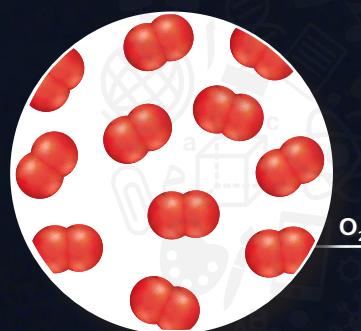


الطاقة والتغيرات الكيميائية

الفكرة الرئيسية عادةً ما تمتلك التفاعلات الكيميائية الطاقة أو تطلقها.

الأقسام

1 الطاقة

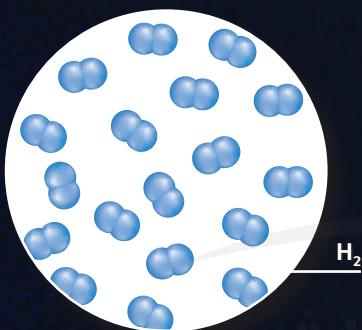


2 الحرارة

3 المعادلات الكيميائية الحرارية

4 حساب التغير في المحتوى الحراري

5 تلقائية حدوث التفاعلات



التجربة الاستهلاكية

كيف يمكنك صنع الكمادة الباردة؟

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

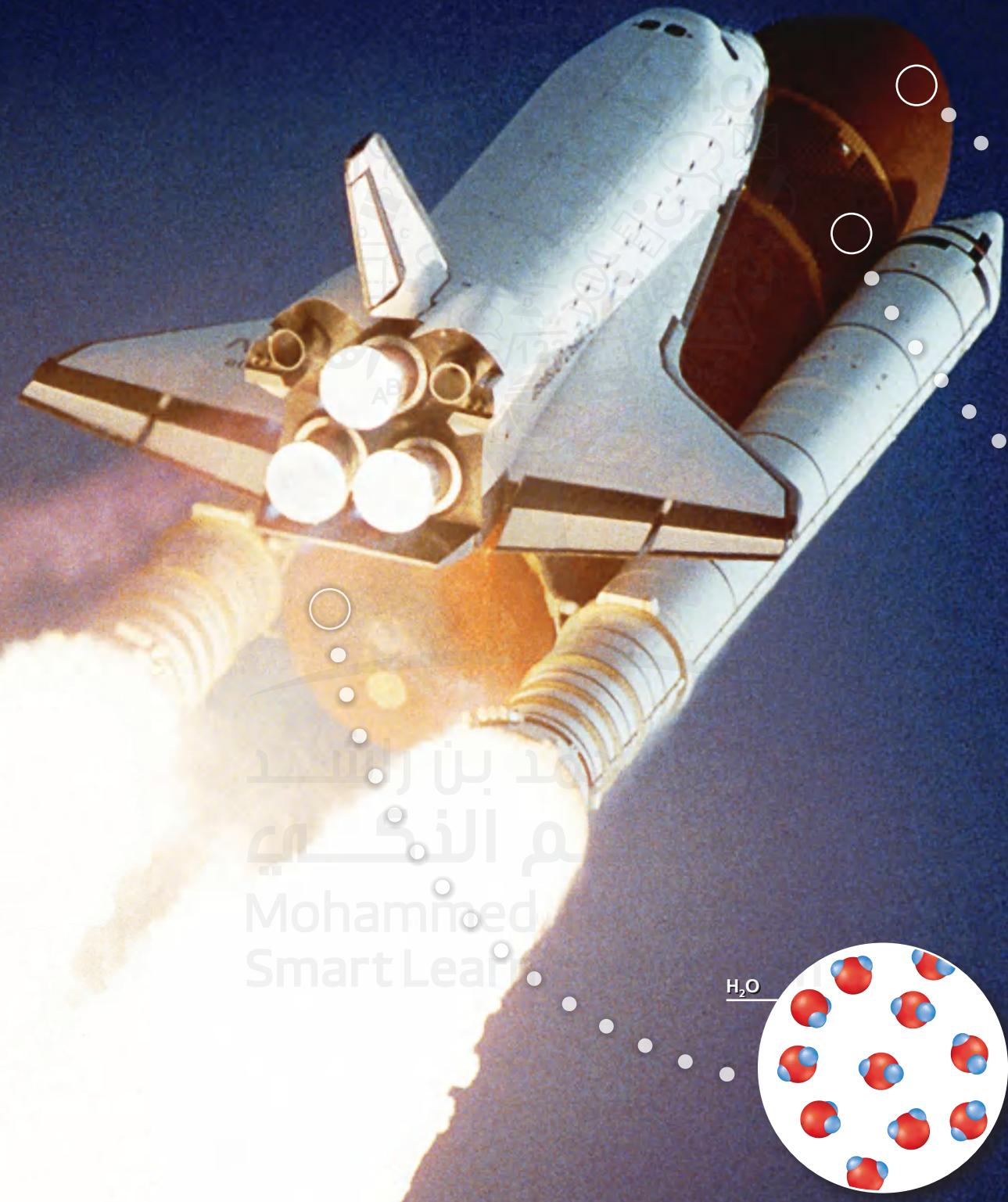
مطويات®
منظم الدراسة

معادلة الطاقة الحرية

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

ΔG	ΔH	$-\Delta E$
------------	------------	-------------

تستخدم المحركات الثلاثة الرئيسية 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



الطاقة

القسم 1

الفكرة الرئيسية الطاقة يتغير شكلها وتنقل ولكنها دائمة محفوظة.

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

الكيمياء في حياتك

طبيعة الطاقة

قد تكون على معرفة بمصطلح الطاقة. ربما قد سمعت قبلًا شخصًا يقول، "لقد نفدت طاقتني". بعد ممارسة لعبة رياضية شاقة أو بعد قضاء يوم عصيب. غالباً ما تناقش 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 حاراً أو بارداً في يوم ما، فإن الطاقة توفر درجة حرارة مناسبة ومريحة داخل منزلك ومدرستك. توفر الطاقة الكهربائية الإضاءة كما تند الأجهزة كأجهزة الكمبيوتر والتلفاز والهواتف والآلات الحاسبة بالطاقة. كما تشارك الطاقة في تصنيع وتوصيل كافة المواد والأجهزة الموجودة داخل منزلك. تتطلب كل حركة تقوم بها وكل فكرة تُفكّر بها طاقة. ففي الواقع الأمر، يمكنك القول بأن كل خلية من خلايا جسدك ما هي إلا مصنع صغير يعمل بالطاقة المستمدّة 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 المترجلة إلى أسفل التل عند نقطة الانطلاق. كما هو موضح في **الشكل 1a**. بعد إعطاء إشارة الانطلاق، تغير طاقة المترجلة 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.

الأسئلة الرئيسية

- 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 كمية الحرارة التي تمتّصها أو تحررها المادة عندما تغيّر درجة حرارة المادة؟

مراجعة المفردات

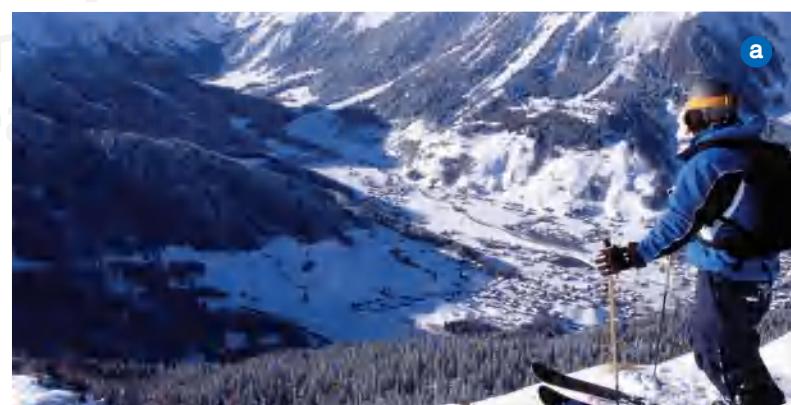
درجة الحرارة:قياس متوسط الطاقة الحركية لجزيئات المادة

المفردات الجديدة

الطاقة energy
قانون حفظ law of conservation
of energy الطاقة

طاقة الوضع الكيميائية chemical potential energy
الحرارة heat
السعر الحراري calorie joule الجول
الحرارة النوعية specific heat

■ **الشكل 1** في بداية الدورة يكون لدى المترجلة في **a** طاقة وضع عالية بسبب موقعها ومكانتها. في **b** تحول طاقة الوضع للمترجلة إلى طاقة حركية.
قارن كيف تختلف طاقة وضع المترجلة عند نقطة البداية وعند خط النهاية؟





الشكل 2 يوضح إمكانية تغير الطاقة من شكل إلى آخر ولكن مع الاحتفاظ بها دوماً. 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 كلاً من الطاقة الحركية وطاقة الوضع. تذكر أن الطاقة الحركية للمادة ترتبط ارتباطاً 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 بعضها، 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، تغير الطاقة من شكل إلى آخر، ولكن مع الحفاظ عليها - يظل المقدار الإجمالي للطاقة ثابتاً. لفهم مفهوم الحفاظ على الطاقة بشكل أفضل، افترض أن لديك حسابين في البنك وتحوّل 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، يجسد 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 أيضاً بالقانون الأول للديناميكا الحرارية.

طاقة الوضع الكيميائية

تُسمى الطاقة المُخزنة في المادة بسبب تركيبها بـ **طاقة الوضع الكيميائية**. تلعب طاقة الوضع الكيميائية دوراً هاماً في التفاعلات الكيميائية. على سبيل المثال، تنتج طاقة الوضع الكيميائية للبروبان عن ترتيب ذرات الكربون والهيدروجين وقومة الروابط التي تربط بين هذه الذرات.

التحقق من فهم النص اذكر قانون حفظ الطاقة بإسلوبك الخاص.

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

قياس الحرارة

يعتبر انتقال الطاقة والتغير في درجة الحرارة مفتاحين لكيفية قياس الحرارة. تُعرف كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي درجة سيليزية واحدة (1°C) بـ **السعرو** (cal). عندما يحرق جسمك السكريات والدهون ليكون 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 الكلمة (Cal) يرجع لهذا 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) تقريباً. هذا يعني أنه إذا احترق الزبد تماماً 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 يعادل 0.2390 cal. والسعر الحراري الواحد يساوي $J = 4.184$. يلخص **الجدول 1** العلاقات بين السعرات الحرارية، والسعرات الحرارية الغذائية، والجول. والكيلو جول (kJ) ومعاملات التحويل التي يمكنك استخدامها للتحويل من وحدة إلى أخرى.

الجدول 1 العلاقات بين وحدات الطاقة	
معاملات التحويل	معاملات العلاقة
$\frac{1 \text{ J}}{0.2390 \text{ cal}}$ $\frac{0.2390 \text{ cal}}{1 \text{ J}}$	$1 \text{ J} = 0.2390 \text{ cal}$
$\frac{1 \text{ cal}}{4.184 \text{ J}}$ $\frac{4.184 \text{ J}}{1 \text{ cal}}$	$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$
$\frac{1 \text{ Cal}}{1000 \text{ cal}}$ $\frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ Cal}}$	$1 \text{ Cal} = 1 \text{ kcal}$

مثال 1

تحويل وحدات الطاقة يتكون إفطار من الحبوب، وعصير البرتقال، واللبن يحتوي على 230 Cal. عَبَرْ 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.

$$\text{مجهول} \\ \text{مقدار الطاقة} = ? \text{ J}$$

$$\text{علموم} \\ \text{مقدار الطاقة} = 230 \text{ Cal}$$

2 حساب المجهول

حوال السعرات الغذائية إلى سعرات.

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

حوال السعرات إلى جول.

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

1. تحتوي قطعة من الشوفان والفاكهة على Cal 142. حوالٌ هذه الطاقة إلى سعرات.
2. يطلق تفاعل طارد للحرارة $L_{\text{heat}} = 86.5 \text{ kJ}$ مقدار الطاقة الناتجة بوحدة kcal ؟
3. **تحدي** حدد وحدة جديدة للطاقة، وسمّها باسمك، والتي تبلغ قيمتها عشر سعر حراري (cal). ما معاملات التحويل التي تربط هذه الوحدة الجديدة بالجول؟ وبالسعر الغذائي؟

الحرارة النوعية

لقد فرأت أنه يلزم توفير 1 cal أو 4.184 J لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي درجة سيليزية واحدة (1°C). تُعرف الكمية $(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})/4.184 \text{ J}$ بالحرارة النوعية (C) للماء. **تُعرف الحرارة النوعية** لأي مادة بكمية الحرارة اللازم لرفع درجة حرارة جرام واحد من هذه المادة (1°C). ولأن المواد المختلفة لها تركيب مختلف، 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 متساوية 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 $(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})/0.84 \text{ J}$ مما يعني أن درجة حرارة الخرسانة ترتفع تقريبًا خمسة أضعاف درجة حرارة الماء عند امتصاص كتل متساوية من الماء والخرسانة لنفس مقدار الطاقة.

■ **الشكل 3** تُصبح مياه النافورة الباردة مرغوّبة فيها بعد المشي على الرصيف الحرساني الحار. يجب أن يمتص الماء خمسة أضعاف الطاقة التي تمتّصها كتلة متساوية من الخرسانة ليصل إلى نفس درجة حرارة الخرسانة.
استنتاج كيف تتغيّر درجة حرارة الخرسانة مقارنة بدرجة حرارة الماء خلال ليلة باردة.



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

الحرارة النوعية (J/g·°C)	المادة
4.184	(الماء)
2.44	(الإيثانول)
2.03	(الماء)
2.01	(الماء)
1.825	(البريليوم)
1.023	(المغنيسيوم)
0.897	(الألمانيوم)
0.84	(الخرسانة)
0.803	(الجرانيت)
0.647	(الكالسيوم)
0.449	(الحديد)
0.301	(السترونشيوم)
0.235	(الفضة)
0.204	(الباريوم)
0.129	(الرصاص)
0.129	(الذهب)

حساب الحرارة الممتصة 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. فإن جرام واحد من الخرسانة يمتص 0.84 J عندما ترتفع درجتها (1°C) ولتحديد الحرارة التي امتصتها 5.00×10^3 g من الخرسانة يجب عليك ضرب J في 0.84×10^3 في 5.00. ثم، نظراً 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 تمثل الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها.
 c تمثل الحرارة النوعية للمادة.
 m تمثل كتلة العينة
 بالجرامات. ΔT هو التغير في درجة الحرارة °C
 أو $T_f - T_i$.

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

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

يمكنك استخدام هذه المعادلة لحساب الحرارة التي امتصاصها الكتلة الخرسانية.

