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

تلقائية حدوث التفاعلات

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

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

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

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

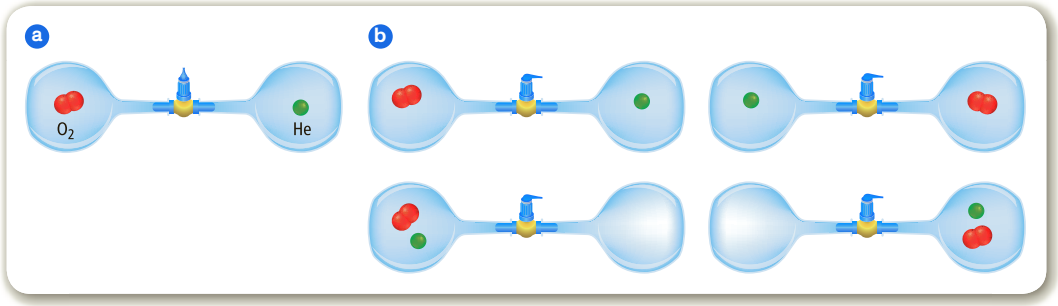
إن عكس المعادلة لن يتسبب في تحلل الصدأ تلقائيًا ليتحول إلى حديد وأكسجين في ظل الظروف الطبيعية. تمثل المعادلة تفاعل غير تلقائي..

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.

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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.

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

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

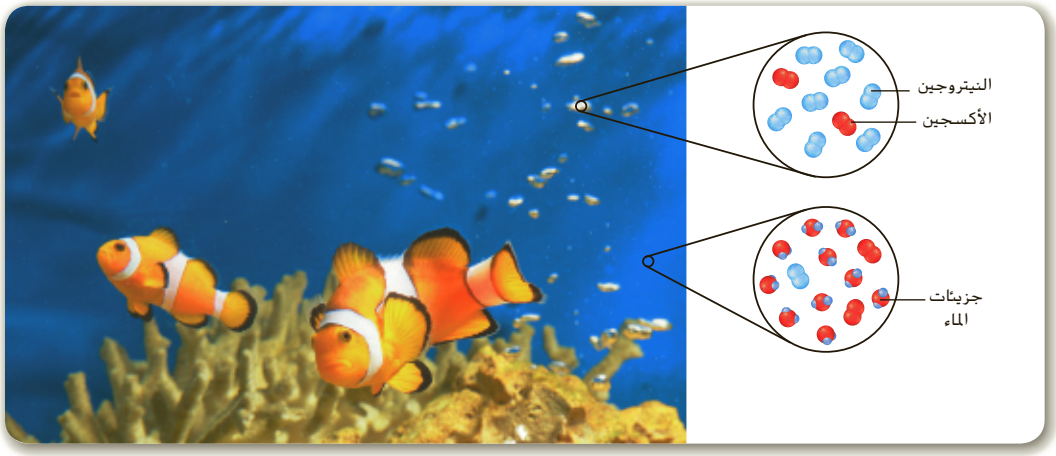
2. إن ذوبان غاز ما في مذيب ينشأ عنه دائمًا انخفاض في الإنتروبي. تتمتع جسيمات الغاز بمزيد من الإنتروبي حين تستطيع التحرك بحرية أكثر مما إذا ذابت في سائل حيث تحد من حركتها وعشوائيتها. $\Delta S_{\text{النظام}}$ تكون سالبة في حالة ذوبان الأكسجين في الماء كما يظهر في **الشكل 19**.

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

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.

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

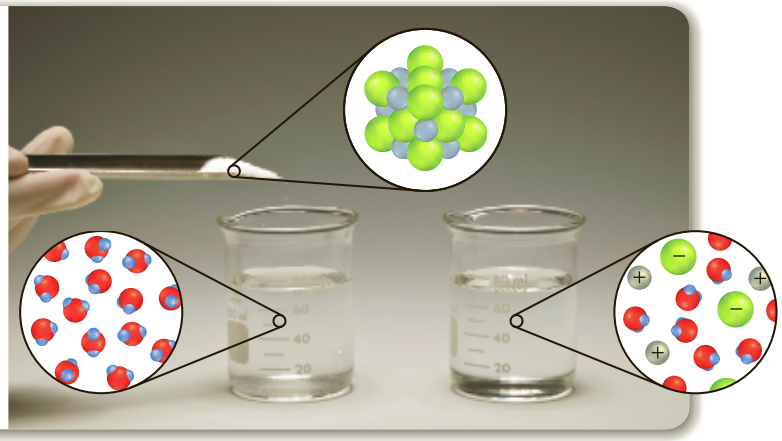
■ **الشكل 19** في الفقاعات، يمكن أن تتحرك جسيمات غازي النيتروجين والأكسجين التي يتكون منها معظم الهواء بحرية أكثر مما إذا تمت إذابتها في ماء حوض السمك.



التدريس المتمايز

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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**

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

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 المتوقّع 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

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.

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 أكبر 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 تَسْتَخدِم 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%.

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.

تجربة كيميائيّة

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
ثيرمومتر
حامل حلقات مع حلقة
مشبك معدني
أعواد الثقاب
ساق تقليب
الميزان

احتياطات السلامة

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

الإجراءات

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

التحليل والنتائج

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

التوسع في الاستقصاء

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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