقاوم للحرارة كبير وأضف 3 أو 4 قطرات ماء. قم بتسخين الأنبوب والمحتويات في حمام ماء ساخن حتى تنصهر الكتلة الصلبة بأكملها أو تتحلل. ارفع الأنبوب وضع ثيرموميتر في السائل ودع الأنبوب حتى يبرد ويصل إلى درجة حرارة الغرفة. اطلب إلى أحد الطلاب التطوع للمس الأنبوب والمحتويات بينما تستخدم ملقطًا لإضافة $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ بلورة بدء التبلور. إذا لم يتبلور المحلول فوق المشبع من بلورة واحدة، فحرّك أنبوب الاختبار بلطف أو أضف بلورة ثانية. يتصلب السائل سريعًا، مع إطلاق قدر كبير من الحرارة. اسأل الطلاب عن تحول الطاقة الذي حدث وعلامة ΔH للتغيير. فقد النظام الطاقة وانتقلت إلى الأوساط المحيطة. وتكون ΔH سالبة. ض م

جدول 4 الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار

المادة	الصيغة	ΔH°_{vap} (kJ/mol)	ΔH°_{fus} (kJ/mol)
الماء	H_2O	40.7	6.01
إيثانول	C_2H_5OH	38.6	4.94
الميثانول	CH_3OH	35.2	3.22
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:

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

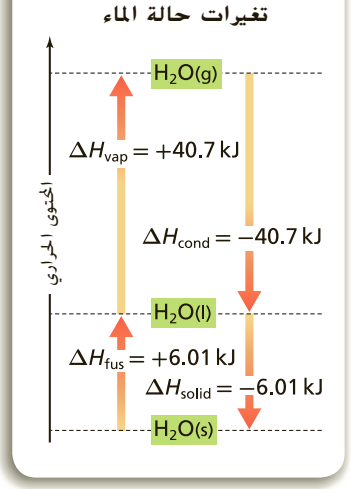
تُشير المعادلة الأولى إلى أنه قد تم امتصاص 40.7 kJ من الطاقة عند تحويل مول واحد من الماء إلى مول واحد من بخار الماء. تُشير المعادلة الثانية إلى أنه تم امتصاص 6.01 kJ من الطاقة عند انصهار مول واحد من الثلج ليتحول إلى مول واحد من الماء السائل.

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

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قارن بين معادلتي تكثف بخار الماء وتجمد الماء مع المعادلتين في الصفحة السابقة لتبخير الماء وانصهار الثلج.

$H_2O(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H_{cond} = -40.7$ kJ

$H_2O(l) \rightarrow H_2O(s)$ $\quad \Delta H_{solid} = -6.01$ kJ

يستفيد بعض المزارعين من حرارة انصهار الثلج لحماية الفواكه والخضراوات من التجمد. فإذا تنبأوا بانخفاض درجة الحرارة إلى حد التجمد، فإنهم يرشون بساتينهم وحقولهم بالماء. عندما يتجمد الماء، تنبعث الحرارة (ΔH_{fus}) وغالبًا ما تؤدي إلى تدفئة الهواء المحيط بما يكفي لمنع ضرر الصقيع. سوف ترسم منحنى تسخين الماء، في مختبر حل المسائل التالي، وتوضحه بكتابة درجات حرارة 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 وتُكوّن 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, ΔH_{fus} = 6.01 kJ/mol, ΔH_{vap} = 40.7 kJ/mol, $c_{H_2O(s)}$ = 2.03 J/(g·°C), $c_{H_2O(\ell)}$ = 4.184 J/(g·°C), $c_{H_2O(g)}$ = 2.01 J/(g·°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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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]

مختبر حل المسائل

الهدف سوف يرسم الطلاب منحنى تسخين الماء ويستنتجون التغيرات التي تحدث في الطاقة الداخلية.

المهارات العلمية ارسم رسوم بيانية واستخدمها وطبّق المفاهيم وفسّر البيانات وتعرّف على السبب والنتيجة

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 $-20°C$ to $0°C$ 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

almanahj.com/ae

مثال 4

الطاقة الناتجة عن التفاعل يعتبر مسعر الاحتراق مفيدًا في قياس الطاقة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق. يتم إجراء التفاعل في حاوية ثابتة الحجم تحتوي أكسجين تحت ضغط عالي. ما كمية الحرارة الناتجة عند احتراق 54.0 g من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) وفقًا لهذه المعادلة؟

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

1 تحليل المسألة

تم إعطائك كتلة الجلوكوز، ومعادلة احتراق الجلوكوز، و ΔH_{comb}. يجب عليك تحويل جرامات الجلوكوز إلى مولات جلوكوز نظرًا لأن الكتلة المولية للجلوكوز تزيد عن ثلاثة أضعاف كتلة الجلوكوز المحترقة. يمكنك التنبؤ بأن الطاقة الناتجة ستكون أقل من ثلث ΔH_{comb}.

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.

مثال في الصف

سؤال ما مقدار الحرارة اللازمة لتبخير 166 g من الماء عند درجة غليانه؟

الإجابة 375 kJ
عدد المولات = 166 g ÷ 18.0 g/mol
= 9.22 mol
9.22 mol × 40.7 kJ/mol = 375 kJ

تطبيق

23. 2.58 kJ
24. 376 kJ
25. 232 g CH_4

التقويم

مهارة اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لعملية الأكسدة الكاملة للسكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 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 ض 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

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تفاعلات الاحتراق

الاحتراق هو تفاعل الوقود مع الأكسجين. في النظم البيولوجية، يعتبر الطعام هو الوقود. **الشكل 11** يبين بعض الأطعمة التي تحتوي على جلوكوز وكذلك بعض الأطعمة الأخرى التي تحتوي على الكربوهيدرات والتي يتم تحويلها بسهولة داخل جسمك إلى جلوكوز. وتعتمد أيضًا على تفاعلات احتراق أخرى والتي تحافظ على دفئك وبرودتك، والتي تنطلق في المَركبات. تتمثل إحدى الطرق التي تساعدك على تدفئة منزلك أو طهي طعامك في حرق غاز الميثان. يُنتج احتراق مول واحد من غاز الميثان 891 kJ طبقًا لهذه المعادلة.

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

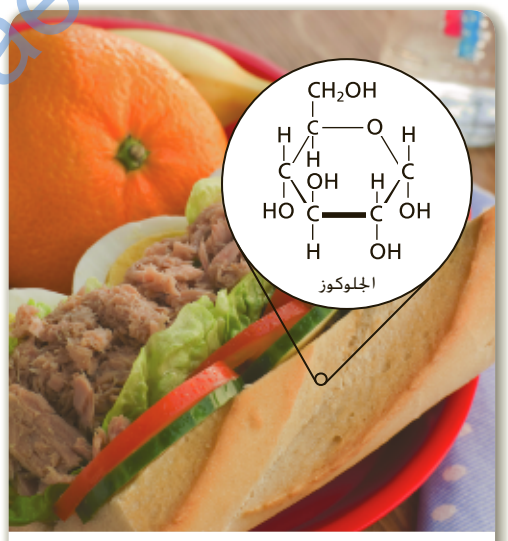
تعمل معظم المركبات كالسيارات، والطائرات، والقوارب، والشاحنات باحتراق الجازولين، والذي يتكون معظمه من الأوكتان (C_8H_{18}). **جدول 3** يوضح أن احتراق مول واحد من الأوكتان ينتج 5471 kJ وتكتب معادلة احتراق الأوكتان على النحو التالي:

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

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؟

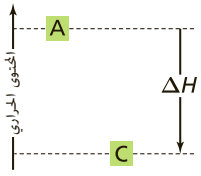
a. $C_2H_5OH(l) \rightarrow C_2H_5OH(g)$
b. $Br_2(l) \rightarrow Br_2(s)$
c. $C_5H_{12}(g) + 8O_2(g) \rightarrow 5CO_2(g) + 6H_2O(l)$
d. $NH_3(g) \rightarrow NH_3(l)$
e. $NaCl(s) \rightarrow NaCl(l)$

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.



McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

3 التقويم

التحقق من الاستيعاب

اطلب إلى الطلاب تصنيف تغيرات الحالة التالية باعتبارها تغيرات طاردة أو ماصة للحرارة.

$C_3H_8(g) \rightarrow C_3H_8(l)$ طارد للحرارة
$CO_2(s) \rightarrow CO_2(g)$ ماص للحرارة
$C_{10}H_8(s) \rightarrow C_{10}H_8(l)$ 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

almanahj.com/ae

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).

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

استخدم قانون هس للتأكد من عدم رهبة الطلاب من التعقيد الظاهري عند استخدام قانون هس عند قراءتهم هذا القسم لأول مرة، عليك بتوجيههم من خلال استخدام المثال الموجود في بداية القسم.

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

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

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

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

اسأل عن الصيغ التي يتم إلغاؤها عند جمع **c** و **d** لإنتاج المعادلة المطلوبة.
$2SO_2(g)$ يُلغى من طرفي المعادلة النهائية. ض م

2 التدريس

تطوير المفاهيم

قانون هس ساعد الطلاب على فهم قانون هس باستخدام هذا التشبيه. افترض أنك ستذهب في رحلة طويلة بالسيارة. فإذا قدت مسافة 800 km في اليوم الأول و 720 km في اليوم الثاني و 600 km في اليوم الثالث و 680 km في اليوم الرابع، يمكنك حساب إجمالي مسافة الرحلة بجمع المسافات المقطوعة خلال الأيام.
(800 km + 720 km + 600 km + 680 km = 2800 km) وضّح أنه، إذا كان التفاعل هو مجموع تفاعلين أو أكثر، فإن إجمالي التغيرات في المحتوى الحراري لهذين التفاعلين أو أكثر هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بشكل عام. ض م

الأسئلة الرئيسة

- كيف يتم تطبيق قانون هس لحساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما؟
- ما أساس جدول حرارة التكوين القياسية؟
- كيف يتم حساب ΔH_{rxn} باستخدام المعادلات الكيميائية الحرارية؟
- 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

حساب التغير في المحتوى الحراري

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

الكيمياء في حياتك

قد تكون شاهدت مسرحية من فصلين أو مسلسل تلفزيوني من جزأين. كل جزء يحكي جزء من القصة، ولكن يجب عليك مشاهدة الجزأين لفهم القصة كاملة. كما هو الحال في هذه المسرحية أو المسلسل فإن بعض 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.

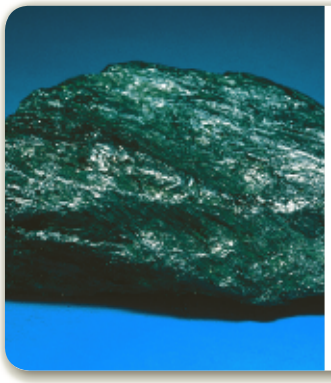
$$C(s, \text{ماس}) \rightarrow C(s, \text{جرافيت})$$

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.

almanahj.com/ae

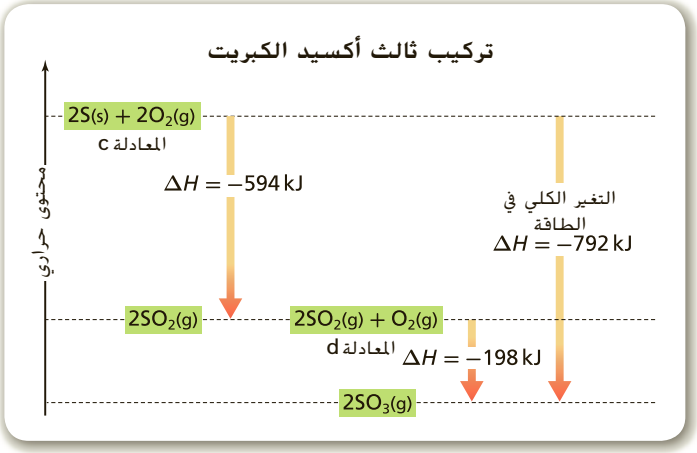
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

almanahj.com/ae

تطوير المفاهيم

المزيد حول قانون هس وضّح تطبيق قانون هس باستخدام هذه المعادلات العامة
$A + B \rightarrow C$; $C + D \rightarrow E + B$
وضّح كيف يمكن إزالة C و B من المعادلة بأكملها حيث إنهما موجودان بكميات متساوية في طرفي المعادلة. وضّح أن مجموع المعادلتين هو $A + D \rightarrow E$.

■ **سؤال الشكل 13** +792 kJ



■ **الشكل 13** يشير السهم على اليسار إلى إنتاج 594 kJ عند تفاعل S مع O_2 لتشكل SO_2 (المعادلة **c**). يدل السهم الأوسط على أن SO_2 و O_2 يتفاعلان لتكوين SO_3 (المعادلة **d**) مع إنتاج 198kJ. التغيّر الكلي في الطاقة (مجموع العمليتين) موضح عن طريق السهم على اليمين.

احسب التغير في المحتوى الحراري عند انحلال SO_3 إلى S و O_2

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.

$$2S(s) + 2O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) \qquad \Delta H = -594\ kJ$$
$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \qquad \Delta H = -198\ kJ$$
$$2\cancel{SO_2}(g) + 2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2\cancel{SO_2}(g) + 2SO_3(g) \qquad \Delta H = -792\ kJ$$

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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

مثال في الصف

سؤال حدد ΔH للتفاعل
$C(s, \text{جرافيت}) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow CO(g)$
باستخدام المعادلات الكيميائية الحرارية التالية.

A. $C(s, \text{جرافيت}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)\ \Delta H = -394\ kJ$

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

الإجابة $\Delta H = -111\ kJ$
كوّن المعادلة C عن طريق عكس المعادلة B وتغيير علامة ΔH.

C. $CO_2(g) \rightarrow CO(g) + 1/2\ O_2(g)\ \Delta H = 283\ kJ$
اجمع المعادلتين A و C لإنتاج المعادلة المطلوبة.
$1/2\ O_2(g) + (Cs, \text{جرافيت}) \rightarrow CO(g)$
إضافة قيم ΔH للمعادلات A و C يُنتج $-111\ kJ$.

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

التحلل الطارد للحرارة

تحذير: يعتبر بيروكسيد الهيدروجين 30% عامل أكسدة قوياً ويمكن أن يُسبب حروقاً شديدة. ارتدِ واقياً للعين ومريول المختبر وقفازات مطاطية. نفذ العرض التوضيحي داخل خزانة الغازات. ضع مخبارًا زجاجيًا مدرجًا سعته 100 mL في وعاء أو حوض. أضف 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. يحفز KI تحلل H_2O_2. يتحلل H_2O_2 سريعًا إلى H_2O و O_2. مطلقًا الكثير من الحرارة ومكونًا O_2 مع تكوّن رغوة.