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

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

يبلغ إجمالي مقدار الطاقة التي امتصاصها الكتلة الخرسانية 25,000 kJ أو 25 kJ. على سبيل المقارنة، ما مقدار الحرارة التي يمتصها 5.00 × 10³ g من الماء عندما تزيد درجة حرارته بمقدار 6.0°C؟ إن حساب الماء هو q نفسه بالنسبة للخرسانة باستثناء أنه يجب عليك استخدام الحرارة النوعية الخاصة بالماء 4.184 J/g·°C.

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

إذا قسمت الحرارة التي امتصاصها الماء (130 kJ) على الحرارة التي امتصاصها الخرسانة (25 kJ) ستتجد أنه بالنسبة لنفس التغير في درجة الحرارة، فقد امتص الماء خمسة أضعاف مقدار الحرارة التي امتصاصها 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 ليلاً. فكم كمية الحرارة التي تم تحريرها؟ احسب أولاً ΔT .

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

ثم، استخدم المعادلة لحساب كمية الحرارة.

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

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

الإشارة السالبة في الإجابة النهائية تدل على أن الطاقة منطلقة

مثال 2

حساب الحرارة النوعية عند بناء الجسور وناظحات السحب، يجب ترك فراغات بين الدعامات الفولاذية المتجاوقة للسماح بتمدد وأنكماش الفلز بسبب الحرارة والبرودة. تغير درجة حرارة عينة من الحديد قبلاً كتلتها 10.0 g من 50.4°C إلى 25.0°C ونتج L 114. فما الحرارة النوعية للحديد؟

1 تحليل المسألة

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

معلوم

$$T_i = 50.4^\circ\text{C} \quad \text{الطاقة الناتجة} = J -114 \\ T_f = 25.0^\circ\text{C} \quad 10.0 \text{ g} = \text{Fe}$$

المجهول

$$c = ? \text{ ج/(g}\cdot\text{C)}$$

2 حساب المجهول

. احسب ΔT

$$\Delta T = 25.0^\circ\text{C} - 50.4^\circ\text{C} = -25.4^\circ\text{C}$$

اكتب معادلة حساب كمية الحرارة.

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

عدل المعادلة لإيجاد c

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

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

عوض $q = 114 \text{ J}$, $m = 10.0 \text{ g}$, $\Delta T = 25.4^\circ\text{C}$

$$c = \frac{-114 \text{ J}}{(10.0 \text{ g})(-25.4^\circ\text{C})}$$

$$c = 0.449 \text{ J/(g}\cdot\text{C)}$$

3 تقييم الإجابة

تكون القيم المستخدمة في الحساب من ثلاثة أرقام معموّنة، لذا فإن الجواب سي تكون بشكل صحيح من ثلاثة أرقام. تبلغ قيمة مقام الكسر في هذه المعادلة تقريباً ضعف قيمة البسط، لذا فإن النتيجة النهائية والتي تبلغ 0.5 تعتبر نتيجة معقولة. القيمة المحسوبة هي نفس القيمة المسجلة للحديد في جدول 2.

تطبيقات

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. وامتضت هذه المادة خلال العملية L 5696 من الطاقة. فما الحرارة النوعية لهذه المادة؟ تعرّف على هذه المادة من بين تلك المواد المدروجة في جدول 2.
6. تحدي امتضت كتلة صلبة مقدارها 4.50 g من الذهب الحالص L 276 من الحرارة. كانت درجة الحرارة الابتدائية 25.0°C. فما درجة الحرارة النهائية؟

■ **الشكل 4** تمتلك كل خلية كهروضوئية على هذه اللوحة أشعة الشمس وتحولها إلى كهرباء ببدوء وبدون إحداث تلوث.



استخدام طاقة الشمس نظراً لارتفاع الحرارة النوعية للماء، فإنه يستخدم أحياناً 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، فترة سطوع الشمس محدودة يومياً. وفي بعض الأماكن، غالباً ما تقلل السحب كمية الأشعة المتوفرة. وبسبب هذه المتغيرات، تعتبر الوسائل الفعالة لتخزين الطاقة وسائل صعبة.

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

المراجعة 1 القسم

7. الفكرة الرئيسية فـ**سـّر** كيف تغير الطاقة من شكل إلى آخر في التفاعلات الطاردة. وفي التفاعلات الماصلة للحرارة.

8. **ميـّز** بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع في الأمثلة التالية: مغناطيسين متفصلين؛ انهيار ثلجي؛ كتب على أرفف المكتبة؛ جدول مائي جبلي؛ سباق سيارات.

9. **وـّضـّح** كيف يرتبط ضوء الشمعة المحترقة وحرارتها بطاقة الوضع الكيميائية.

10. احسب مقدار الحرارة التي يتم امتصاصها عندما يتم تسخين 9 g من الألمنيوم من درجة حرارة 25.0°C إلى 95.0°C . بلغ الحرارة النوعية للألمنيوم $0.897 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$.

11. **فـّسـّر** البيانات تم ترك كتل متساوية من الألمنيوم، والذهب، والحديد، والفضة في الشمس في نفس الوقت ولنفس المدة الزمنية. استخدم **جدول 2** لترتيب الفلزات الأربع وفقاً لزيادة درجة حرارتهم من الأعلى إلى الأقل.

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.

الحرارة

القسم 2

الفكرة الرئيسية للتغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما هو التغير في المحتوى الحراري للنواتج مطروحاً منه التغير في المحتوى الحراري للمتفاعلات.

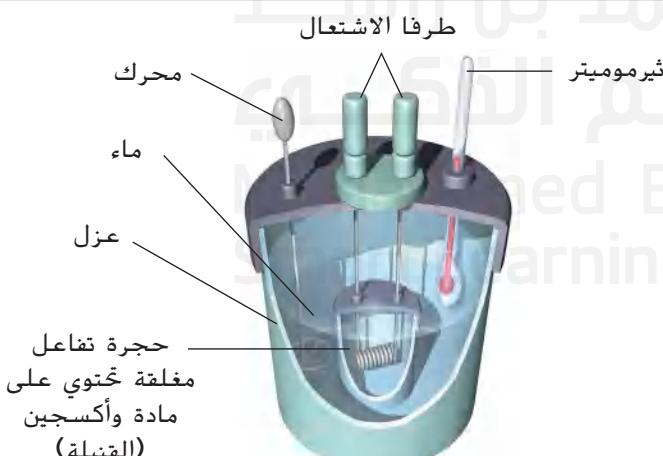
فَكَرْ في الوقوف تحت دش ساخن والاسترخاء بينما يمتص جسمك الحرارة من الماء. عندما تقفز في بركة باردة، قد ترتعش حيث يفقد جسمك حرارته. وبالطريقة نفسها، تمتص بعض التفاعلات الكيميائية الحرارة بينما تطلقها الأخرى.

الكيمياء في حياتك

قياس الحرارة

هل تسأله يوماً كيف يحصل كيميائيو التغذية على المعلومات الخاصة بالسعرات الحرارية المكتوبة على الأغذية المعلبة؟ يكتب على العبوات نتائج تفاعلات الاحتراق التي تم تنفيذها في المسّغرات. **المسّغر** هو جهاز معزول يستخدم لقياس كمية الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها أثناء العملية الكيميائية أو الفيزيائية. يتم وضع كمية معلومة من الماء في حجرة معزولة لامتصاص الطاقة الناتجة عن نظام التفاعل أو لتوفير الطاقة التي يمتصها النظام. تمثل البيانات التي سيتم جمعها في تغير درجة حرارة كمية الماء. **الشكل 5** يوضح نوع من أنواع المسّغرات. والذي يطلق عليه، مسّغر احتراق، والذي يستخدمه كيميائيو التغذية.

تحديد الحرارة النوعية يمكنك الحصول على نتائج مرضية في تجربتك التي تجريها لقياس الحرارة وذلك باستخدام مسّغر مصنوع من كوب بلاستيك رغوي والذي يعتبر أكثر الأجهزة بساطة من حيث استخدامه. تميز المسّغرات هذه بأنها تعمل في الهواء الطلق. لذا، فإن جميع التفاعلات التي تحدث بداخليها تحدث تحت ضغط ثابت. يمكنك استخدام هذه الأجهزة لتحديد الحرارة النوعية لفلز غير معلوم. افترض أنك وضعت 9 g من الماء في الكوب البلاستيكي الرغوي ووجدت أن درجة حرارته 25.60°C . ثم سخنت عينته كتلتها 50.0 g من فلز غير معلوم إلى 115.0°C ثم وضعتها في الماء. تنتقل الحرارة من الفلز الساخن إلى الماء البارد، وتترفع درجة حرارة الماء. يتوقف انتقال الحرارة فقط عندما تصبح درجة حرارة الفلز والماء متساوين.



مسّغر احتراق

الأسئلة الرئيسية

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

مراجعة المفردات

الضغط pressure: القوة المطبقة على وحدة المساحة

المفردات الجديدة

المسّغر (كالوريمتر)	الكيمياء الحرارية	النظام	الكون	المحيط	المحترى الحراري	المحترى الحراري لتفاعل (حرارة التفاعل)	enthalpy (heat) of reaction
calorimeter	thermochemistry	system	universe	surroundings	enthalpy	enthalpy (heat) of reaction	

الشكل 5 توضع العينة في حجرة داخلية فولاذية تُسمى القنبة، والتي تكون مملوءة بالأكسجين تحت ضغط عالٍ. يحيط بالقنبلة كمية محددة من الماء والذي يحركه محرك منخفض الاحتكاك لضمان درجة حرارة موحدة. يبدأ التفاعل بشارة، ويتم تسجيل درجة الحرارة حتى تصل إلى حدتها الأقصى. **استنتاج** ما سبب أهمية عدم توليد المحرك لأي احتكاك؟



الشكل 6 يوضح إجراء التجربة. لاحظ أن درجة الحرارة في المُسّغر 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 متساوية لمقدار الحرارة التي فقدتها الفلز. يمكن حساب كمية الحرارة باستخدام المعادلة التي تعلمتها في القسم 1.

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

التحقق من فهم النص عَرِف المتغيرات الأربع في المعادلة أعلاه.

- a. سجلت درجة حرارة ابتدائية 25.60°C لمقدار 125 g من الماء بالمُسّغر
- b. تم تسخين عينة كتلتها 50.0 g من فلز غير معلوم إلى درجة حرارة 115.0°C وتم وضعها في المُسّغر. تنتقل الحرارة من الفلز إلى الماء حتى يصبح كلاهما بنفس درجة الحرارة. تبلغ درجة الحرارة النهائية 29.30°C .

أولاً، احسب الحرارة التي اكتسبها الماء. للقيام بذلك، تحتاج إلى معرفة الحرارة النوعية للماء ($\text{J/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$) 4.184 .

$$q_{\text{ماء}} = 4.184 \text{ J/g} \cdot ^{\circ}\text{C} \times 125 \text{ g} \times (29.30^{\circ}\text{C} - 25.60^{\circ}\text{C})$$

$$q_{\text{ماء}} = 4.184 \text{ J/g} \cdot ^{\circ}\text{C} \times 125 \text{ g} \times 3.70^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{ماء}} = 1940 \text{ J}$$

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

$$q_{\text{ماء}} = -q_{\text{فلز}}$$

$$-1940 = q_{\text{فلز}}$$

$$c_{\text{فلز}} = -1940 \text{ J} / (m \times \Delta T)$$

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 $(-85.7^{\circ}\text{C} - 115.0^{\circ}\text{C} = 29.30^{\circ}\text{C} - 115.0^{\circ}\text{C})$. عوض في المعادلة وأوجد الحل.

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

الحرارة النوعية للفلز غير المعلوم $(0.453 \text{ J/g} \cdot ^{\circ}\text{C})$. جدول 2 يوضح أن الفلز قد يكون الحديد.

مثال 3

استخدم الحرارة النوعية تمتلك قطعة فلزية كتلتها 4.68 g كمية من الحرارة مقدارها 256 J 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 .

$$\begin{aligned} \text{معلوم} \\ \text{كتلة الفلز } q = 4.68 \text{ g} \\ \text{كمية الحرارة التي تم امتصاصها } \Delta T = 182^{\circ}\text{C} \\ \text{معروفة} \\ \text{الحرارة النوعية } c = ? \end{aligned}$$

2 إيجاد القيمة المجهولة

اكتب المعادلة الخاصة بكمية الحرارة q .

أو جد قيمة c .

$$\Delta T = 182^{\circ}\text{C}, q = 256 \text{ J}, m = 4.68 \text{ g} \quad \text{عوض } q = c \times m \times \Delta T$$

$$c = \frac{256 \text{ J}}{(4.68 \text{ g})(182^{\circ}\text{C})} = 0.301 \text{ J/(g}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

يوضح الجدول 2 أن الفلز قد يكون السترونثيوم.

3 تقييم الإجابة

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

تطبيقات

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 الجرافيت كتلتها $2.00 \times 10^3 \text{ g}$ ($0.803 \text{ J/(g}\cdot^{\circ}\text{C)}$) 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 درجة حرارة الماء النهائية؟

الطاقة الكيميائية والكون

علمياً، 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 دائياً حرارة. تم تصميم بعض المنتجات لإنتاج حرارة وفقاً 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 المتبعة من المادة الساخنة نتيجة لتفاعل التالي والتي تظهر في المعادلة كأحد النواتج.



تجربة مُصَغَّرة

قياس الحرارة النوعية

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



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 مخار مدرج.

7. صب الماء في كوب القهوة الموجود داخل كأس آخر سعته 250 mL .

8. قس وسجل درجة حرارة الماء باستخدام ثيروموميتير غير زئبي.

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 بيديك.

11. حرك، وقس درجة الحرارة النهائية للماء بعد وضع الفلز.

التحليل

1. احسب مقدار الحرارة التي امتصها الماء. الحرارة النوعية للماء H_2O هي $4.184\text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ 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 فقدتها الفلز.

3. قارن هذه القيمة التجريبية بالقيمة الصحيحة للحرارة النوعية للفلز الخاص بك.

4. صُف مصادر الخطأ الرئيسية في هذه التجربة. ما التعديلات التي يمكنك تنفيذها في هذه التجربة لتقليل الخطأ؟

نظرًا لأنك مهتم بالحرارة المتبعة من التفاعل الكيميائي والتي تمتصها الكمادة، فمن المناسب أن تفكر بالكمادة ومحفوبياتها 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**. لهذا يُعرف **الكون** بأنه النظام مع المحيط.

