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

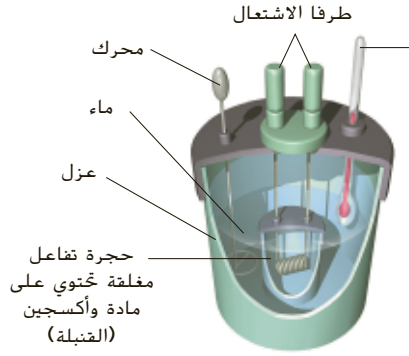
فكّر في الوقوف تحت دش ساخن والاسترخاء بينما يمتص جسمك الحرارة من الماء. عندما تقفز في بركة باردة، قد ترتعش حيث يفقد جسمك حرارته. وبالطريقة نفسها، تمتص بعض التفاعلات الكيميائية الحرارة بينما تُطلقها الأخرى.

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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

دفتر الكيمياء

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

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.

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

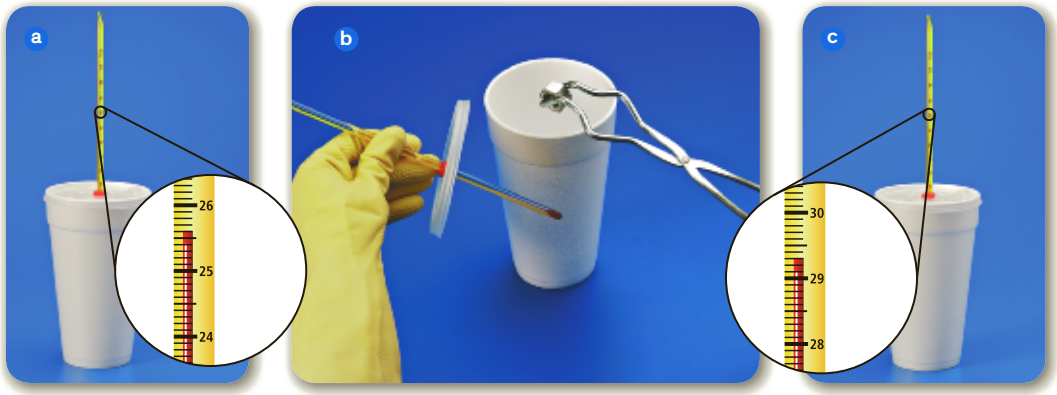
تعزيز

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

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

الحرارة النوعية $c = ?\ J/(g·°C)$

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

$T_f = 35.2°C$

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

$\Delta T = 5.16°C;$

$5.16·°C = T_f - 30.0°C;$

$T_f = 35.2°C$

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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؟

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.

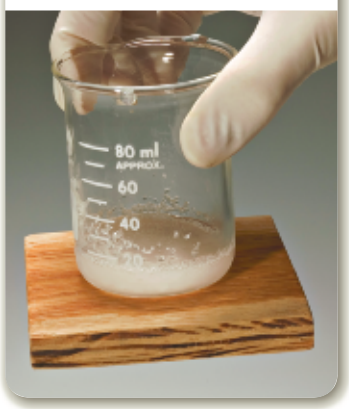
الكون = النظام + المحيط

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–**. 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.

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

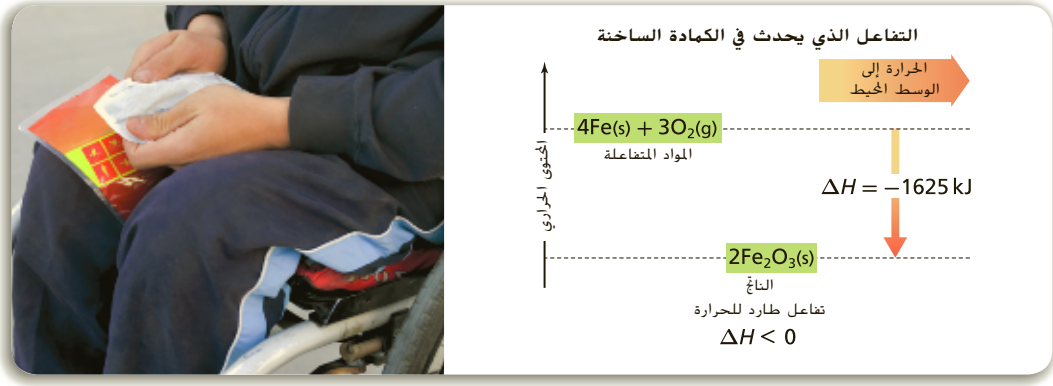
تم عرض رسم بياني للتغير في المحتوى الحراري في **الشكل 8.**

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.

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

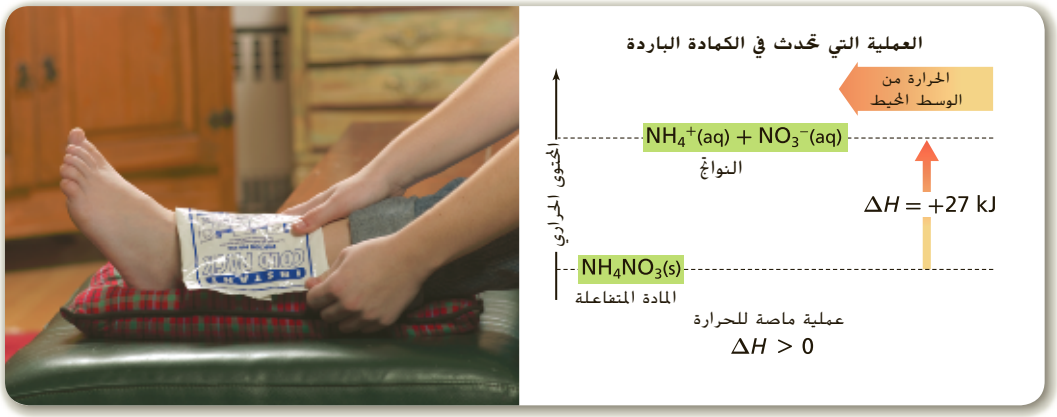
إعادة التدريس

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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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.