تكتب المعادلات الكيميائية الحرارية غالبًا ويتم وزنها لكل مول من الناتج. يعني هذا غالبًا أنه يجب استخدام المعاملات الكسرية. فعلى سبيل المثال، تكون المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بين الكبريت والأكسجين لتكوين مول واحد من ثالث أكسيد الكبريت هي كالتالي:

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

التحقق من فهم النص **قارن** المعادلة أعلاه بالمعادلة الكيميائية الحرارية للمواد نفسها الموجودة في الصفحة السابقة.

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 $= (188\ kJ)(2)$ — 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)	$\Delta H_f^\circ = -1578\ kJ/mol$
$CH_3COOH(l)$	$\Delta H_f^\circ = -484\ kJ/mol$

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

32. استخدم المعادلتين **a** و **b** لحساب ΔH للتفاعل التالي:

$$2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g) \quad \Delta H = ?$$

a. $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) \quad \Delta H = -566.0 kJ$

b. $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g) \quad \Delta H = -180.6 kJ$

33. تحدي ΔH للتفاعل التالي $-1789 kJ$. استخدم ذلك مع المعادلة **a** لحساب ΔH للمعادلة **b**.

$$4Al(s) + 3MnO_2(s) \rightarrow 2Al_2O_3(s) + 3Mn(s) \quad \Delta H = -1789 kJ$$

a. $4Al(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Al_2O_3(s) \quad \Delta H = -3352 kJ$

b. $Mn(s) + O_2(g) \rightarrow MnO_2(s) \quad \Delta H = ?$

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.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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.

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

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

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

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

تطبيق

32. $-385.4 kJ$

33. لأنه تم عكس المعادلة b، ΔH للمعادلة $b = -521 kJ$.

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.

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

almanahj.com/ae

تطبيقات الكيمياء

مضخات التدفئة اشرح كيف أن الكثير من المنازل في الإمارات العربية المتحدة يتم تدفئتها وتبريدها بواسطة مضخات تدفئة والتي تستخدم التبخير الماص للحرارة والتكثيف الطارد للحرارة لمركبات التبريد والتي تسمى بالهيدروكلوروفلوروكربون (HCFCs) والتي تتألف من عناصر الهيدروجين والكلور والفلور والكربون. تتميز مركبات HCFC بمحتواها الحراري العالي للتبخر والتكثيف. وضِّح أن المضخات الحرارية تشبه الثلاجة من حيث إمكانية عملها في اتجاهين. ففي فصل الصيف، تستخدم المضخات الحرارية عملية التبخير الماص للحرارة للمبرد لامتصاص الحرارة من داخل المنزل وتستخدم عملية التكثيف الطارد للحرارة للمبرد لطرد الحرارة في الهواء الخارجي. وفي فصل الشتاء، تستخدم المضخات الحرارية عملية التبخير الماص للحرارة للمبرد لامتصاص الحرارة من الهواء الخارجي البارد وتستخدم عملية التكثيف الطارد للحرارة لنقل الحرارة داخل المنزل. سيتم الإلغاء التدريجي لاستخدام مركبات HCFC نظرًا لخصائص المواد المستنفذة لطبقة الأوزون ولكن يتم تطوير مركبات أخرى لتحل محل مركبات HCFC.

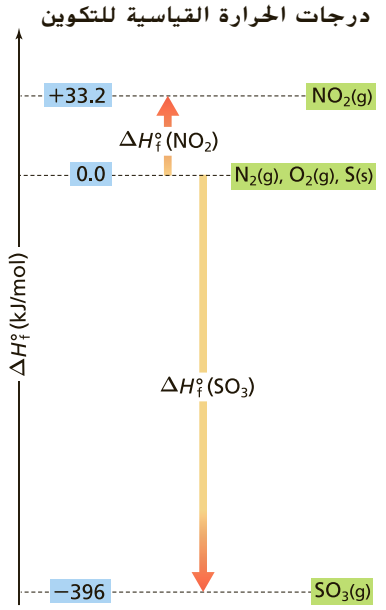
■ **سؤال الشكل 15**
H_2O يجب وضعه تحت 0.0 kJ حوالي ثلاثة أرباع المسافة إلى −396 kJ.

ما مصدر حرارة التكوين القياسية؟ حين تحدد ارتفاع جبل ما، فإنك تقوم بذلك بالنسبة لنقطة مرجعية ما– عادة ما تكون مستوى سطح البحر. بطريقة مشابهة، يتم تحديد حرارة التكوين القياسية بناء على الافتراض التالي: العناصر في حالتها القياسية تكون ΔH_f° تساوي 0.0 kJ. مع نقطة بدء صفرية، يمكن حساب حرارة التكوين القياسية للمركبات تجريبيًا وتنظيمها على تدريج أعلى وأقل من العناصر في حالاتها القياسية. فكر في الصفر على تدريج المستوى الحراري على أنه مشابه لدرجة تجمد الماء وهي 0.0°C كافة المواد التي تكون درجة حرارتها أسخن من نقطة التجمد تكون درجة حرارتها أعلى من الصفر. كافة المواد التي تكون درجة حرارتها أبرد من نقطة التجمد تكون درجة حرارتها أقل من الصفر.

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:

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

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 وهو 33.2 kJ 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 تكوين $SO_3(g)$ 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**.



■ **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 $\Delta H_f^\circ = -286\ kJ/mol$

الجدول 5 حرارة التكوين القياسية

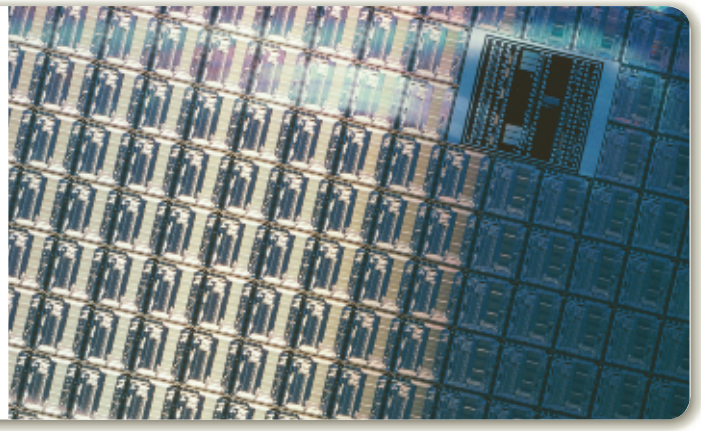
المركب	معادلة التكوين	ΔH_f° (kJ/mol)
$H_2S(g)$	$H_2(g) + S(s) \rightarrow H_2S(g)$	−21
$HF(g)$	$\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow HF(g)$	−273
$SO_3(g)$	$S(s) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$	−396
$SF_6(g)$	$S(s) + 3F_2(g) \rightarrow SF_6(g)$	−1220

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

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 16** يستخدم سادس فلوريد الكبريت لحفر أنماط دقيقة ومعقدة أحيانًا على رقائق السيليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة. وأشباه الموصلات هي مكونات هامة في الأجهزة الإلكترونية الحديثة بما في ذلك الحواسيب والهواتف الخلوية.