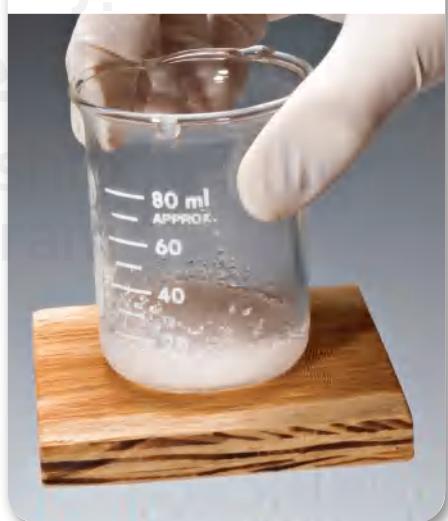
$$\text{الكون} = \text{النظام} + \text{المحيط}$$

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

ماذا يحدث خلال العملية أو التفاعل الماصل للحرارة؟ ينعكس انتقال الحرارة. تنتقل الحرارة من المحيط إلى النظام. عندما يتم وضع هيدروكسيد الباريوم وببورات نيوسيانات الأمونيوم، كما هو موضح في **الشكل 7** في الكأس ويتم خلطهما معًا، يحدث تفاعل ماصل 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 وتغيير المحتوى الحراري يعتمد إجمالياً ما تحتويه المادة من الطاقة على عدة عوامل والتي لا يزال بعضها غير مفهوماً تماماً. 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.

■ **الشكل 7** يمتص خليط التفاعل، خلال هذا التفاعل الماصل للحرارة، طاقة كافية من الماء الموجود على السطح الرطب مما يؤدي إلى تجمده فيلت suction الكأس باللوح.



مِنْ فِي الكِيمِيَاء

أَخْصَائِيُّو التَّدْفَةِ وَالتَّبْرِيدِ 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، بدءاً من قواطع الأنابيب وصولاً إلى أجهزة التشخيص الإلكترونية. قد يتخصص الميكانيكي في جانب واحد من هذا المجال، أو يكون خبيراً في جميع المجالات.

يمكن قياس الحرارة المفقودة أو المكتسبة، في تفاعلات كثيرة، بشكل ملائم بالمسفر عند ضغط ثابت، كما هو موضح في التجربة المعروضة في **الشكل 6**. كوب البلاستيك الرغوي ليس مغلقاً، 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، وكذلك التي تحدث في الكؤوس والدواوين المفتوحة في المختبر. يُرمز للطاقة المنطلقة أو الناتجة عن التفاعل الذي حدث عند ضغط ثابت في بعض الأحيان بالرمز q_p . لقياس دراسة تغيرات الطاقة المصاحبة للتفاعلات بسهولة، فقد عُرف الكيميائيون خاصية تُسمى بالمحتمي الحراري. **المحتوى الحراري** (H) هو المحتمي الحراري لنظام ما عند ضغط ثابت.

بالرغم من عدم قدرتك على قياس الطاقة الفعلية أو المحتوى الحراري الفعلي للمادة، إلا أنه بوسعيك قياس التغير الذي يطرأ على المحتوى الحراري وهو الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها خلال التفاعل الكيميائي. يطلق على التغير في المحتوى الحراري للتفاعل **المحتوى الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل)** (ΔH_{rxn}). لقد تعلمت بالفعل أن الرمز الذي يسبقه الحرف اليوناني (Δ) يقصد 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 تذكر تفاعل الكمادة الساخنة.



طبقاً 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 الأصفر نحصل على قيمة سالبة لـ ΔH_{rxn} . التغيرات الحرارية في التفاعلات الطاردة للحرارة دائماً سالبة. تكتب معادلة تفاعل الكمادة الساخنة وتغيرها الحراري عادةً على النحو التالي.



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

- **الشكل 8** يشير السهم المتجه نحو الأسفل إلى أنه تم تحرير (انطلاق) 1625 kJ من الحرارة إلى المحيط في التفاعل الذي حدث بين الحديد والأكسجين. توفر الكمادة الساخنة التي تستخدم هذا التفاعل الطاقة لتدفئة اليدين الباردتين.
- فِسْر** كيف يوضح الرسم البياني أن هذا التفاعل طارد للحرارة.



التفاعل الذي يحدث في الكمادة الساخنة

الحرارة إلى
الوسط المحيط



المادة المتفاعلة

$$\Delta H = -1625 \text{ kJ}$$



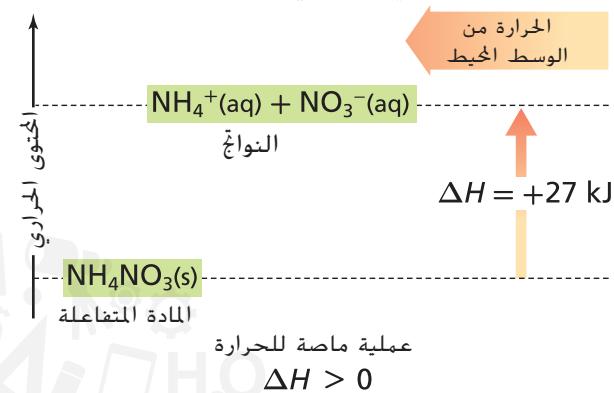
الناتج

تفاعل طارد للحرارة

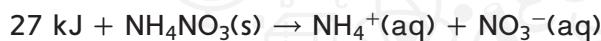
$$\Delta H < 0$$



العملية التي تحدث في الكمادة الباردة



الآن، تذكر عملية الكمادة الباردة.



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



الشكل 9 يوضح التغير في الطاقة لعملية الكمادة الباردة. المحتوى الحراري للتواج في هذه العملية أكبر بمقدار 27 kJ من المحتوى الحراري للمادة المتفاعلة حيث تم امتصاص الطاقة. لذلك، فإن إشارة ΔH_{rxn} لهذا التفاعل وغيرها من التفاعلات والعمليات الأخرى الماصلة 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. نظراً لأن جميع التفاعلات الواردة في هذا الكتاب قد تمت تحت ضغط ثابت، يمكنك القول بأن $q = \Delta H_{rxn}$.

■ **الشكل 9** يشير السهم المتوجه 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 ويرد نفسه.

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

القسم 2 مراجعة

16. التكملة الرئيسية **صف** كيف يمكنك حساب مقدار الحرارة الذي تم اكتسابه أو فقدانه عند تغير درجة حرارة المادة.

17. **فسّر** لماذا ΔH تكون لتفاعل الطارد للحرارة دائماً قيمة سالبة؟

18. **فسّر** لماذا يعتبر مقدار الماء المحدد جزءاً أساسياً من المسفر؟

19. **فسّر** سبب وجوب معرفة الحرارة النوعية للمادة كي تتمكن من حساب الحرارة المكتسبة أو المفقودة نتيجة لتغير درجة حرارة المادة.

20. **صف** ماذا يقصد بالنظام في الديناميكا الحرارية. وما العلاقة بين النظام والمحيط والكون.

21. احسب الحرارة النوعية $(\text{g}^\circ\text{C})/\text{J}$ لمادة غير معلومة إذا كانت عينه كتلتها 2.50 g تحرر طاقة مقدارها 12.0 cal عندما تغير درجة حرارتها من 25.0°C إلى 20.0°C .

22. **صمّم** تجربة **صف** الخطوات التي يمكنك اتباعها لتحديد الحرارة النوعية لقطعة فلز كتلتها 45 g .

ملخص القسم

- يُعرف الكون، في الكيمياء الحرارية، بأنه النظام مع 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 ماصل للحرارة. عندما تكون ΔH سالبة، يكون التفاعل طارداً للحرارة.

القسم 3

المعادلات الكيميائية الحرارية

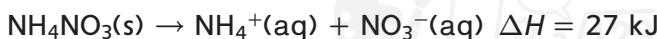
الفكرة الرئيسية تُعبر المعادلات إطلاقها الحرارية عن مقدار الطاقة التي يتم امتصاصها أو تحريرها خلال التفاعلات الكيميائية.

هل سبق لك أن شعرت بالإرهاق بعد ممارسة تمرين مجهد 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.

الكيمياء في حياتك

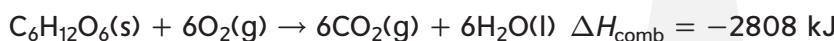
كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية

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



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

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



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 **الجدول 3**. يُرمز للتغيرات المحتوى الحراري القياسية بالرمز ΔH° . يُشير الصفر العلوي إلى تحديد التغيرات في المحتوى الحراري لجميع المواد المتفاعلة والممواد الناتجة في ظل ظروف قياسية. تمثل الظروف القياسية في ضغط 1 atm ودرجة حرارة (25°C) و يجب عدم الخلط بينها وبين الضغط ودرجة الحرارة القياسيين (STP).

الجدول 3 حرارة الاحتراق القياسية

$\Delta H_{\text{comb}}^\circ \text{ (kJ/mol)}$	الصيغة	المادة
-5644	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}\text{(s)}$	السكروز (سكر المائدة)
-5471	$\text{C}_8\text{H}_{18}\text{(l)}$	الأوكتان (أحد مكونات الجازولين)
-2808	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6\text{(s)}$	الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الفاكهة)
-2219	$\text{C}_3\text{H}_8\text{(g)}$	البروبان (وقود غازي)
-891	$\text{CH}_4\text{(g)}$	الميثان (وقود غازي)

الأسئلة الرئيسية

- كيف تُكتب المعادلات الكيميائية الحرارية للتفاعلات الكيميائية وغيرها من العمليات الأخرى؟
- كيف يتم اكتساب الطاقة أو فقدانها خلال تغيرات حالة المادة؟
- كيف يتم حساب كمية 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 للتقطير

molar enthalpy (heat) of vaporization

الحرارة المولية للانصهار

molar enthalpy (heat) of fusion

الجدول 4 الحرارة المولية القياسية للتبيخير والانصهار

$\Delta H^\circ_{\text{fus}}$ (kJ/mol)	$\Delta H^\circ_{\text{vap}}$ (kJ/mol)	الصيغة	المادة
6.01	40.7	H_2O	الماء
4.94	38.6	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	إيثanol
3.22	35.2	CH_3OH	الميثانول
11.7	23.4	CH_3COOH	حمض الأسيتيك
5.66	23.3	NH_3	الأمونيا

تغيرات الحالة

هناك العديد من العمليات، غير التفاعلات الكيميائية، التي تمتلك الحرارة أو تطلقها. على سبيل المثال، فـكـر فيما يحدث عند خروجك من حمام ساخن. سوف ترتفع حرارة الماء من جلدك. يرجع هذا لأن جلدك يوفر الحرارة اللازمة للتبيخير الماء.

وبينما تخرج الحرارة من جلدك للتبيخير الماء، سوف تشعر بالبرودة. يطلق

على الحرارة اللازمة للتبيخير مول واحد من السائل **الحرارة المولية للتبيخير** (ΔH_{vap}). وبالمثل، إذا أردت كوبًا من الماء البارد، يمكنك وضع مكعب من الثلج بداخله. فيبرد الماء حيث أنه يوفر الحرارة اللازمة لانصهار الثلج. يطلق على الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من المادة الصلبة **الحرارة المولية للانصهار** (ΔH_{fus}). ولأن عمليات تبيخير السائل وصهر المادة الصلبة تعتبر عمليات معاصرة للحرارة، فإن قيم ΔH لها تكون موجبة. تم عرض الحرارة المولية القياسية للتبيخير والانصهار لخمسة مركبات شائعة في الجدول 4.

المعادلات الكيميائية الحرارية للتغيرات حالة المادة يمكن وصف تبيخير الماء وانصهار الثلج بالمعادلات التالية:



تشير المعادلة الأولى إلى أنه قد تم امتصاص 40.7 kJ من الطاقة عند تحويل مول واحد من الماء إلى مول واحد من بخار الماء. تشير 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 يتكتف 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 المعاصرة للتبيخير والانصهار. لذلك، تكون الحرارة المولية للتكتف (ΔH_{cond}) والحرارة المولية للتبيخير نفس القيمة العددية ولكن مختلفة في الإشارة. وبالمثل، فإن الحرارة المولية للتجمد (ΔH_{solid}) تساوي القيمة العددية للحرارة المولية للانصهار ولكن مختلفة الإشارة.

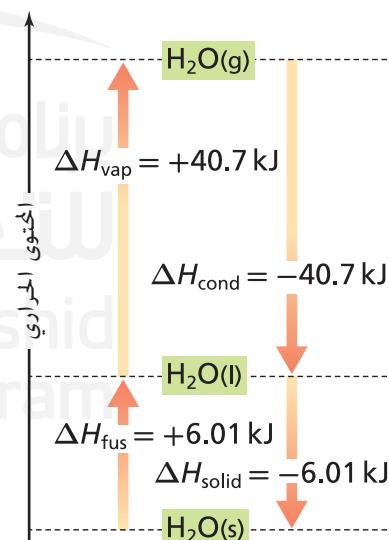
$$\Delta H_{\text{vap}} = -\Delta H_{\text{cond}}$$

$$\Delta H_{\text{fus}} = -\Delta H_{\text{solid}}$$

تم توضيح العلاقات في **شكل 10**.

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

تغيرات حالة الماء



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



يستفيد بعض المزارعين من حرارة انصهار الثلج لحماية الفواكه والخضروات من التجمد. فإذا تبأوا بانخفاض درجة الحرارة إلى حد التجمد، فإنهم يرشون بساتيهم وحقولهم بالماء. عندما يتجمد الماء، تباعث الحرارة (ΔH_{fus}) وغالباً ما تؤدي إلى تدفئة الهواء المحيط بما يكفي لمنع ضرر الصقيع. سوف ترسم منحنى تسخين الماء، في مختبر حل المسائل التالي، وتوضحه بكتابية درجات حرارة الانصهار والتبيير.

التحقق من فهم النص صنف عمليات التكثف، والتجمد، والتبيير، والانصهار باعتبارهم عمليات طاردة أو ماصة للحرارة.

مختبر حل المشكلات

رسم رسوماً بيانية واستخدمها

كيف يمكنك رسم منحنى تسخين؟ تمتاز جسيمات الماء بقوّة تجاذبها لبعضها وذلك لأنّها قطبية وتكون روابط هيدروجينية. بسبب قوّة التجاذب بين جسيمات الماء تكون الحرارة النوعية للماء كبيرة وكذلك الحرارة المولية للتبيير والانصهار.

التحليل

استخدم البيانات المسجلة بالجدول لرسم منحنى تسخين (درجة الحرارة مقابل الزمن) لعينة كتلتها 5 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 لمراور الماء عبر كل جزء من أجزاء الرسم البياني.