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. $\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow HF(g) \qquad \Delta H_f^\circ = -273\ kJ$

b. $S(s) + 3F_2(g) \rightarrow SF_6(g) \qquad \Delta H_f^\circ = -1220\ kJ$

c. $H_2(g) + S(s) \rightarrow H_2S(g) \qquad \Delta H_f^\circ = -21\ kJ$

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°.

$$H_2S(g) \rightarrow H_2(g) + S(s) \quad \Delta H_f^\circ = 21\ kJ$$

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

$$H_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2HF(g) \quad \Delta H_f^\circ = 2(-273) = -546\ kJ$$

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

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

التقويم

الأداء اجعل الطلاب يشكلوا مجموعات (مؤيدة ومعارضة) للبحث عن ومناقشة استخدام الوقود الأحفوري باعتباره مصدرًا للطاقة وتوليد الطاقة الكهربائية في الإمارات العربية المتحدة. تأكد من أن هذه المجموعات تُدرج الاعتبارات الاقتصادية والبيئية في 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

almanahi.com/ae

مثال في الصف

سؤال استخدم حرارة التكوين القياسية من الجدول R-11 لحساب ΔH°_{rxn} التفاعل التالي:

$$CH_4(g) + 2Cl_2(g) \rightarrow CCl_4(l) + 2H_2(g)$$

الإجابة

$$\Delta H^\circ_{rxn} = -53.6\ kJ$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = -128.2\ kJ - (-74.6\ kJ)$$

$$= -53.6\ kJ$$

تطبيق

34.

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

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

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

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

35. $-1398\ kJ$

36. $-2186\ kJ$

37. $33.2\ kJ$

معادلة الجمع يوضح إجراء الخطوات الذي قرأته في الصفحة السابقة كيف يمكن جمع معادلات حرارة التكوين القياسية لإنتاج المعادلة المطلوبة و ΔH°_{rxn}. يمكن تلخيص الإجراء في الصياغة التالية:

معادلة الجمع

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

ΔH°_{rxn} تمثل حرارة التفاعل القياسية.

Σ يمثل مجموع الحدود.

ΔH_f° (النواتج) و ΔH_f° (المواد المتفاعلة) تمثل حرارة التكوين القياسية لكافة النواتج 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

إيجاد 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
$\Delta H_f^\circ(CO_2) = -394\ kJ$	$\Delta H^\circ_{rxn} = ?\ kJ$
$\Delta H_f^\circ(H_2O) = -286\ kJ$	
$\Delta H_f^\circ(CH_4) = -75\ kJ$	
$\Delta H_f^\circ(O_2) = 0.0\ kJ$	

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

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

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 $\Delta H_f^\circ(CO_2) = -394\ kJ$، $\Delta H_f^\circ(H_2O) = -286\ kJ$، $\Delta H_f^\circ(CH_4) = -75\ kJ$، و $\Delta H_f^\circ(O_2) = 0.0\ kJ$ 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.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

3 تقييم الإجابة

القيمة المحسوبة هي نفس القيمة الواردة في **الجدول 3**.

تطبيق

34. وضح كيف ينتج عن مجموع معادلات حرارة التكوين يعطي كلًا من التفاعلات التالية:. ليس هناك حاجة للبحث واستخدام قيم ΔH.

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

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

35. استخدم جدول قيم حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH°_{rxn} 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 $\Delta H^\circ_f = -241.8\ kJ/mol$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

3 التقويم

التحقق من الاستيعاب

اسأل الطلاب هل تكون العناصر في حالاتها القياسية ذات طاقة تساوي صفر؟ لا اسأل: "إذا كان الأمر كذلك، فلماذا تُحدد العناصر في حالتها القياسية محتويات حرارية صفرية؟" إنها تُحدد محتويات حرارية صفرية لإرساء قيمة قياسية يمكن مقارنتها بالمحتويات الحرارية للمركبات أو المحتويات الحرارية للعناصر في حالتها غير القياسية. ض م

إعادة التدريس

اسأل الطلاب عن كيفية استخدامهم بيانات حرارة التكوين لحساب ΔH لكل تفاعل لا يستطيعون تنفيذه. اكتب معادلة التفاعل. ثم استخدم الصيغة $\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\Delta H^\circ_f(\text{products}) - \Sigma\Delta H^\circ_f(\text{reactants})$. 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}.
$C(\text{جرافيت}) \rightarrow C(\text{ماس}); \Delta H_{rxn} = 1.9\ kJ - 0.0\ kJ = 1.9\ kJ$.
اسأل عن الحالة القياسية للكربون. الجرافيت ض م

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة تكوين نيترات النحاس (II) الصلبة. $Cu(s) + N_2(g) + 3O_2(g) \rightarrow Cu(NO_3)_2(s)$ اسأل 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. $\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\Delta H^\circ_f(\text{products}) - \Sigma\Delta H^\circ_f(\text{reactants})$.

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.
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 $-241.8\ kJ - (-285.8\ kJ) = 44.0\ kJ$.

almanahj.com/ae

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

كيف يؤثر ΔH_{system} على البيئة المحيطة من القسم 2، اطلب إلى الطلاب تذكّر تعريف الكون وكيف تؤثر العمليات الماصة للحرارة والطاردة للحرارة على البيئة المحيطة. الكون = النظام + البيئة المحيطة؛ في عملية ماصة للحرارة، تتدفق الحرارة من البيئة المحيطة إلى داخل النظام. في العمليات الطاردة للحرارة، تتدفق الحرارة من النظام إلى الأوساط المحيطة. اشرح كيف تلعب ΔH والتي تكون ذات قيمة موجبة في التفاعل الماص للحرارة وسالبة في التفاعل الطارد للحرارة، دورًا مهمًا في تحديد ما إذا كان التفاعل تلقائيًا أم لا بسبب الكيفية التي تؤثر بها على البيئة المحيطة. ض م

2 التدريس

التعلم بالوسائل البصرية

الشكل 17 اسأل الطلاب هل طلاء جسم حديدي يجعل تفاعل الصدأ الموضح في الصورة غير تلقائي؟ لا اسأل كيف يمكن طلاء جسم حديدي من الصمود في الظروف الرطبة دون أن يصدأ؟ تمنع طبقة الطلاء الحديد من التفاعل مع الأكسجين الموجود بالهواء. ض م

الأسئلة الرئيسة

- ما الفرق بين العمليات التلقائية والعمليات غير التلقائية؟
- كيف تحدد التغيرات في الإنتروبي والطاقة الحرة تلقائية التفاعلات الكيميائية والعمليات الأخرى؟

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

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

تلقائية حدوث التفاعلات

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

الكيمياء من أجلك

كيف يحدث أن تنهار بعض المباني الجديدة بينما تظل بعض المباني الأقدم أكثر ثباتًا ويبدو أنها ستظل ثابتة للأبد؟ قد يكون السبب هو معدل الصيانة والعمل الذي يتم للمبنى. وبالمثل في الكيمياء، بدون الانتقال الثابت 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..

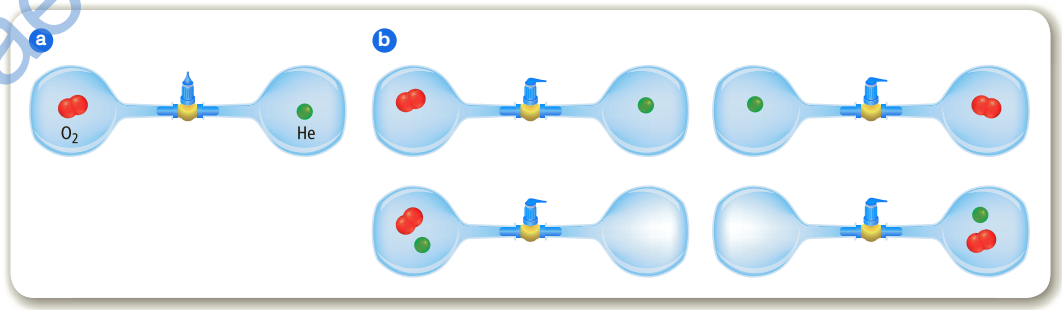
الشكل 17 هذا الحديد الذي ترك في هذا القارب دون عناية مع وجود الكثير من الماء والأكسجين في الهواء، يتحول تلقائيًا إلى صدأ (Fe_2O_3).