التفكير الناقد

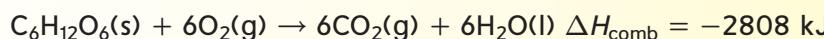
1. **حلّ** كل منطقة من المناطق الخمس على الرسم البياني، والتي تميز بتغير مفاجئ في الميل. وضح كيف يغير امتصاص الحرارة طاقة (الحركة والوضع) لجسيمات الماء.

2. **احسب** كمية الحرارة اللازمة للمرور عبر كل منطقة من مناطق الرسم البياني، $180 \text{ g H}_2\text{O} = 10 \text{ mol H}_2\text{O}$, $\Delta H_{\text{fus}} = 6.01 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{\text{vap}} = 40.7 \text{ kJ/mol}$, $C_{\text{H}_2\text{O}(s)} = 2.03 \text{ J/(g }^\circ\text{C)}$, $C_{\text{H}_2\text{O}(l)} = 4.184 \text{ J/(g }^\circ\text{C)}$. كيف يرتبط الزمن اللازم للمرور عبر كل منطقة بكمية الحرارة التي تم امتصاصها؟

3. **استنتاج** كيف يبدو شكل منحنى تسخين الإيثanol؟ ينحصر الإيثanol عند درجة حرارة 114°C – 78°C ويغلي عند 120°C. ارسم منحنى تسخين الإيثanol من درجة حرارة 90°C إلى 100°C. ما العوامل التي تحدد أطوال المناطق المستطحة؟ وميل المنحنى بين المناطق المستطحة؟

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

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



١ تحليل المسألة

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

$$\text{مجهول} \\ q = ? \text{ kJ}$$

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

٢ حساب المجهول

حول جرامات $C_6H_{12}O_6$ إلى مولات $C_6H_{12}O_6$.

$$\text{اضرب في مقلوب الكتلة المولية} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{180.18 \text{ g}} \quad 54.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.18 \text{ g } C_6H_{12}O_6} = 0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

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

$$\text{اضرب مولات الجلوكوز في} \cdot \frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \quad 0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 842 \text{ kJ}$$

٣ 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 ثلاثة ΔH_{comb} .

تطبيقات

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 وتحوileه إلى سائل عند درجة غليانه؟ استخدم **جدول 4** لتحديد ΔH_{cond} .

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

الربط  **تعلم 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 تؤيض كتلة مساوية من الجلوكوز أثناء عملية التنفس الخلوي. تحدث هذه العملية في كل خلية من خلايا جسمك في سلسلة من مجموعة خطوات معقدة يتسرب خلالها الجلوكوز ويتم إطلاق الماء وثنائي أكسيد الكربون. هذه هي نفس المواد الناتجة عن احتراق الجلوكوز في المُسْعَر. 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.

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

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

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

مجهول $q = ? \text{ kJ}$

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

حساب المجهول

حول جرامات $C_6H_{12}O_6$ إلى مولات $C_6H_{12}O_6$.

اضرب في مقلوب الكتلة المولية $\frac{1 \text{ mol}}{180.18 \text{ g}}$. $54.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.18 \text{ g } C_6H_{12}O_6} = 0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$

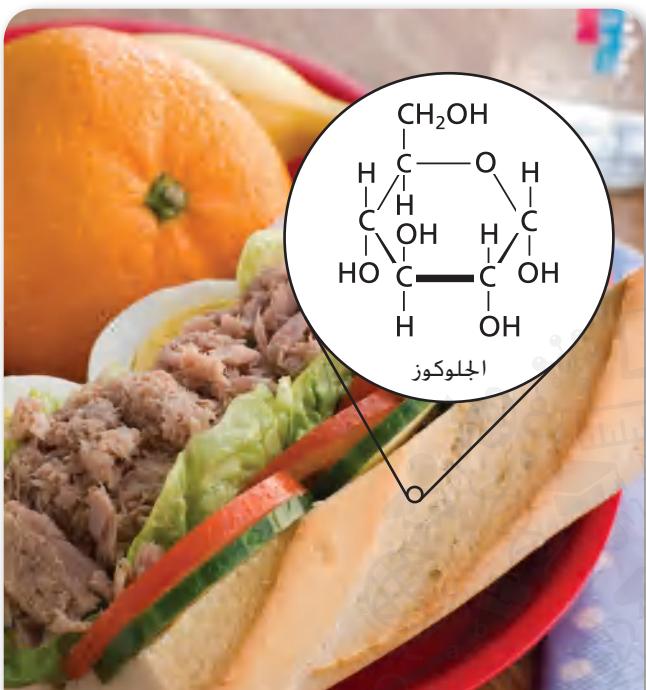
اضرب مولات $C_6H_{12}O_6$ في حرارة الاحتراق.

اضرب مولات الجلوكوز في $\frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}$. $0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 842 \text{ kJ}$

تقييم الإجابة

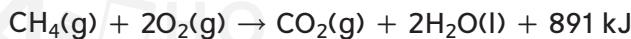
جميع القيم المستخدمة في الحساب لها ثلاثة أرقام معنوية لذا فإن الجواب سيتكون بشكل صحيح من ثلاثة أرقام. كما هو متوقع، فإن الحرارة الناتجة أقل من ثلاثة ΔH_{comb} .

تفاعلات الاحتراق



الشكل 11 تعتبر هذه الأطعمة وقوداً للجسم. إنها توفر الجلوكوز الذي يتم حرقه لإنتاج 2808 kJ/mol للقيام بأنشطة الحياة اليومية.

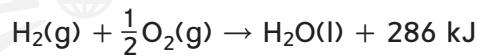
الاحتراق هو تفاعل الوقود مع الأكسجين. في النظم البيولوجية، يعتبر الطعام هو الوقود. الشكل 11 يبين بعض الأطعمة التي تحتوي على جلوكوز وكذلك بعض الأطعمة الأخرى التي تحتوي على الكربوهيدرات والتي يتم تحويلها بسهولة داخل جسمك إلى جلوكوز. وتعتمد أيضاً على تفاعلات احتراق أخرى والتي تحافظ على دفتك وبرودتك، والتي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



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



هناك تفاعل احتراق آخر وهو احتراق الهيدروجين.



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

المراجع

ملخص القسم

- تضمن المعادلة الكيميائية الحرارية الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والاتساق كم تحدد التغير في المحتوى الحراري.
- الحرارة المولية للتبيخير ΔH_{vap} هو مقدار الطاقة اللازمة للتبيخير مول واحد من السائل.
- الحرارة المولية للانصهار ΔH_{fus} هو مقدار الطاقة اللازمة لصهر مول واحد من المادة الصلبة.

26. الفكرة الرئيسية اكتب معادلة كيميائية حرارية لاحتراق الإيثanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
 $\Delta H_{\text{comb}} = -1367 \text{ kJ/mol}$

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

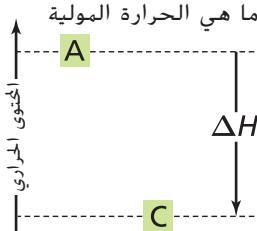
- a. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g})$
b. $\text{Br}_2(\text{l}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{s})$
c. $\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{g}) + 8\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 5\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- d. $\text{NH}_3(\text{l}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g})$
e. $\text{NaCl}(\text{s}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{l})$

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

29. احسب ما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 206 g من غاز الهيدروجين؟

$$\Delta H_{\text{comb}} = -286 \text{ kJ/mol}$$

30. طبّق الحرارة المولية للتبيخير الأمونيا هي 23.3 kJ/mol . ما هي الحرارة المولية لتكتيف الأمونيا؟



31. فسر الرسوم العلمية تم توضيح المحتوى الحراري للتفاعل $\text{A} \rightarrow \text{C}$ في الرسم البياني على اليسار. هل يعتبر التفاعل تفاعل ماص أم طارد للحرارة؟ فسر إجابتك.

حساب التغير في المحتوى الحراري

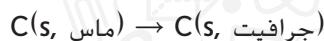
الفكرة الرئيسية يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما باستخدام قانون هس.

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.

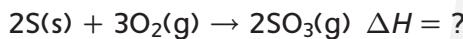
الكيمياء في حياتك

قانون هس

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



يحدث هذا التفاعل ببطء شديد بحيث يصبح حساب التغير في المحتوى الحراري مستحيلاً. 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 أولاً تدرس تكوين ثالث أكسيد الكبريت في الهواء الجوي. ستحتاج لحساب ΔH لهذا التفاعل.



لسوء الحظ ينتج عن التجارب المعملية لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت وحساب ΔH مزيج من النواتج غالباً ما تكون ثانوي أكسيد الكبريت (SO_{2}) في موقف 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.



القسم 4

الأسئلة الرئيسية

- 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

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

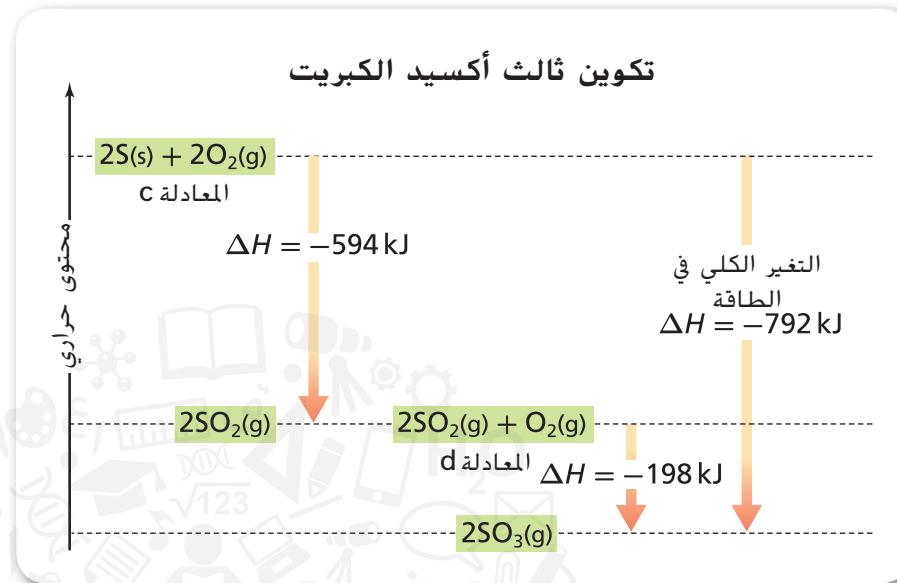
المفردات الجديدة

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

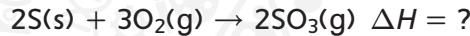
■ **الشكل 12** إن عبارة "الماس يدوم للأبد" تشير إلى قوة ومتانة الماس وتوضح أن تحويل الماس إلى جرافيت يتم ببطء شديد بحيث سيكون من المستحبيل قياس التغير في المحتوى الحراري.

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

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



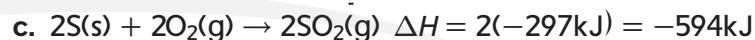
تطبيق قانون هس كيف يمكن استخدام قانون هس لحساب التغير في الطاقة للتفاعل الذي ينتج عنه SO_3



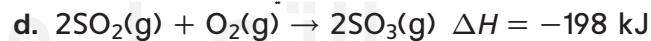
الخطوة 1 وهناك حاجة إلى المعادلات الكيميائية التي تحتوي على المواد الموجودة في المعادلة المطلوبة ويكون التغير في المحتوى الحراري معلوماً. تحتوي المعادلات التالية على S و O_2 و SO_3 .

- a. $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -297 \text{ kJ}$
- b. $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 198 \text{ kJ}$

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 التغييرات تصبح المعادلة a كالتالي (المعادلة c).



الخطوة 3 في المعادلة المطلوبة يكون ثالث أكسيد الكبريت ناتجاً 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.



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

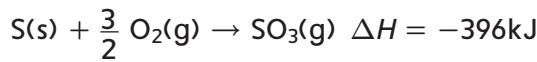


تكون المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكبريت وتكوين ثالث أكسيد الكبريت كالتالي:



يوضح الشكل 13 التغيرات في الطاقة.

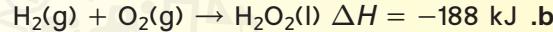
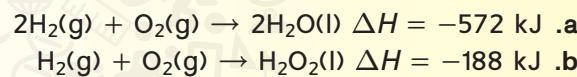
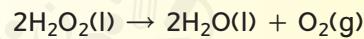
تكتب المعادلات الكيميائية الحرارية غالباً ويتم وزنها لكل مول من الناتج. يعني هذا غالباً أنه يجب استخدام المعاملات الكسرية. فعلى سبيل المثال، تكون المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بين الكبريت والأكسجين لتكوين مول واحد من ثالث أكسيد الكبريت هي كالتالي:



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 بiroكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وهو مركب له استخدامات متعددة تتراوح من تبييض الشعر وحتى تزويد محركات الصواريخ بالطاقة.

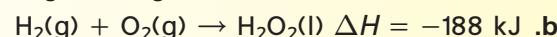
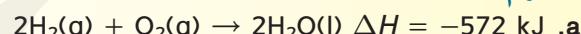


1 تحليل المسألة

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

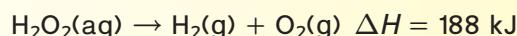
مجهول

$$\Delta H = ? \text{ kJ}$$

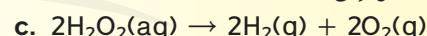


2 حساب المجهول

H_2O_2 هو مادة متغيرة.

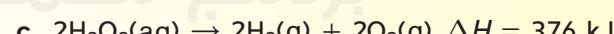


تحتاج إلى مولين من H_2O_2 .

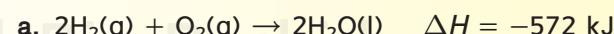


$$\Delta H c = 188 \text{ kJ}(2)$$

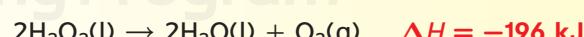
$$= 376 \text{ kJ}$$



اجمع المعادلين a و c. مع إلغاء ΔH للمعادلين a و c.



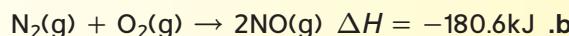
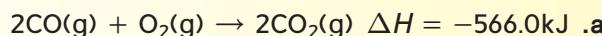
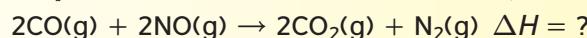
اجمع المعادلين a و c. واجمع ΔH .



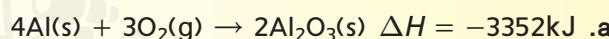
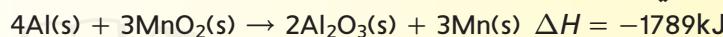
3 تقييم الإجابة

ينتج عن جمع المعادلين المعادلة المطلوبة.

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



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

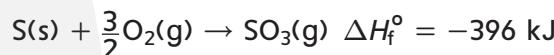


حرارة التكوين القياسية

يسمح لك قانون هس بحساب قيمة ΔH المجهولة باستخدام التفاعلات المعلومة وقيم ΔH التي تم حسابها بشكل تجريبى. ومع ذلك، فتدوين قيمة ΔH لجميع التفاعلات الكيميائية المعلومة سيكون مهمة ضخمة ولا نهائية. ولكن عوضاً 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 تعنى حالته الفيزيائية المعتادة عند 1atm و 25°C (298K) على سبيل المثال، في الحالات القياسية يكون الحديد صلباً والزئبق سائلاً 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. وبعد تفاعل التكوين لمول واحد من SO_3 من عناصره تفاعل حرارة تكوين قياسية.



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

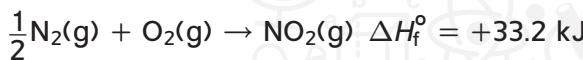
■ **الشكل 14** ثالث أكسيد الكبريت يمتص مع الماء في الهواء الجوي لتكوين حمض الكبريتيك (H_2SO_4). وهو حمض قوي يصل إلى الأرض على هيئة مطر حمضي. يدمر المطر الحمضي الأشجار والعقارات ببطء.



ما مصدر حرارة التكوين القياسية؟

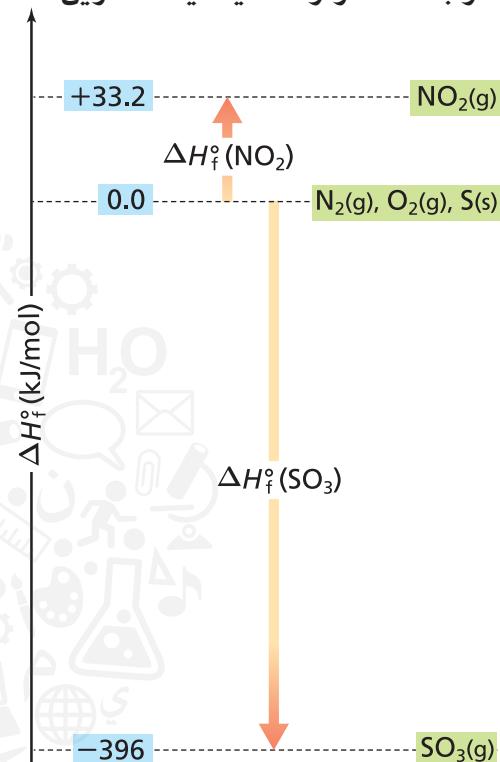
جبل ما، فإنك تقوم بذلك بالنسبة لنقطة مرجعية ما - عادة ما تكون مستوى سطح البحر. بطريقة مشابهة، يتم تحديد حرارة التكوين القياسية بناء على الافتراض التالي: العناصر في حالتها القياسية تكون ΔH_f° تساوي 0.0 kJ. مع نقطة بدء صفرية، يمكن حساب حرارة التكوين القياسية للمركبات تجريبياً وتنظيمها على تدرج أعلى وأقل من العناصر في حالاتها القياسية. فكر في الصفر على تدرج المستوى الحراري على أنه مشابه لدرجة تجمد الماء وهي 0.0°C كافية للمواد التي تكون درجة حرارتها أخس من نقطة التجمد تكون درجة حرارتها أعلى من الصفر. كافة المواد التي تكون درجة حرارتها أبدر من نقطة التجمد تكون درجة حرارتها أقل من الصفر.

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



كلا من النيتروجين والأكسجين غازات ثانية الذرة في حالاتها القياسية. لذا حرارة التكوين القياسية لكل منها تساوي صفر. عندما يتفاعل غازياً الأكسجين والنيتروجين معًا لتكون مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين، تكون ΔH المحسوبة تجريبياً للتفاعل تساوي 33.2 kJ + 33.2 kJ = 66.4 kJ. هذا يعني أنه يتم امتصاص 33.2 kJ من الطاقة في تفاعل ماص للحرارة. محتوى طاقة الناتج NO_2 33.2 kJ وهو أكبر من محتوى طاقة المواد المتفاعلة. على تدرج تكون فيه ΔH_f° للمتفاعلات تساوي 0.0 kJ فتكون ΔH_f° لـ NO_2 +33.2 kJ. **الشكل 15** يوضح أنه على تدرج 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 التدرج لأن تكوين $\text{SO}_3(\text{g})$ يعد تفاعلاً طارداً للحرارة. المحتوى الحراري لثالث أكسيد الكبريت ΔH_f° هو -396 kJ. **الجدول 5** يبين حرارة التكوين القياسية لبعض المركبات الشائعة. توجد قائمة أكثر تفصيلاً في **الجدول R-11**.

درجات الحرارة القياسية للتقويم



الشكل 15 ΔH_f° للعناصر N_2 و O_2 و S هي 0.0 kJ. حين يتفاعل N_2 و O_2 لتكون مول واحد من NO_2 . $\Delta H_f^\circ = +33.2 \text{ kJ/mol}$ وبالتالي NO_2 هي $+33.2 \text{ kJ/mol}$.
عندما يتفاعل S و O_2 لتكون مول واحد من SO_3 يتغير $\Delta H_f^\circ = -396 \text{ kJ/mol}$ لذلك فإن SO_3 هي -396 kJ/mol .

تبؤ صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه.
 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ هي $\Delta H_f^\circ = -286 \text{ kJ/mol}$

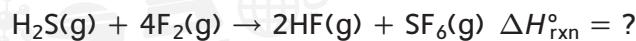
الجدول 5 حرارة التكوين القياسية

(kJ/mol) ΔH_f°	معادلة التكوين	المركب
-21	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{S}(\text{g})$
-273	$\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HF}(\text{g})$	$\text{HF}(\text{g})$
-396	$\text{S}(\text{s}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$	$\text{SO}_3(\text{g})$
-1220	$\text{S}(\text{s}) + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SF}_6(\text{g})$	$\text{SF}_6(\text{g})$

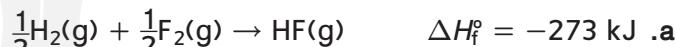
الشكل 16 يستخدم سادس فلوريد الكبريت لحضر أنباط دقيقة ومعقدة أحياناً على رقائق السيليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة. وأشباه الموصلات هي مكونات هامة في الأجهزة الإلكترونية الحديثة بما في ذلك الحواسيب والهواتف الخلوية.



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 كيميائياً له العديد من التطبيقات المهمة أحدها موضح في **الشكل 16**.

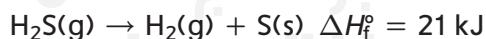


الخطوة 1 بالرجوع إلى **الجدول 5** لمعرفة معادلة تكوين كل مركب من المركبات الثلاثة في المعادلة المطلوبة H_2S و SF_6 و HF .



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

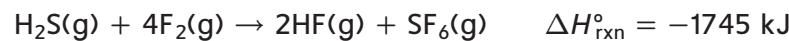
تصف المعادلة **c** تكوين الناتج H_2S . ولكن في المعادلة المطلوبة يكون H_2S مادة متفاعلة. تعكس المعادلة **c** وتغير إشارة ΔH_f° .



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



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



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

$$\Delta H_{rxn}^\circ = \Sigma \Delta H_f^\circ - (\text{النواتج})$$

ΔH_{rxn}° تمثل حرارة التفاعل القياسية.

Σ يمثل مجموع الحدود.

(النواتج) ΔH_f° و $(\text{المواد المتفاعلة})$ ΔH_f° 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.



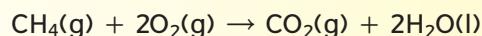
$$\Delta H_{rxn}^\circ = [(2)\Delta H_f^\circ(\text{HF}) + \Delta H_f^\circ(\text{SF}_6)] - [\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{S}) + (4)\Delta H_f^\circ(\text{F}_2)]$$

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

$$\Delta H_{rxn}^\circ = -1745 \text{ kJ}$$

مثال 6

إيجاد التغير في المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية استخدم حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH_{rxn}° لتفاعل احتراق الميثان.



١ تحليل المسألة

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

$$\Delta H_{rxn}^\circ = \Sigma \Delta H_f^\circ - (\text{النواتج})$$

يمكن استخدامها مع بيانات جدول قيم حرارة التكوين القياسية.

معلوم

$$\Delta H_{rxn}^\circ = ? \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -286 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4) = -75 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{O}_2) = 0.0 \text{ kJ}$$

٢ حساب المجهول

استخدم الصيغة $\Delta H_{rxn}^\circ = \Sigma \Delta H_f^\circ - (\text{النواتج})$

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

عوض عن CO_2 و H_2O للنواتج، CH_4 و O_2 في الآخرين. $\Delta H_{rxn}^\circ = [\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) + (2)\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4) + (2)\Delta H_f^\circ(\text{O}_2)]$

عوض عن $\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ}$
 $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -286 \text{ kJ}$, $\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4) = -75 \text{ kJ}$
و $\Delta H_f^\circ(\text{O}_2) = 0.0 \text{ kJ}$ في المعادلة.

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

$$\Delta H_{rxn}^\circ = [-966 \text{ kJ}] - [-75 \text{ kJ}] = -966 \text{ kJ} + 75 \text{ kJ} = -891 \text{ kJ}$$

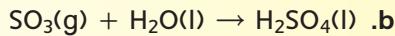
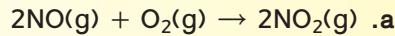
احتراق مول واحد CH_4 ينتج عنه -891 kJ .

3 تقييم الإجابة

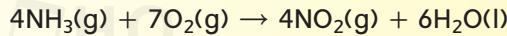
القيمة المحسوبة هي نفس القيمة الواردة في الجدول 3.

تطبيقات

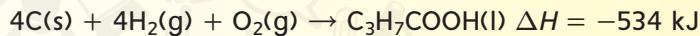
34.وضح كيف ينتج عن مجموعة معادلات حرارة التكوين يعطي كلاً من التفاعلات التالية: ليس هناك حاجة للبحث واستخدام قيم ΔH .



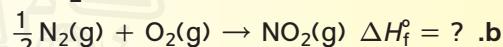
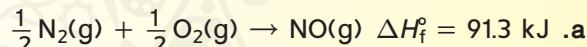
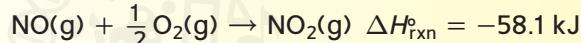
35.استخدم جدول قيم حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH_{rxn}° للتفاعل التالي:



36.احسب ΔH_{comb}° لحمض البيوتانويك. (l) $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH(l)} + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O(l)}$ استخدم جدول قيم حرارة التكوين القياسية والمعادلة التالية:



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



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 اعتباراً على حرارة

التكوين القياسية لعناصرها في حالاتها

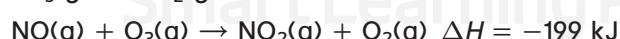
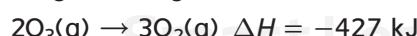
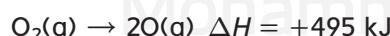
القياسية.

38.الفكرة الرئيسية اشرح قانون هس وكيف يستخدم 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 لتفاعل التالي:
 $\text{NO(g)} + \text{O(g)} \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = ?$ إذا علمت التفاعلات التالية:



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

$$\Delta H_f^\circ = -285.8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ = -241.8 \text{ kJ/mol}$$

تلقائية حدوث التفاعلات

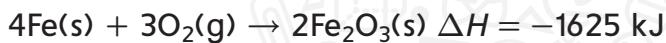
الفكرة الرئيسية تحدد التغيرات في المحتوى الحراري والإنتروبي ما إذا كانت العملية تلقائية.

كيف يحدث أن تنهار بعض المباني الجديدة بينما تظل بعض المباني الأقدم أكثر ثباتاً ويبعد أنها ستظل ثابتة للأبد؟ قد يكون السبب هو معدل الصيانة والعمل الذي يتم للمبني. وبالمثل في الكيمياء، بدون الانتقال الثابت للطاقة يكون هناك ميلاً طبيعياً نحو حدوث اضطراب.

الكيمياء في حياتك

العمليات التلقائية

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



يتم تشيشط الكمادة الساخنة في اللحظة التي تقوم بتنعيمها فيها. وبالمثل فإن الأجسام الحديدية تصادر سوء 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، فالنسبة 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 بنزين في مختبر مدرستك.

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



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



الأسئلة الرئيسية

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

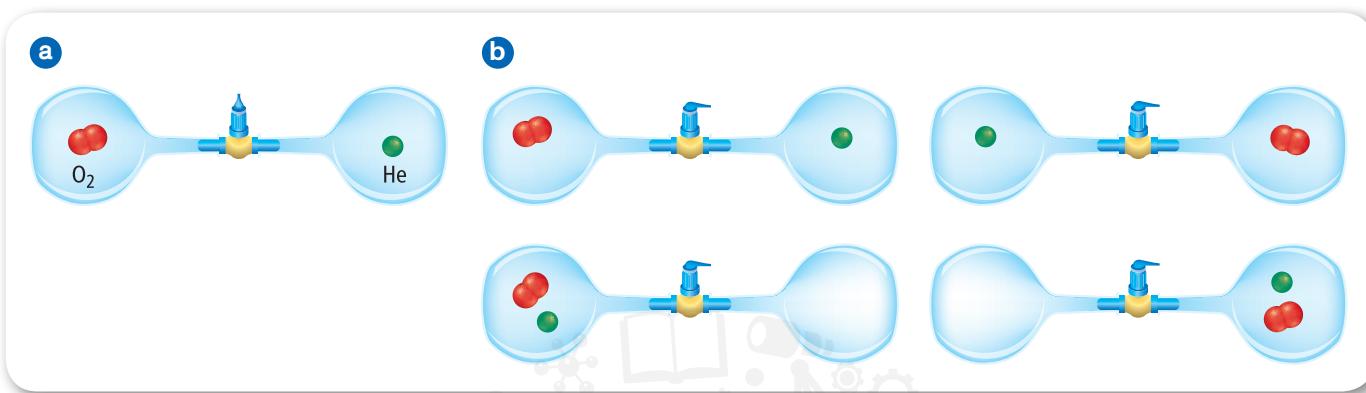
العملية التلقائية	spontaneous process
الإنتروبي	entropy
القانون الثاني للديناميكا الحرارية	second law of thermodynamics

الطاقة الحرجة

free energy

الطاقة الحرجة

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



■ 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 الإنترودي في أي وقت.