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.

almanahi.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **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.

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.

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.

التوسع

الحركة الجزيئية اطلب إلى أي طالب مهتم بالموضوع أن يصنع ملصقًا يصور من خلاله ترتيب الجزيئات وحركتها التي تنتج خلال التغيرات التالية، حيث تكون جميعها في حالات إنتروبي عالية: انصهار المواد الصلبة وانصهار المادة الصلبة في سائل 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

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

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التنبؤ بالتغيرات في الإنتروبي تذكر أن التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحًا منه المحتوى الحراري للمتفاعلات. التغير في الإنتروبي (ΔS) خلال تفاعل أو عملية ما هو نفس الشيء.

$$\Delta S_{\text{النظام}} = S_{\text{النواتج}} - S_{\text{المتفاعلات}}$$

إذا زاد إنتروبي النظام خلال أو عملية ما تكون $S_{\text{النواتج}} > S_{\text{المتفاعلات}}$ وتكون قيمة $\Delta S_{\text{النظام}}$ موجبة. وعلى العكس، إذا قل إنتروبي النظام خلال تفاعل أو عملية ما تكون $S_{\text{النواتج}} < S_{\text{المتفاعلات}}$ وقيمة $\Delta S_{\text{النظام}}$ سالبة.

يمكنك في بعض الأحيان أن تتنبأ ما إذا كانت قيمة $\Delta S_{\text{النظام}}$ موجبة أو سالبة من خلال معادلة التفاعل أو العملية.

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.

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

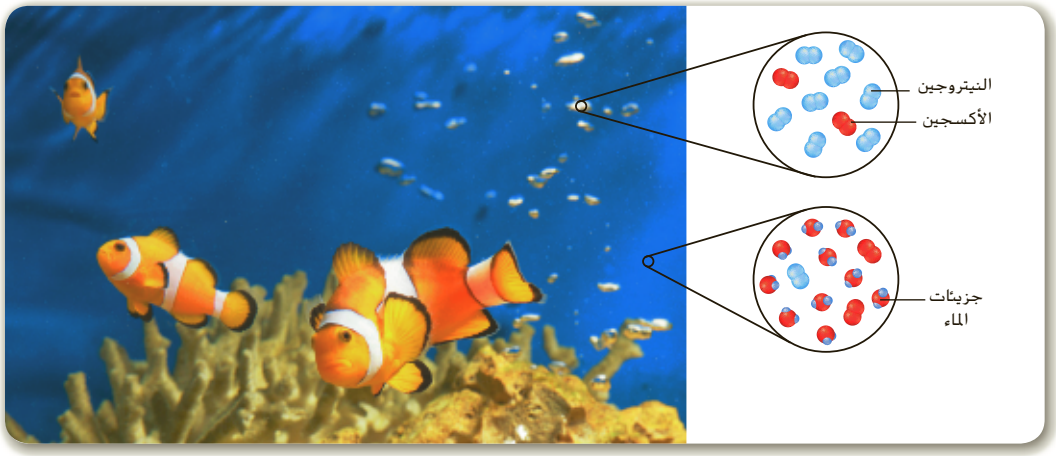
$$CH_3OH(s) \rightarrow CH_3OH(l) \quad \Delta S_{\text{النظام}} > 0$$

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.

عرض سريع

الاحتمالية والاضطراب

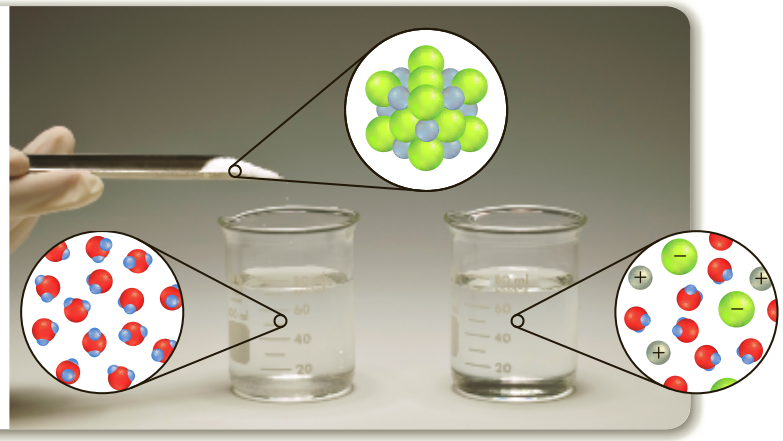
وضّح العلاقة بين عدد الترتيبات والاحتمالات بدحرجة حجري نرد 72 مرة. وبعد إلقاء النرد، اطلب إلى الطلاب تسجيل إجمالي عدد النقاط الظاهرة أعلى النردين لكل مرة في جدول ذي أعمدة يحتوي على نقطتين إلى 12 نقطة. احسب النسبة المئوية لكل مجموع من المجاميع الإجمالية. ونظرًا لأن عدد اللفات (المرات 72) يعتبر عدد قليل نسبيًا، فإن البيانات التي ستحصل عليها ستقرّب فقط التوزيع 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%) وضّح أن دحرجة نردين في الزمن نفسه ينتج 36 ناتجًا منفصلاً وتعتمد النسبة المئوية لكل إجمالي على عدد ترتيبات النردين التي ستنتج هذا الإجمالي. على سبيل المثال، 7 يمكن أن يحدث في ست مجموعات:
النرد 1 = 6 والنرد 2 = 1؛
النرد 1 = 5 والنرد 2 = 2؛
النرد 1 = 4 والنرد 2 = 3؛
النرد 1 = 3 والنرد 2 = 4؛
النرد 1 = 2 والنرد 2 = 5؛
النرد 1 = 1 والنرد 2 = 6.
وضّح أن الأنظمة العشوائية للذرات والجزيئات والأيونات لها العديد من الترتيبات الممكنة عن الأنظمة المرتبة. وبالتالي، تعتبر الترتيبات ذات الإنتروبي العالية لها احتمالات أكثر من الترتيبات ذات الإنتروبي المنخفضة. ض م

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

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 20** كلوريد الصوديوم والماء السائل هي مواد نقية كل منها له درجة من النظام. وعندما يذوب كلوريد الصوديوم في الماء تزيد إنتروبي النظام لأن أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد وجسيمات الماء تختلط معًا لتكون عدد كبير من الترتيبات العشوائية.

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 $\Delta S_{\text{النظام}}$ موجبة.

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

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 $\Delta S_{\text{النظام}}$ موجبة.

تطبيق

44. تنبأ بإشارة $\Delta S_{\text{النظام}}$ 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 $\Delta S_{\text{النظام}}$ 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؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تطبيق

44.a. سالب
b. سالب
c. سالب
d. سالب

45. حالات مادتي التفاعل متطابقة في كلا طرفي المعادلة وبالتالي من المستحيل بالنسبة للمعادلة بمفردها التنبؤ بعلامة ΔS_{system}.

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**

almanahj.com/ae

التقويم

المهارة أعط الطلاب البيانات في الجدول التالي.

ينصهر الثلج عند درجتي حرارة		
T (K)	ΔH_{fus} (J/mol)	ΔS_{fus} (J/mol)
272	6011	22.06
274	6011	22.06

يذكر الجدول الكميات المرتبطة بانصهار الثلج عند درجة حرارة 272 K (−1°C) و 274 K (+1°C). اسأل لماذا تكون إشارة ΔH_{fus} موجبة. لأن العملية ماصة للحرارة
اسأل لماذا تكون إشارة ΔS_{fus} موجبة. بسبب زيادة إنتروبي النظام أثناء الانصهار
اجعل الطلاب يستخدموا القانون: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ لحساب ΔG لانصهار الثلج عند درجتي الحرارة. At 272 K, ΔG = 11 J/mol. At 274 K, ΔG = −33 J/mol. اجعل الطلاب يستخدموا نتائجهم في تفسير سبب انصهار الثلج عند 274 K وليس عند 272 K.
عند 274 K، القيمة السالبة لـ ΔG تعني أن إنتروبي الوسط يزداد؛ وبالتالي، فإن العملية تلقائية. عند 272 K، القيمة الموجبة لـ ΔG تعني أن الإنتروبي للوسط ينخفض؛ وبالتالي، فإن العملية ليست تلقائية. ض م

المطويات®

■ **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.

الإنتروبي والكون والطاقة الحرة

إذا كسرت بيضة ما ذات يوم فإنك تعلم أنك لن تستطيع عكس هذه العملية بحيث تجعل البيضة كاملة مرة أخرى. وبالمثل، تتحول أي حظيرة مهجورة تدريجيًا إلى كومة من الأخشاب المتحللة ومعلم تذكاري يذوب ببطء في ماء المطر ويتشتت داخل الأرض كما يوضح **الشكل 21**. يتغير النظام المرتب إلى فوضى في هذه العمليات وتزيد الإنتروبي في الكون.

ما تأثير الإنتروبي على تلقائية التفاعل؟ تذكر أن القانون الثاني للديناميكا الحرارية ينص على أن إنتروبي الكون تزيد نتيجة للعمليات والتفاعلات التلقائية. لذلك يعد ما يلي صحيحًا في أي عملية تلقائية

$$\Delta S_{\text{الكون}} > 0$$

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.

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

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

إشارة الطاقة حين يحدث تفاعل أو عملية ما في ظروف قياسية (298K و 1 atm) فيمكن التعبير عن التغير في الطاقة الحرة القياسي كالتالي:

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

إذا كانت إشارة التغير في الطاقة الحرة ($\Delta G^\circ_{\text{النظام}}$) سالبة، يكون التفاعل تلقائيًا. إذا كانت إشارة التغير في الطاقة الحرة موجبة، يكون التفاعل غير تلقائي.

تذكر أن الطاقة الحرة هي الطاقة المتوفرة للقيام بشغل. وعلى النقيض تكون الطاقة المتعلقة بالإنتروبي غير مفيدة لأنها تشتت ولا يمكن استخدامها للشغل.

حساب تغير الطاقة الحرة كيف تؤثر التغيرات في المحتوى الحراري والإنتروبي على التغير في الطاقة الحرة وعلى تلقائية التفاعل بين النيتروجين والهيدروجين لتكوين الأمونيا؟

المفردات

المفردات الأكاديمية

أظهر

اعرض بوضوح

الناس مستعدون لعرض طريقة عمل الجهاز.

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

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

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 $\Delta H^\circ_{\text{النظام}}$.

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

مثال في الصف

سؤال تفاعل تكون فيه قيمة ΔH 28.8 kJ− وقيمة ΔS 54.0 J/K−. هل التفاعل يكون تلقائيًا عند 298 K؟

الإجابة التفاعل تلقائي عند درجة حرارة 298 K.

$(-28.8\ \text{kJ})(1000\ \text{J/kJ}) = -28{,}800\ \text{J}$

$\Delta G_{\text{system}} = -28{,}800\ \text{J} - (298\ \text{K})(-54.0\ \text{J/K}) = -12{,}700\ \text{J}$. 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

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 7

تحديد تلقائية التفاعل لعملية معينة $\Delta H_{\text{النظام}} = 145\ \text{kJ}$ و $\Delta S_{\text{النظام}} = 322\ \text{kJ}$. هل العملية تلقائية عند 382 K؟

1 تحليل المسألة

يجب أن تقوم بحساب $\Delta G_{\text{النظام}}$ لتقرر بشأن التلقائية.

معلوم

$T = 382\ \text{K}$

$\Delta H_{\text{النظام}} = 145\ \text{kJ}$

$\Delta S_{\text{النظام}} = 322\ \text{J/K}$

مجهول

إشارة $\Delta G_{\text{النظام}} = ?$

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

46. a. تفاعل تلقائي
b. تفاعل غير تلقائي
c. تفاعل غير تلقائي
d. تفاعل غير تلقائي

47. تلقائي عند درجة أعلى من 3910 k

3 التقويم

التحقق من الاستيعاب

أعط للطلاب هذه المعادلة الخاصة بتكون كربيد السيليكون من الرمل وفحم الكوك.
$624.7\ \text{kJ} + SiO_2(s) + 3C(s) \rightarrow SiC(s) + 2CO(g)$. اطلب إليهم كتابة التغير في المحتوى الحراري للنظام والتنبؤ بإشارة التغير في الإنتروبي
$\Delta H^\circ_{rxn} = 624.7\ \text{kJ}, \Delta S_{system}$ يكون موجبًا. ض م

إعادة التدريس

قم بحرق قطعة خشبية واسأل الطلاب كيف يتغير إنتروبي النظام والبيئات المحيطة به؟ يزداد كل منهما. يكون التفاعل طاردًا للحرارة مما يزيد من الإنتروبي للبيئة المحيطة. إنتروبي الرماد أكبر من إنتروبي الخشب. ض م

التوسع

اجعل الطلاب يلاحظون العمليات الكيميائية والفيزيائية في البيئات المحيطة بهم ويضعون قائمة بكل عملية وتصنيفها على أنها تلقائية أو غير تلقائية وتحديد تدفق الطاقة خلال العملية وهل تزيد العملية 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.

almanahj.com/ae

almanahi.com/ae

القيادة في المستقبل:
السيارات ذات المرونة في استعمال الوقود

لن تقوم محطات خدمة السيارات في المستقبل الذي ليس ببعيد بتقديم أنواع مختلفة من الجازولين فقط ولكنها ستقوم أيضًا بضخ وقود من نوع E85. هذا الوقود يمكن 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.

ΔH_{comb} C_8H_{18} = −5471kJ/mol

ΔH_{comb} C_2H_5OH = −1367kJ/mol.

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الهدف

سيتعلم الطلاب كيف تَستَخدِم السيارات المرنة في استخدام الوقود (FFVs) أنواعًا متعددة من الوقود بدءًا من الجازولين 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.

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 ÷ 0.04607 kg = −29,670 kJ/kg).

الكتلة المولية للأوكتان هي 114.23 g.

(−5471 kJ ÷ 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%.

almanahj.com/ae

قياس السعرات الحرارية

الخلفية: **احتراق رقاقة بطاطا ينتج عنه طاقة تكون مخزنة في المواد التي تحتوي عليها الرقاقة. باستخدام المُسعِّر ستقوم بحساب مقدار الطاقة الذي تحتوي عليه رقاقة البطاطس.**

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
ثيرموميتر
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

تجربة كيميائيّة

التحضير

الزمن المخصص حصة دراسية واحدة

مهارات عملية لاحظ وقِس واستنتج

احتياطات السلامة اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل. يجب على الطلاب ارتداء مريول المختبر ونظارات واقية. يُصدر التفاعل الطارد للحرارة لهبًا. يجب على الطلاب أصحاب الشعر الطويل ربط شعرهم إلى الوراء.