بعد تفاعل تكون الصدأ على الحديد تفاعلاً تلقائياً وطارداً 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 دوراً في تحديد ما إذا كانت العملية الكيميائية تحدث بشكل تلقائي تحت مجموعة ظروف محددة. هذا العامل يسمى الإنترودي.

ما هو الإنترودي؟ قد لا تندesh إذا شمنت رائحة الفطائر التي تخبي في المطبخ منتشرة في كل مكان بالمنزل. وأنت تعلم أن الغازات تمثل لانتشار خلال الهواء الجوي. تتصرف الغازات بهذا الشكل؟ حين تنتشر الغازات، يصل النظام إلى حالة كبيرة من الإنترودي. **الإنترودي (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.

لتنظر 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 جسيماً الغازين بحرية بين الدورقين. يمكن أن ينتشر جسيم الغاز في ضعف الحجم الأصلي. يمكن العثور على الجسيمين في أي من الترتيبات الأربع الموضحة. إنترودي النظام يكون أكبر حين يكون المحبس مفتوحاً 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 بـ 1024 مرة مما إذا كان عدد الجسيمات نفسه موجوداً 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 جسيمات.

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

المفردات الاستخدام العلمي مقابل. الاستخدام العام النظام

الاستخدام العلمي العملي 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.

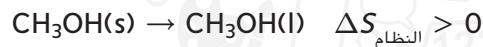
التبؤ بالتغييرات في الإنتروبي تذكر أن التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحاً منه المحتوى الحراري للمتفاعلات. التغير في الإنتروبي (ΔS) خلال تفاعل أو عملية ما هو نفس الشيء.

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

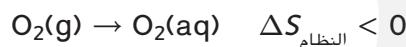
إذا زاد إنتروبي النظام خلال تفاعل أو عملية ما تكون المتفاعلات $S_{\text{النواتج}} > S_{\text{النظام}}$ موجبة. وعلى العكس، إذا قل إنتروبي النظام خلال تفاعل أو عملية ما تكون المتفاعلات $S_{\text{النواتج}} < S_{\text{النظام}}$ وقيمة ΔS سالبة.

يمكنك في بعض الأحيان أن تتبأ ما إذا كانت قيمة النظام ΔS موجبة أو سالبة من خلال معادلة التفاعل أو العملية.

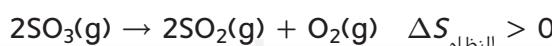
1. يمكن التبؤ بالتغييرات في الإنتروبي المرتبط بتغيير الحالة الفيزيائية للمادة، في المواد الصلبة تكون حركة الجسيمات محدودة. وفي السوائل تكون ذات حرية أكثر للحركة أما في الغازات فتحركة الجسيمات بحرية كبيرة للغاية في الوعاء. وبالتالي يزيد الإنتروبي مع تغير حالة المادة من صلبة إلى سائلة ومن سائلة إلى غازية. النظام ΔS تكون موجبة في حالتي تبخر الماء وانصهار الميثanol.



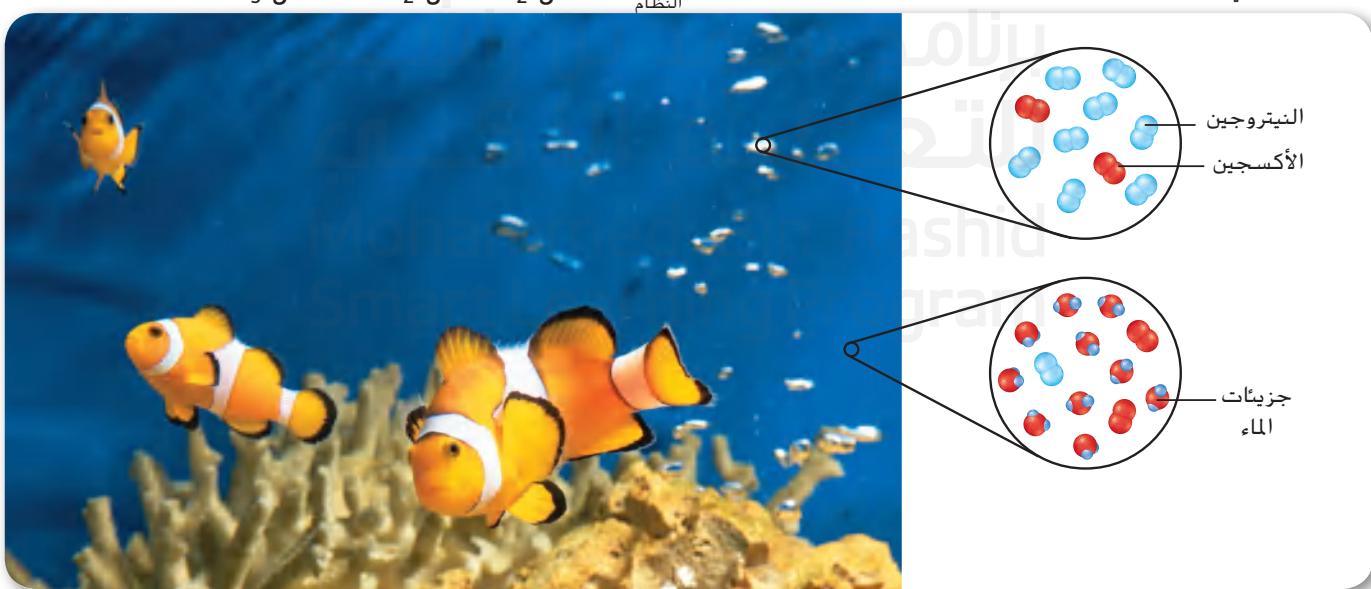
2. إن ذوبان غاز ما في مذيب ينشأ عنه دائمًا انخفاض في الإنتروبي. تتمتع جسيمات الغاز بمزيد من الإنتروبي حين تستطيع التحرك بحرية أكثر مما إذا ذابت في سائل حيث تحد من حركتها وعشوانيتها. النظام ΔS تكون سالبة في حالة ذوبان الأكسجين في الماء كما يظهر في **الشكل 19**.



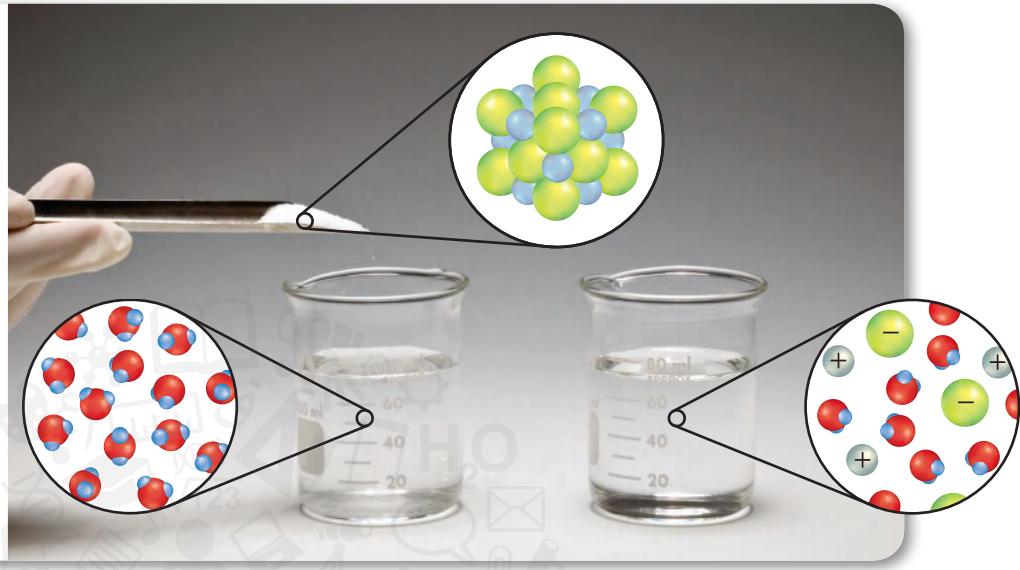
3. على افتراض عدم حدوث أي تغير في الحالة الفيزيائية فإن إنتروبي أي نظام عادة ما يزيد حين يكون عدد مولات الغازات الناتجة أكبر من عدد عدد مولات الغازات المتفاعلة. في التفاعل التالي تكون قيمة النظام ΔS موجبة نظراً لأن عدد مولات الغازات الناتجة أكبر من عدد مولات الغازات المتفاعلة.



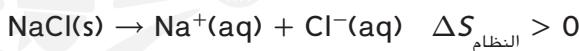
■ **الشكل 19** في الفقاعات، يمكن أن تتحرك جسيمات غازي النيتروجين والأكسجين التي يتكون منها معظم الهواء بحرية أكثر مما إذا تمت إذابتها في ماء حوض السمك.



■ **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 معاً لتكون عدد كبير من الترتيبات العشوائية.



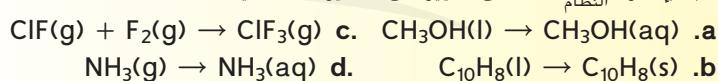
4. مع وجود بعض الحالات الاستثنائية، يزيد الإنتروبي حين تذوب مادة صلبة أو سائلة في مذيب. تتشتت الجسيمات المذابة التي كانت مرتبطة ببعضها قبل الإذابة بداخل المذيب. تصبح الجسيمات المذابة ذات حرية أكبر في الحركة. كما يتضح في **الشكل 20** الخاص بذوبان كلوريد الصوديوم في الماء. تكون قيمة النظام ΔS موجبة.



5. تزيد الحركة العشوائية لجسيمات مادة ما كلما زادت درجة حرارتها. تذكر أن الطاقة الحرارية للجسيمات تزيد بزيادة درجة الحرارة. زيادة الطاقة الحرارية تعني حركة أسرع وعشوائية أكثر للجسيمات. لذلك تزيد إنتروبي أي مادة بزيادة درجة حرارتها. تكون قيمة النظام ΔS موجبة.

تطبيقات

44. تنبأ بإشارة النظام ΔS لكل تغيير من التغيرات التالية:



45. تحدي ما تبؤك بشأن إشارة النظام ΔS للتفاعل
 $\text{Fe(s)} + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn(s)}$

العمليات التلقائية للأرض

بسالم الأحياء

إن البراكين، والمنافذ البركانية، والينابيع الساخنة، والساخنات المائية الطبيعية ما هي إلا دليل على الطاقة الحرارية في باطن الأرض. فالبراكين عبارة عن فتحات في القشرة الأرضية تتدفق منها الصخور المنصهرة (المagma) والبخار والمواد الأخرى. حين تتحرك مياه السطح نحو الأسفل عبر القشرة الأرضية فيمكنها أن تتفاعل مع المagma والصخور الساخنة. أما الماء الذي يعود إلى السطح على هيئة ينابيع ساخنة فتزيد درجة حرارته ليصبح أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط.

الساخنات 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 إنتروبي في هذه العمليات؟

الإنترودي والكون والطاقة الحرجة

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

ما تأثير الإنترودي على تلقائية التفاعل؟ تذكر أن القانون الثاني للديناميكا الحرارية ينص على أن إنترودي الكون تزيد نتيجة للعمليات والتفاعلات التلقائية، لذلك يعد ما يلى صحيحاً في أي عملية تلقائية

$$\Delta S_{\text{الكون}} > 0$$

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

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

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 $\Delta S_{\text{نظام}}$ سالبة. تزيد الحرارة الناتجة عن تفاعل طارد للحرارة من درجة حرارة المحيط ومن ثم تزيد إنترودي المحيط وتصبح قيمة $\Delta S_{\text{المحيط}}$ موجبة.

2. زيادة إنترودي النظام وبالتالي تكون قيمة $\Delta S_{\text{نظام}}$ موجبة.

إذا، فالتفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة التي يصاحبها زيادة في الإنترودي تكون جميعها تلقائية.

الطاقة الحرجة هل يمكنك أن تحدد بالضبط ما إذا كان التفاعل تلقائياً؟ في عام 1878، تعرف جيه ويلارد جيبس وهو عالم فيزياء بجامعة بيل، على دالة علاقه تربط بين المحتوى الحراري والإنترودي سميت الطاقة الحرجة لجيبس وهي تجيب على هذا التساؤل. بالنسبة للتفاعلات أو العمليات التي تحدث بضغط ودرجة حرارة ثابتين، فإن الطاقة الحرجة لجيبس (G) الذي يطلق عليها عادة

الطاقة الحرجة تكون هي الطاقة المتاحة للقيام بالشغل. ومن ثم فإن الطاقة الحرجة تكون طاقة مفيدة. وعلى النقيض فإن بعض الإنترودي مرتبطة بطاقة تنتشر في البيئة المحيطة، كما على سبيل لمثال، الحركة العشوائية للجسيمات، ولا يمكن استعادتها للقيام بعمل معين.

التغير في الطاقة الحرجة (ΔG) هو الفرق بين التغير في المحتوى الحراري للنظام (ΔH) وناتج حاصل ضرب درجة الحرارة بالكلفن في التغير في الإنترودي ($T\Delta S$). لحساب التغير في الطاقة الحرجة يكون من الضروري عادة تحويل الوحدات لأن عادة ما يتم التعبير عن ΔS بوحدة K/L ويتم التعبير عن ΔH بوحدة J .



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

المطويات

خذ معلومات من هذا القسم واكتبه في مطويتك.

معادلة الطاقة الحرجة

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

ΔG يمثل التغير في الطاقة الحرجة.
 ΔH يمثل التغير في المحتوى الحراري T هي درجة الحرارة. ΔS تمثل التغير في الإنترودي.

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

إشارة الطاقة

حين يحدث تفاعل أو عملية ما في ظروف قياسية (298K و 1 atm)

فيمكن التعبير عن التغير في الطاقة الحرجة القياسي كالتالي:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

إذا كانت إشارة التغير في الطاقة الحرجة (النظام ΔG°) سالبة، يكون التفاعل تلقائياً. إذا

كانت إشارة التغير في الطاقة الحرجة موجبة، يكون التفاعل غير تلقائياً.

تذكر أن الطاقة الحرجة هي الطاقة المتوفرة للقيام بشغل. وعلى النقيض

تكون الطاقة المتعلقة بالإنتروبي غير مفيدة لأنها تشتت ولا يمكن استخدامها للشغل.

حساب تغير الطاقة الحرجة

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

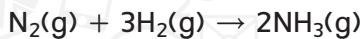
المفردات

المفردات الأكاديمية

يُظهر

يفرض بوضوح

الناس مستعدون لعرض طريقة عمل الجهاز



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

يقل إنتروبي النظام بسبب تفاعل 4 مولات من الجسيمات الغازية بينما ينتج مولين فقط من الجسيمات الغازية فتكون قيمة النظام ΔS° سالبة. يميل التقص في إنتروبي النظام إلى جعل التفاعل غير تلقائي ولكن التفاعلا يكون طارداً للحرارة (النظام ΔH° سالبة) والذي يميل لجعل التفاعل تلقائياً. أي الميلين سيطغى على الآخر، يجب أن نحسب النظام ΔG° للتفاعل. أولاً نحو ΔS° إلى كيلو جول.