التخلص من النفايات يمكن وضع الرماد في وعاء مخصص للنفايات الصلبة. يمكن التخلص من السخام بغسل الكأس بالماء والصابون.

مواد بديلة يمكن استخدام منتجات الوجبات الخفيفة المشابهة، مثل رقائق الذرة بدلاً من شرائح البطاطس.

الإجراءات

- وضح أن السخام الموجود في الكأس هو كربون غير محترق. إنه يُمثل خطأ بنسبة كبيرة.
- **استكشاف الأخطاء وإصلاحها** سوف يرتفع اللهب مسافة 10 cm فوق الجزء العلوي لشرائح البطاطس.

التحليل والنتائج

1. يعتبر التفاعل تفاعلاً طاردًا للحرارة حيث يمكن رؤية الحرارة والضوء وارتفعت درجة حرارة الماء.
2. 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.
3. 50.26 g ماء، 15.3°C. 3220 J/رقاقة
4. 0.770 Cal
5. 28 g لكل وجبة × (0.770 Cal /1 رقاقة) حصة 1/28 g × (1.63 g/رقاقة 1) = 13.2 Cal
6. 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.

الوحدة 14 دليل الدراسة

الفكرة **الرئيسة** **عادة ما تمتص التفاعلات الكيميائية الطاقة أو تطلقها.**

القسم 1 الطاقة

الفكرة **الرئيسة** الطاقة يتغير شكلها وتنتقل ولكنها دائمًا محفوظة.

- الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.
- الطاقة الكيميائية الكامنة هي طاقة مخزنة في الروابط الكيميائية لمادة ما نتيجة ترتيب الذرات والجسيمات.
- تنطلق الطاقة الكيميائية الكامنة أو تُمتص على شكل حرارة أثناء العمليات أو التفاعلات الكيميائية.

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

المفردات

- **الطاقة**
- **قانون حفظ الطاقة**
- **الطاقة الكامنة الكيميائية**
- **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**

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

استخدام المفردات

لتعزيز مفردات الوحدة، كلف الطلاب بكتابة جملة باستخدام كل مصطلح. ض م

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

almanahj.com/ae

القسم 1

إتقان المفاهيم

53. الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة التي تتدفق من جسم ساخن إلى جسم بارد. درجة الحرارة هي قياس متوسط الحركة الجزيئية في عينة من المادة.
54. إنها تزداد.
55. 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.
56. يتحول البعض إلى شغل لكي يتم تحريك مكابس المحرك ويُطلق الكثير من الطاقة في صورة حرارة.
57. السعر الحراري الغذائي الواحد يعادل 1000 cal. السعر الحراري الغذائي الواحد يعادل 1 kcal.
58. الحرارة النوعية
59. 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.
60. وهذا يعني أنه يلزم توفير 2.44 J لرفع درجة حرارة 1 g من الإيثانول درجة سيليزية واحدة.
61. كمية الطاقة اللازمة تعادل حاصل ضرب كتلة الجسم وحرارتة النوعية وتغير درجة حرارته.

إتقان حل المسائل

62. 124,000 Cal
63. 2,393 J
64. 327 Cal
65. 2.74 kJ
66. 1367 kJ
67. 0.189 J/g·°C

القسم 2

إتقان المفاهيم

68. 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)

almanahj.com/ae

القسم 1

إتقان المفاهيم

53. قارن وميز بين درجة الحرارة والحرارة.
54. كيف تتغير طاقة الوضع الكيميائية لنظام ما خلال تفاعل ماص للحرارة؟
55. صف الحالة التي توضح تغير طاقة الوضع إلى طاقة حركية.
56. **سيارات** كيف تتحول الطاقة الموجودة في الجازولين وتتحرر عندما يحترق في محرك سيارة؟
57. **تغذية** كيف يمكن مقارنة السعر الغذائي بالسُعر؟ ما هي العلاقة بين السُعر الغذائي والكيلو سعر؟
58. ما الكمية التي وحدتها J/(g·°C)؟

■ 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.

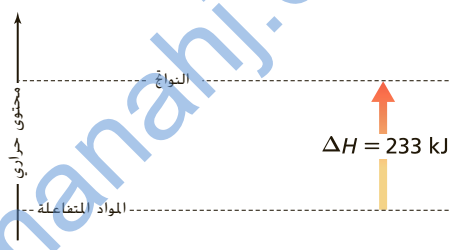
إتقان حل المسائل

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؟

القسم 2

إتقان المفاهيم

68. لم يستخدم كوب من البلاستيك الرغوي كمسعر خاص بالطلاب بدلًا من دورق زجاجي عادي؟



■ 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. **السبائك** 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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

إتقان المفاهيم

79. ما إشارة $\Delta H_{النظام}$ لكل تغير من تغيرات الحالة الفيزيائية التالية:

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

b. $H_2O(g) \rightarrow H_2O(l)$

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

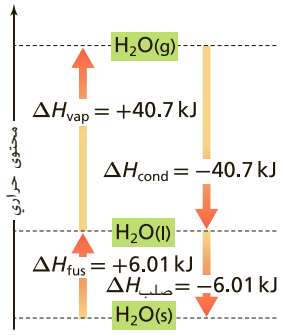
d. $NH_3(l) \rightarrow NH_3(s)$

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؟

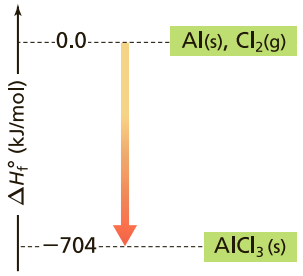
88. عينة أمونيا (ΔH_{solid} = -5.66 kJ/mol) يتحرر منها 5.66 kJ من الحرارة أثناء تحولها للحالة الصلبة عند

القسم 4

إتقان المفاهيم

89. بالنسبة لمركب معلوم، ما الذي تصفه حرارة التكوين القياسية؟

90. كيف تتغير قيمة ΔH في معادلة كيميائية حرارية حين يتم 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؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 3

إتقان المفاهيم

79.a. موجب.

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.

almanahj.com/ae

96. تنبأ كيف يتغير إنتروبي النظام للتفاعل $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ فسر إجابتك.

97. أي من هذه التفاعلات تتوقع أن يكون تلقائيًا في درجات حرارة عالية نسبيًا؟ وأيهم تتوقع أن يكون تلقائيًا في درجات حرارة منخفضة نسبيًا؟ فسر إجابتك.

a. $2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$ $\Delta H_{النظام} = 92\ kJ$
b. $2NO_2(g) \rightarrow N_2O_4(g)$ $\Delta H_{النظام} = -58\ kJ$
c. $CaCO_3(g) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ $\Delta H_{النظام} = 178\ kJ$

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 $\Delta H_{النظام} = 4.88\ kJ$.