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

الآن بالتعويض في المعادلة .

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

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

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

النظام ΔG° لهذا التفاعل سالبة، لذا فالتفاعل تلقائي.

يُظهر التفاعل بين النيتروجين والهيدروجين 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) دائماً يزيد في أي عملية تلقائية. يوضح الجدول 6 كيف تعتمد تلقائية التفاعل على إشارات النظام ΔS° و ΔH° .

الجدول 6 تلقائية التفاعل النظام $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$

تلقائية التفاعل	ΔG° النظام	ΔS° النظام	ΔH° النظام
تلقائي دائمًا	سالب دائمًا	موجب	سالب
تلقائي في درجات حرارة منخفضة	موجب أو سالب	سالب	سالب
تلقائي في درجات حرارة عالية	موجب أو سالب	موجب	موجب
غير تلقائي دائمًا	موجب دائمًا	سالب	موجب

تحديد تلقائية التفاعل لعملية معينة $\Delta H = 145 \text{ kJ}$ و $\Delta S = 322 \text{ J/K}$. هل العملية تلقائية عند $T = 382 \text{ K}$

١ تحليل المسألة

يجب أن تقوم بحساب ΔG لنقرر بشأن التلقائية.

معلوم

$$\text{إشارة النظام} = \Delta G$$

$$T = 382 \text{ K}$$

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

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

٢ حساب المجهول

حول النظام ΔS إلى kJ/K .

$$322 \text{ J/K} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 0.322 \text{ kJ/K}$$

حل معادلة الطاقة الحرارة.

$$\Delta G_{\text{النظام}} = \Delta H - T\Delta S$$

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

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

بما أن ΔG موجبة، فإذا فإن العملية غير تلقائية.

٣ تقييم الإجابة

بما أن ΔH موجبة ودرجة الحرارة ليست عالية بما يكفي لجعل الجزء الثاني من المعادلة أكبر من الأول تكون ΔG موجبة.

تطبيقات

٤٦. حدد ما إذا كان كل تفاعل من التفاعلات التالية تلقائياً:

$$\Delta H_{\text{النظام}} = -75.9 \text{ kJ}, T = 273 \text{ K}, \Delta S_{\text{النظام}} = -138 \text{ J/K} \quad \text{c. } \Delta H_{\text{النظام}} = 365 \text{ kJ}, T = 388 \text{ K}, \Delta S_{\text{النظام}} = -55.2 \text{ J/K. a.}$$

$$\Delta H_{\text{النظام}} = -27.6 \text{ kJ}, T = 535 \text{ K}, \Delta S_{\text{النظام}} = -55.2 \text{ J/K. d. } \Delta H_{\text{النظام}} = 452 \text{ kJ}, T = 165 \text{ K}, \Delta S_{\text{النظام}} = 55.7 \text{ J/K. b.}$$

٤٧. **تحدي** إذا علمت أن $\Delta H_{\text{النظام}} = -36.8 \text{ kJ}$ و $\Delta S_{\text{النظام}} = -144 \text{ J/K}$. حدد أعلى درجة حرارة بالكلفن يكون التفاعل عندها تلقائياً.

القسم 5 مراجعة

ملخص القسم

- الإنترودبي هو مقياس الاضطراب أو العشوائية في نظام ما.
- دائماً ما ينتج عن العملية التلقائية زيادة في إنترودبي الكون.
- الطاقة الحرارة هي الطاقة المتاحة للقيام بالشغل. تشير إشارة التغير في الطاقة الحرارة إلى ما إذا كان التفاعل تلقائياً أم لا.

٤٨. **الفكرة الرئيسية** قارن بين التفاعلات التلقائية والتفاعلات غير التلقائية.

٤٩. **صف** كيف تغير إنترودبي نظام ما إذا أصبح النظام أكثر اضطراباً خلال عملية ما.

٥٠. **قور** هل تزيد أو تقل إنترودبي أي نظام ما عند ذوبان مكعب من السكر في كوب من الشاي؟ عرف النظام وفسر إجابتك.

٥١. **حدّد** ما إذا كان النظام التالي تلقائي أم غير تلقائي $\Delta H_{\text{النظام}} = -35.0 \text{ kJ/K}$, $\Delta S_{\text{النظام}} = 298 \text{ J/K}$, $T = 20.5 \text{ K}$

٥٢. **لخّص** استعن بالعناوين الرئيسية الزرقاء والحرماء لتلخيص هذا القسم. تحت كل عنوان قم بتلخيص الأفكار الرئيسية التي تمت مناقشتها

كيف تعمل؟

القيادة في المستقبل: السيارات ذات المرونة في استعمال الوقود

لن تقوم محطات خدمة السيارات في المستقبل الذي ليس بعيد بتقدم أنواع مختلفة من الجازولين فقط ولكنها ستقوم أيضاً بضخ وقود من نوع E85. هذا الوقود يمكن استخدامه في السيارات المرونة في استعمال الوقود أو المعروفة بـ FFV. تعمل السيارات التقليدية بوقود جازولين 100% أو بخلط من 10% إيثانول و90% جازولين. إلا أن السيارات المرونة في استعمال الوقود يمكنها أن تعمل بهذه الأنواع وأيضاً بالنوع E85 والذي هو عبارة عن 85% إيثانول. يتميز وقود E85 بأنه لا يعتمد بصورة كبيرة على الوقود الأحفوري.



الكتابة في الكيمياء

اكتُب المعادلات الكيميائية الحرارية للاحتراق الكامل لمول واحد من الأوكتان (C_8H_{18}). وهو من مكونات الجازولين. ولاحظ مول واحد من الإيثanol.

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

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

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

1 الموارد المتتجددة

عبارة عن 15% جازولين و85% إيثانول. الإيثانول (C_2H_5OH) وقود متجدد يمكن إنتاجه محلياً.

3 شروط الاحتراق

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

4 من الأضرار

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 أيضاً من الفولاذ أو تكون مبطنة بمادة غير نشطة كيميائياً.

مختبر الكيمياء

قياس السعرات الحرارية



التحليل والنتائج

١. صنف. هل التفاعل ماص للحرارة أم طارد للحرارة؟ فسر كيف تعرف ذلك.
٢. لاحظ واستدل صف المادة المتفاعلة والمادة الناتجة في التفاعل الكيميائي. هل تم استنفاد مادة التفاعل (رقافة البطاطس) بالكامل؟ ما الدليل الذي يدعم إجابتك؟
٣. 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.
٤. احسب حول كمية الحرارة من جول / للرقافة إلى سعر حراري / للرقافة.
٥. احسب باستخدام المعلومات الموجودة على علبة رقائق البطاطسا احسب كتلة حصة واحدة بالجرام. احسب عدد السعرات الحرارية في حصة واحدة. استخدم بياناتك لحساب عدد السعرات الحرارية الناتجة عن احتراق حصة واحدة.
٦. تحليل الخطأ قارن سعراتك الحرارية التي حسبتها لكل حصة بالقيمة الواردة على عبوة الرقائق. احسب النسبة المئوية للخطأ.
٧. احسب متوسط نتائج مجموعات طلاب الصف وقارنها مع القيمة الواردة على علبة الرقاقة. لم ستؤدي المزيد من البيانات إلى نتائج أكثر دقة؟

التوسيع في الاستقصاء

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

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

السؤال: كم عدد السعرات الحرارية في رقاقة البطاطس؟

المواد

رقافة 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 الثقب
ساق تقليل
الميزان

احتياطيات السلامة

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

الإجراءات

١. اقرأ تعليمات السلامة لهذه التجربة قبل البدء في العمل.
٢. قس كتلة رقاقة البطاطسا وسجلها في جدول البيانات.
٣. ضع رقاقة البطاطسا في طبق تبخير على القاعدة المعدنية للحامل الحلقى. اضبط وضعية الحلقة والمشبك المعدني بحيث تصبح أعلى رقاقة البطاطسا بـ 10 cm.
٤. قس كتلة كأس فارغ سعة 250 mL وسجلها في جدول البيانات.
٥. مستخدماً مighbار مدرج، قس 50 mL من الماء وقم بوضعه في الكأس. قس كتلة الكأس والماء وسجلها في جدول البيانات.
٦. قس درجة الحرارة الأولية للماء وسجلها.
٧. ضع الكأس على المشبك المعدني على الحامل الحلقى واستخدم عود ثقب لإشعال رقاقة البطاطسا من أسفل.
٨. قلب الماء في الكأس بلطف بينما تحرق الرقاقة. قس أعلى درجة حرارة تم الحصول عليها في الماء وسجلها.
٩. **التنظيف والتخلص من الفضلات** اغسل جميع معدات المختبر وأعدها إلى مكانها المخصص.

الفكرة الرئيسية عادةً ما تمتلك التفاعلات الكيميائية الطاقة أو تطلقها.

القسم 1 الطاقة

المفردات

- الطاقة
- قانون حفظ الطاقة
- الطاقة الكامنة الكيميائية
- الحرارة
- سعر حراري
- جول
- الحرارة النوعية

الفكرة الرئيسية الطاقة يتغير شكلها وتنتقل ولكنها دائمةً محفوظة.

• الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.

• الطاقة الكيميائية الكامنة هي طاقة مخزنة في الروابط الكيميائية لمادة ما نتيجة ترقب الذرات والجسيمات.

• تطلق الطاقة الكيميائية الكامنة أو تُمتص على شكل حرارة أثناء العمليات أو التفاعلات الكيميائية.

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

القسم 2 الحرارة

المفردات

- الكالوريوميتير "المسعر"
- الكيمياء الحرارية
- النظام
- المحيط
- الكون
- التغير في المحتوى الحراري
- حرارة التفاعل

الفكرة الرئيسية التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما هو التغير في المحتوى الحراري للنواتج مطروحاً 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 ماصاً للحرارة. عندما تكون ΔH سالبة، يكون التفاعل طارداً للحرارة.

القسم 3 المعادلات الكيميائية الحرارية

المفردات

- المعادلة الكيميائية الحرارية
- حرارة التفاعل
- الحرارة المولية للتبيخir
- الحرارة المولية للانصهار

الفكرة الرئيسية 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 للتبيخir, ΔH_{vap} , هو مقدار الطاقة المطلوبة للتبيخir مول واحد من السائل.

• الحرارة المولية للانصهار, ΔH_{fus} , هو مقدار الطاقة المطلوبة لصهر مول واحد من المادة

الصلبة.

القسم 4 حساب التغير في المحتوى الحراري

المفردات

- قانون هس
- حرارة التكوين القياسية

الفكرة الرئيسية 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 اعتماداً على حرارة التكوين القياسية لعناصرها في حالاتها القياسية.

$$\Delta H_{rxn}^{\circ} = \sum \Delta H_f^{\circ} - (\text{النواتج})$$

(المتفاعلات)

القسم 5 تلقائية حدوث التفاعلات

المفردات

- عملية تلقائية
- الإنترولي
- القانون الثاني للديناميكا الحرارية
- الطاقة الحرية

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

• الإنترولي هو مقياس الانضطراب أو العشوائية في نظام ما.

• غالباً ما ينشأ عن العمليات التلقائية زيادة في إنترولي الكون.

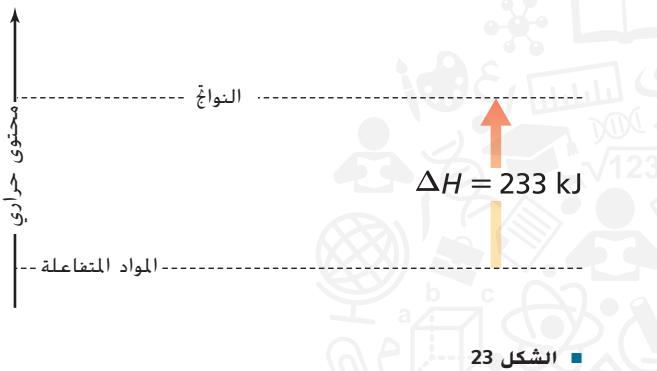
• الطاقة الحرية هي الطاقة المتاحة للشغل. تشير إشارة التغير في الطاقة الحرية إلى ما إذا كان التفاعل تلقائياً أم لا.

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

القسم 2

إتقان المفاهيم

- 68.** لم يستخدم كوب من البلاستيك الرغوي كمسعر خاص بالطلاب بدلاً 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 إشارة ΔH لتفاعل طارد للحرارة؟ ولتفاعل ماص للحرارة؟

إتقان حل المسائل

74. كم جولاً من الحرارة تفقده كتلة جرانيت مقدارها 3850 kg عندما تقل درجة حرارتها من 41.2°C إلى 12.9°C ? الحرارة النوعية للجرانيت هي $(0.803 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C})$.

75. حمام سباحة حمام سباحة أبعاده هي $20.0 \text{ m} \times 12.5 \text{ m} \times 3.74 \text{ m}$ 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 44.7 g حين ترتفع درجة حرارتها بمقدار 56.4°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 الحرارة النوعية لزيت الكانولا؟

78. السبانك عند وضع قطعة من سبيكة ساخنة كتلتها 58.8 g في 125 mL الماء البارد في كالوريومتر. تقل درجة حرارة السبيكة بمقدار 106.1°C . بينما ترتفع درجة حرارة الماء بمقدار 10.5°C . ما الحرارة النوعية لهذه السبيكة؟



الشكل 22 ■

59. صف ما يمكن أن يحدث في الشكل 22 حين يكون الهواء أعلى سطح البحيرة أبْرَد من الماء.

60. الحرارة النوعية للإيثانول هي $(g^{\circ}\text{C})/\text{J}$ 2.44. مَا ذَيْنَى هذَا؟

61. اشرح كيف يتم حساب كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم ما.

إتقان حل المسائل

- 62.** **تغذية** عنصر غذائي يحتوي على Cal 124. ما عدد السعرات الموجودة في هذا العنصر الغذائي؟

63. كم جول يتم امتصاصها في عملية تبخر 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 cal . كم كيلو جول يلزم لتبخير نفس الكتلة من الأمونيا؟

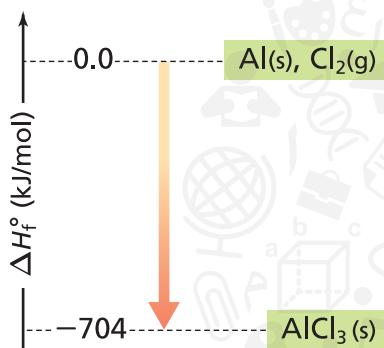
66. يحرر مول واحد من الإيثانول 326.7 Cal من الطاقة أثناء الاحتراق. كم كيلو جول يتحرر؟

67. **علم المعادن** مسمار كتلته 25.0 g مصنوع من سبيكة يمتلك 250 J من الحرارة عندما تتغير درجة حرارته من 25.0°C إلى 78.0°C . فما الحرارة النوعية للسبيكة؟

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 ثلاثة مرات ويتم عكس المعادلة؟

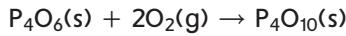


■ الشكل 25

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

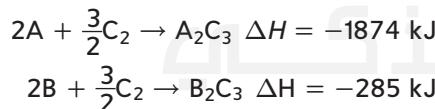
إتقان حل المسائل

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



93. استخدم قانون هس والمعادلات الكيميائية الحرارية التالية لتكوين المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل، (جرافيت \rightarrow $C(s)$ ، ماس \rightarrow $C(s)$) ما قيمة ΔH للتفاعل؟
- a. $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H = -394 \text{ kJ}$
- b. $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H = -396 \text{ kJ}$

94. استخدم قانون هس والتغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلين التاليين لحساب ΔH للتفاعل



القسم 5

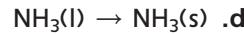
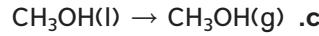
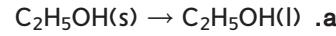
إتقان المفاهيم

95. في أي ظروف يحتمل أن يصبح التفاعل الكيميائي الماصل للحرارة والذي تزداد فيه إنتروبي النظم تلقائياً؟

القسم 3

إتقان المفاهيم

79. ما إشارة النظام ΔH لكل تغير من تغيرات الحالة الفيزيائية التالية:

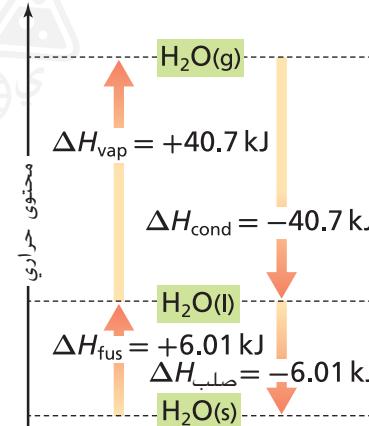


80. الحرارة المولية لانصهار الميثanol تبلغ 3.22 kJ/mol ماذا يعني هذا؟

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. شوأ ما كتلة البروبان (C_3H_8) التي يجب حرقها لإنتاج 4560 kJ من الحرارة؟ حرارة احتراق البروبان بالفحم 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 تكثيف 1255 g من الماء على هيئة سائل عند درجة حرارة 100°C ؟

88. عينة أمونيا (-5.66 kJ/mol) يتحرر منها ΔH_{solid} من الحرارة أثناء تحولها للحالة الصلبة عند درجة الانصهار. ما كتلة العينة؟

- 105. ركوب الدراجات** صف التحول في الطاقة الذي يحدث حين ينحدر راكب دراجة على منحدر طویل، ثم يقاوم لصعود المندحر.

106. المشي لمسافات طويلة تخيل أنك قررت في يوم بارد أن تأخذ ملوك ترموس من الحساء الساخن وأنت تنزه سيراً لمسافة طويلة. وضح لم ينبع غسل الترموس بالماء الساخن أولاً قبل وضع الحساء الساخن فيه.

107. فرق بين حرارة تكوين كل من $\text{H}_2\text{O}(g)$ و $\text{H}_2\text{O}(l)$. لم يكون من الضروري تحديد الحالة الفيزيائية للماء في المعادلة الكيميائية التالية:

$$\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l \text{ or } g) \quad \Delta H = ?$$

96. تنبأ كيف يتغير إنترالبيبي النظام للتفاعل $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ فسر إجابتك.

97. أي من هذه التفاعلات تتوقع أن يكون تلقائياً في درجات حرارة عالية نسبياً؟ وأيهما تتوقع أن يكون تلقائياً في درجات حرارة منخفضة نسبياً؟ فسر إجابتك.

a. $2\text{NH}_3(g) \rightarrow \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \quad \Delta H_{\text{نظام}} = 92 \text{ kJ}$

b. $2\text{NO}_2(g) \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4(g) \quad \Delta H_{\text{نظام}} = -58 \text{ kJ}$

c. $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g) \quad \Delta H_{\text{نظام}} = 178 \text{ kJ}$

98. وضح كيف يغير تفاعل طارد للحرارة إنترالبيبي البيئة المحيطة به؟ هل التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل، يزيد أم يقل، الناتج؟

التفكيير الناقد



الشكل 27 ■

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

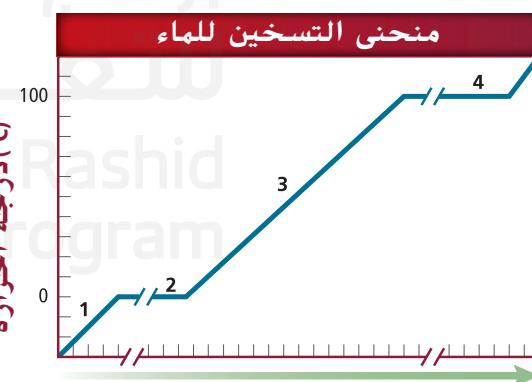
109. طبق بعد كلوريد الفوسفور مادة أولية في تحضير مركبات الفوسفور العضوية. وضح كيف يمكن استخدام المعادلين الكيميائيتين الحراريتين **a** و **b** لتحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل (s) $\text{PCl}_3(\text{l}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{PCl}_5(\text{s})$

$$\text{P}_4(\text{s}) + 6\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{PCl}_3(\text{l}) \quad \Delta H = -1280 \text{ kJ} \quad \text{a}$$

$$\text{P}_4(\text{s}) + 10\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{PCl}_5(\text{s}) \quad \Delta H = -1774 \text{ kJ} \quad \text{b}$$

110. احسب لنفترض أن هناك قطعتين من الحديد كتلة إحداثها ضعف كتلة الأخرى تماماً وهما موضوعتان في كالوريوميتر. إذا كانت درجتي الحرارة الابتدائية للقطعة الأكبر للقطعة 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. تبأ أي من المركبين. غاز الميثان (CH_4) أو بخار الميಥانال (CH_2O). يمتلك حرارة احتراق أكبر. فسر إجابتك. (تمرين: اكتب وقارن بين المعادلات الكيميائية الحرارية لتفاعلية الاحتراق).



الشكل 26

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

مسألة تحدي

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 بحثاً عن استخدام الرياح كمصدر للطاقة الكهربائية. أشرح مزايا وعيوب استخدامها.

DBQ أسئلة تعتمد على المستند

زيت الطهي قامت مجموعة بحث جامعية بحرق أنواع من زيوت الطهي في مسغر 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 بعضها 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 تتحرف بقدار 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 بنسليان.

الجدول 7 نتائج احتراق الزيوت	
ΔH_{comb} (kJ/mol)	نوع الزيت
40.81	زيت الصويا
41.45	زيت الكانولا
39.31	زيت الزيتون
40.98	زيت زيتون بكر استثنائي

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

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

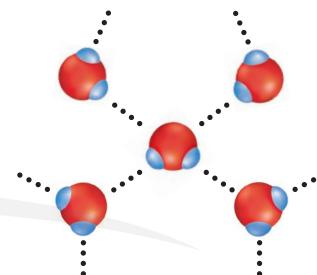
121. افترض أنه تم حرق 12.2 g من زيت الصويا واستخدمت الطاقة الناتجة جمعتها في تسخين 1600 Kg من الماء درجة حرارته الابتدائية 20°C . ما هي درجة الحرارة النهائية للماء؟

122. يمكن استخدام الزيوت كوقود. كم جرام من زيت الكانولا يجب حرقها لتوفير الطاقة اللازمة لتبيخir 25 g من الماء؟ ($\Delta H_{\text{vap}} = 40.7 \text{ kJ/mol}$).

112. تم تحليل عينة غاز طبيعي ووجد أنها تحتوي على 88.4% ميثان (CH_4) و 11.6% 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 مستخدماً 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 d. P_4O_{10}
114. حدد الكتلة المولية للمركبات التالية:
 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ b.



■ الشكل 28

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

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

تراكمي تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

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

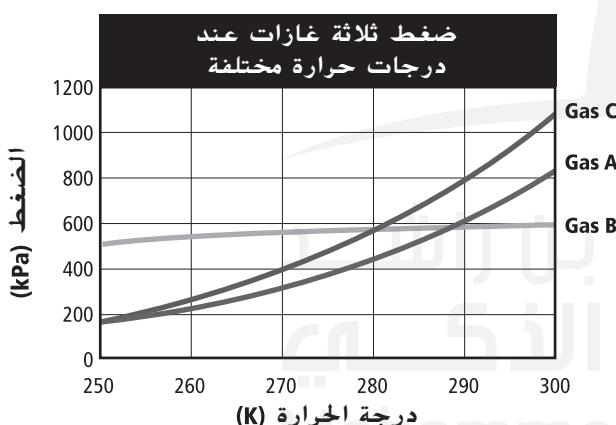
6. ما الرابطة الأكثر قطبية؟

- H-N .C H-H .A
H-O .D H-C .B

7. العنصر Q لديه تأكسد +2، بينما العنصر M لديه تأكسد -3. ما الصيغة الصحيحة لمركب مكون من العنصرين M و Q ؟

- Q₃M₂ .C Q₂M₃ .A
M₃Q₂ .D M₂Q₃ .B

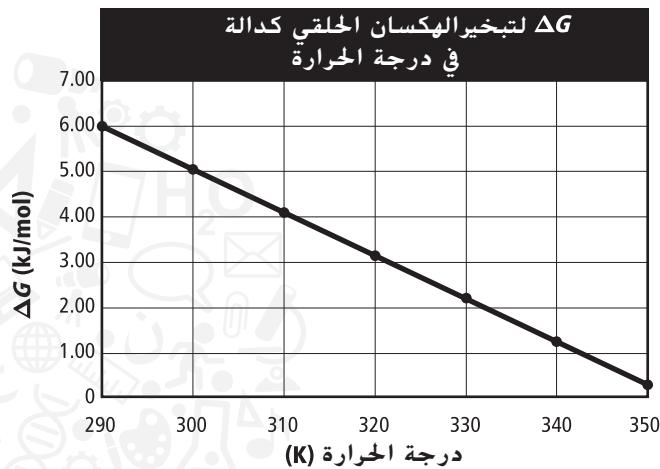
استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة على السؤال 8



8. ما ضغط الغاز B عند K 295 ؟

- 700 kPa .C 500 kPa .A
900 kPa .D 600 kPa .B

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



1. في نطاق درجات الحرارة الموضحة، فإن تبخر الهكسان الحلقي

- A. لا يحدث مطلقاً.
B. سوف يحدث تلقائياً.
C. غير تلقائي.
D. يحدث فقط في درجات الحرارة العالية.

2. ما الطاقة الحرية القياسية لتبخر الهكسان الحلقي $\Delta G_{\text{vap}}^{\circ}$ عند K 300 ؟

- 3.00 kJ/mol .C 5.00 kJ/mol .A
2.00 kJ/mol .D 4.00 kJ/mol .B

3. عندما يتم رسم $\Delta G_{\text{vap}}^{\circ}$ مقابل درجة الحرارة فإن ميل الخط يساوي $\Delta S_{\text{vap}}^{\circ}$ مما قيمة

- 5.0 J/mol·K .C -50.0 J/mol·K .A
-100 J/mol·K .D -10.0 J/mol·K .B

4. ما الذي يكونه فلز الإيتريوم، والذي عدده الذري 39 ؟

- A. أيونات موجبة.
B. أيونات سالبة.
C. كل من الأيونات الموجبة والسالبة.
D. لا يكون أي أيونات على الإطلاق.

5. تبعاً للتفاعل $2\text{Al} + 3\text{FeO} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Fe}$ ما النسبة المولية بين أكسيد الحديد (II) وأكسيد الألمنيوم ؟

- 3:2 .C 2:3 .A
3:1 .D 1:1 .B

اختبار الكفاءة الدراسية في مادة: الكيمياء (SAT)

14. الحرارة النوعية للإيثانول $2.44 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$. فكم كيلو جول من الطاقة يلزم لتسخين 50.0 g من الإيثانول من 20.0°C إلى 68.0°C ؟
 A. 1.22 kJ B. 10.7 kJ C. 2.44 kJ D. 5.86 kJ E. 8.30 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 الحرارة النوعية للألمنيوم؟
 A. $0.131 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ B. $0.261 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ C. $0.870 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ D. $2.61 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ E. $0.897 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$

استعن بالجدول أدناه للإجابة على السؤالين 16 و 17.

بيانات الكثافة والسائلية الكهربائية للعناصر

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

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

- A. الألمنيوم
 B. المغنيسيوم
 C. الكريبيون
 D. النحاس
 E. الكبريت

17. أي عنصرين يتحملان أن يكونا رابطة أيونية؟
 A. الكريبيون والكبريت
 B. الألمنيوم والمغنيسيوم
 C. النحاس والكبريت
 D. المغنيسيوم والفلور
 E. الألمنيوم والكريبيون

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استعن بالشكل أدناه للإجابة على الأسئلة 9 إلى 11.

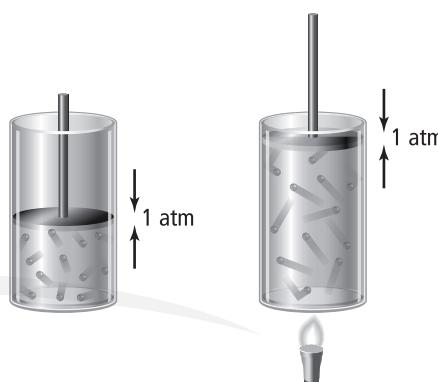
S: Cl: Ar: K: Ca:

9. فسر عدم إمكانية تكوين الأرجون لمركب.
 10. ما الصيغة الكيميائية لكلوريد الكالسيوم؟ فسر سبب تكون هذا المركب الأيوني باستخدام الترميز النقطي للإلكترون الموضح أعلاه.
 11. استعن بالترميز النقطي للإلكترون لتفسير الشحنة الكهربائية للكبريت عندما يُكون 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 ثابتاً، 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.