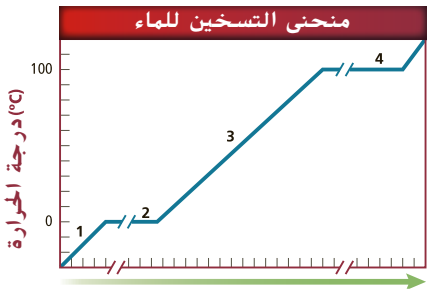
101. بالنسبة لتغير الحالة $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ تكون $\Delta G^\circ_{النظام} = 8.557\ kJ$ و $\Delta H^\circ_{النظام} = 44.01\ kJ$. ما قيمة $\Delta S^\circ_{النظام}$ لهذا التغير؟

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

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

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

مراجعة شاملة



■ الشكل 26

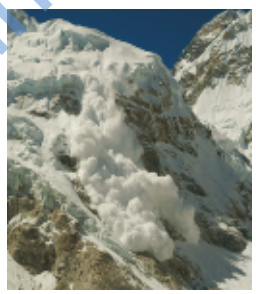
104. أُضيفت حرارة بشكل مستمر لعينة من الماء لإنتاج المنحنى الحراري في **الشكل 26**. وضح ما يحدث في الأقسام 1, 2, 3 و 4 على المنحنى.

105. **دراجات** صف التحول في الطاقة الذي يحدث حين ينحدر راكب دراجة على منحنى طويل، ثم يقاوم لصعود المنحدر.

106. **المشي لمسافات طويلة** تخيل أنك قررت في يوم بارد أن تأخذ معك ترموس من الحساء الساخن وأنت تتنزه سيرًا لمسافة طويلة. وضح لم ينبغي عليك غسل الترموس 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:
$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O\ (l\ or\ g)\ \Delta H = ?$

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. $P_4(s) + 6Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_3(l)$ $\Delta H = -1280\ kJ$
b. $P_4(s) + 10Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_5(s)$ $\Delta H = -1774\ kJ$

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.)

almanahi.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

96. نظرًا لتكوّن مركب غازي، فمن المرجح أن يزداد إنتروبي النظام.

97. بالنسبة للتفاعل التلقائي، يجب أن يكون ΔG_{system} سالبًا كما تم حسابه في $\Delta G^\circ_{system} = \Delta H^\circ_{system} - T\Delta S^\circ_{System}$. 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.

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

إتقان حل المسائل

99. a. 87.9 kJ غير تلقائي
b. −270 kJ تلقائي
c. 84.1 kJ غير تلقائي

100. 88.4 K

101. +0.119 kJ/K

102. نعم. التفاعل تلقائي في ظل ظروف قياسية.

103. 266 K

مراجعة شاملة

104. 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.

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. ΔH°_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.

مسألة تحدّي

112. تم تحليل عينة غاز طبيعي ووجد أنها تحتوي على 88.4% ميثان (CH_4) و11.6% إيثان (C_2H_6) بحسب الكتلة. فإذا كانت حرارة احتراق الميثان $-891\ kJ/mol$ وينتج عن احتراقه ثاني أكسيد كربون (CO_2) وماء سائل (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:

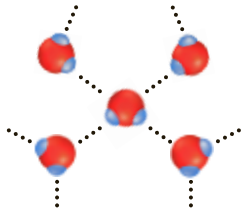
a. S_2Cl_2 **c.** SO_3

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؟

الكتابة في الكيمياء

117. وقود بديل استخدم عدة مصادر لتوضيح كيف يتم إنتاج الهيدروجين ونقله واستخدامه كوقود للسيارات. لخص مزايا وعيوب استخدام الهيدروجين كوقود بديل لمحركات الاحتراق الداخلي.

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؟ ($\Delta H_{vap} = 40.7 kJ/mol$).

118. سوف يلاحظ الطلاب أن الرياح مصدر غير دائم للطاقة وسوف تكون حاجة دائمة إلى مصادر بديلة. طاقة الرياح مصدر غير ملوث. قد يعترض بعض الناس حيث تُعيق 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, Heat of Combustion of Oils. 1998. 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

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

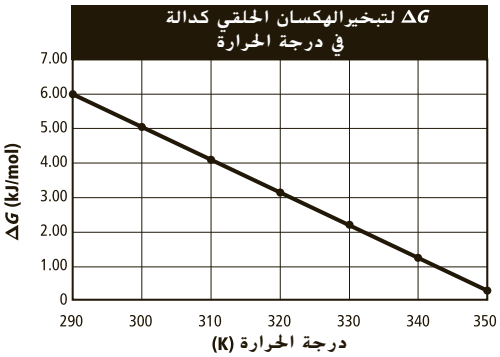
117. قد يكتب الطلاب أن أفضل استخدام للهيدروجين هو استخدامه كوقود للسيارات في خلايا الوقود. يمكن تكييف العديد من التقنيات المستخدمة لمعالجة غازي الميثان والبروبان لاستخدامها مع الهيدروجين. معظم الهيدروجين المتاح حاليًا هو منتج ثانوي للصناعات البتروكيميائية. لاستخدام الهيدروجين على نطاق واسع كوقود للسيارات 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.

اختيار من متعدد

C .1
A .2
D .3
A .4
D .5
D .6
C .7
B .8

اختيار من متعدد

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة على الأسئلة من 1 إلى 3.



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
B. 4.00 kJ/mol
C. 3.00 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
B. −10.0 J/mol•K
C. −5.0 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
B. 1:1
C. 3:2
D. 3:1

استخدم الجدول أدناه للإجابة على السؤال 6.

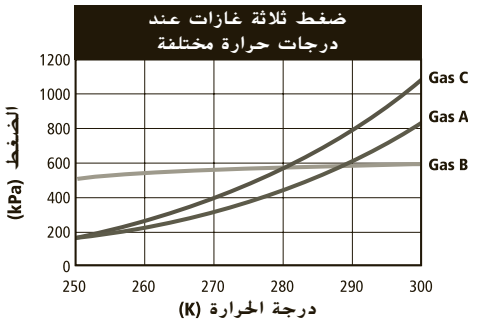
السالبية الكهربائية للعناصر المختارة

H						
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
B. H–C
C. H–N
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
B. M_2Q_3
C. Q_3M_2
D. M_3Q_2

استعن الرسم البياني أدناه للإجابة على السؤال 8



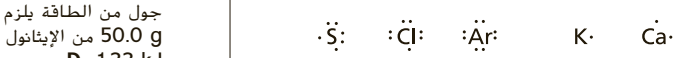
8. ما ضغط الغاز B عند 295 K؟
A. 500 kPa
B. 600 kPa
C. 700 kPa
D. 900 kPa

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابة قصيرة

استعن بالشكل أدناه للإجابة على الأسئلة 9 إلى 11.



9. فسِّر عدم إحتمالية تكوين الأرجون لمركب.

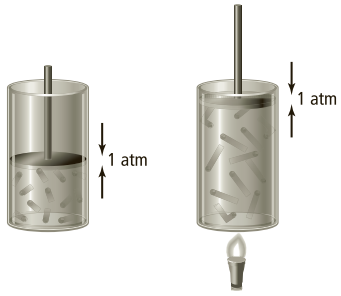
10. ما الصيغة الكيميائية لكلوريد الكالسيوم؟ فسِّر سبب تكون هذا المركب الأيوني باستخدام الترميز النقطي للإلكترون الموضح أعلاه.

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.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

14. الحرارة النوعية للإيثانول هي 2.44 J/g•°C. فكم كيلو جول من الطاقة يلزم لتسخين 50.0 g من الإيثانول من −20.0°C إلى 68.0°C؟

A. 10.7 kJ
B. 8.30 kJ
C. 2.44 kJ
D. 1.22 kJ
E. 5.86 kJ

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

أسئلة ذات إجابة قصيرة

9. الأرجون لديه مستوى طاقة خارجي ممتلئ (8 إلكترونات) ومن غير المرجح أن يكون أيونًا. إنه لا يحتاج 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

almanahj.com/ae