القسم 1

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

الطاقة الحركية عرّف الطلاب بمقياس كلفن. اطلب من الطلاب تحويل الحرارة من 0°C إلى كلفن. 273 K عرّف الطلاب بفكرة الصفر المطلق أو 0 K. أخبرهم أنّ العلماء يعتقدون أنّ المادة عند 0 K لديها أقل كمية ممكنة من الطاقة الحرارية وتتحرّك الجسيمات التي تكوّن المادة ببطء شديد لدرجة أنها تبدو وكأنّها لا تتحرّك على الإطلاق. اسأل الطلاب عمّا يعنيه ذلك بخصوص الجسيمات التي تُكوّن المادة عند درجة حرارة 273 K. يجب أن تتحرّك الجسيمات المفردة، حتى في المواد الصلبة.

سؤال عن النص

إنهما متشابهان لأنهما يتكوّنان من جزيئات من الماء. ويختلفان في كمية الطاقة الحركية التي تحتوي عليها الجزيئات وفي المسافة بين الجسيمات.

الربط بالمعرفة السابقة

درجة الحرارة والوقود اسأل الطلاب إذا سبق لهم أن سمعوا عن تجمّد أنبوب وقود أو عن الحبس البخاري. في حالة الحبس البخاري، الذي يحدث عادةً في الصيف، يتبخّر الوقود عند نقطة ساخنة، مُسبّبًا امتلاء أنبوب الوقود جزئيًا بالبخار. يسبّب ذلك مشكلات لمضخة وقود السيارة التي صُمّمت لضخ سائل لا بخار. وفي الشتاء، يمكن أن يتجمّد الماء الناتج عن التكاثف في خزان البنزين ويسد أنبوب الوقود. ناقش مع الطلاب طريقة تأثير درجة الحرارة في حالة مادة الوقود.

التوقُّع والاستباق

يُرجَّح أن يكون الطلاب على معرفة بمفاهيم حالات المادة الصلبة والسائلة والغازية. اطلب منهم تفحّص القسم للبحث عن مفردات جديدة. اقترح عليهم قراءة الأشكال والتعليقات للحصول على تلميحات عن المعنى. اطلب من الطلاب إعداد قائمة بالكلمات التي ليسوا على معرفة بها وملء التعريفات أثناء قراءتهم للقسم.

القسم 1

تمهيد للقراءة

الأسئلة الرئيسة

- ما النظرية الحركية للمادة؟
- كيف تتحرّك الجسيمات في حالات المادة المختلفة؟
- ما سلوكيات الجسيمات عند درجات الغليان والانصهار؟

مفردات للمراجعة

الطاقة الحركية kinetic energy: طاقة الحركة energy of motion

مفردات جديدة

النظرية الحركية kinetic theory
درجة الانصهار melting point
حرارة الانصهار heat of fusion
درجة الغليان boiling point
حرارة التبخير heat of vaporization
التسامي sublimation
البلازما plasma
التمدّد الحراري thermal expansion

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

المادة والطاقة الحرارية

الفكرة الرئيسة **قد توجد المادة في حالة صلبة أو سائلة أو غازية أو بلازمية.**

روابط من القراءة بالحياة اليومية يمكن أن يكون الماء مشروبًا باردًا منعشًا أو سطحًا صلبًا للتزحلق عليه أو غازًا ساخنًا خطيرًا. فسلوك الماء يعتمد على حالته.

النظرية الحركية

تلاحظ المواد الصلبة والسائلة والغازية في كل يوم. انظر إلى **الشكل 1**. هل يمكنك تحديد حالات المادة الواردة؟ الشاي هو في الحالة السائلة. ومكعّبات الثلج التي جرى وضعها في الشاي لتبريده هي في الحالة الصلبة. ويحيط بالكوب ماء في الحالة الغازيّة، كجزء من الهواء. ما أوجه الإختلاف بين تلك الحالات؟

الحالة الغازية لفهم حالات المادة، يجب علينا التفكير في الجسيمات التي تكوّن المادة. فكّر في الهواء المحيط بك، إنّه يتكوّن من النيتروجين والأكسجين وبخار الماء، بالإضافة إلى غازات أخرى. وتكون تلك الذرات والجزيئات، وهي الجسيمات التي تكوّن الهواء، في حالة حركة مستمرة. **النظرية الحركية هي** تفسير لسلوك الجسيمات الموجودة في الغازات. لشرح سلوكيات الجسيمات، من الضروري وضع بعض الافتراضات الأساسية. في ما يلي افتراضات النظرية الحركية:

1. تتكوّن المادة من جسيمات دقيقة (ذرات وجزيئات وأيونات).
2. تكون تلك الجسيمات في حالة حركة مستمرة عشوائية.
3. تصطدم الجسيمات بعضها ببعض وبجدران أي وعاء توضع فيه.
4. إنّ كمية الطاقة التي تفقدها الجسيمات نتيجة لتلك التصادمات طفيفة.

الشكل 1 الماء هو مادة يمكن أن يوجد في حالات المادة الثلاثة الثلاث في الوقت نفسه.
حدّد حالتي الماء الصلبة والسائلة في هذه الصورة.

سؤال حول الشكل 1
إنّ الماء الموجود في الشاي والتكاثف خارج الإبريق عبارة عن سائل. إنّ مكعبات الثلج الموجودة في الشاي عبارة عن مادة صلبة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يوضّح الشكل 2 النظرية الحركية نموذجًا الجسيمات التي تُكوّن المادة في الحالة الغازية. وليس للغازات حجم أو شكل ثابتان لأن جسيماتها تكون في حالة حركة مستمرة، متصادمةً بعضها مع بعض ومع جدران أوعيتها. بدلًا من ذلك، فإنّ الجسيمات التي تُكوّن أي غاز تنتشر لتملأ أي وعاء توجد فيه.

الحالة السائلة على الرغم من أنّ النظرية الحركية تفسّر سلوكيات جسيمات الغاز، إلا أنّ بعض افتراضات النظرية تنطبق على المواد السائلة والصلبة أيضًا. تكون جسيمات المادة في الحالة السائلة، المبيّنة في الشكل 2، أيضًا في حالة حركة مستمرة، على الرغم من كونها لا تتحرّك بالسرعة نفسها التي كانت ستتحرّك بها إذا كانت المادة في الحالة الغازية. لذلك، إنّ الجسيمات التي تُكوّن مادة ما في حالة سائلة لها طاقة حركية أقل من الطاقة الحركيّة للمادة نفسها عندما تكون في الحالة الغازيّة.

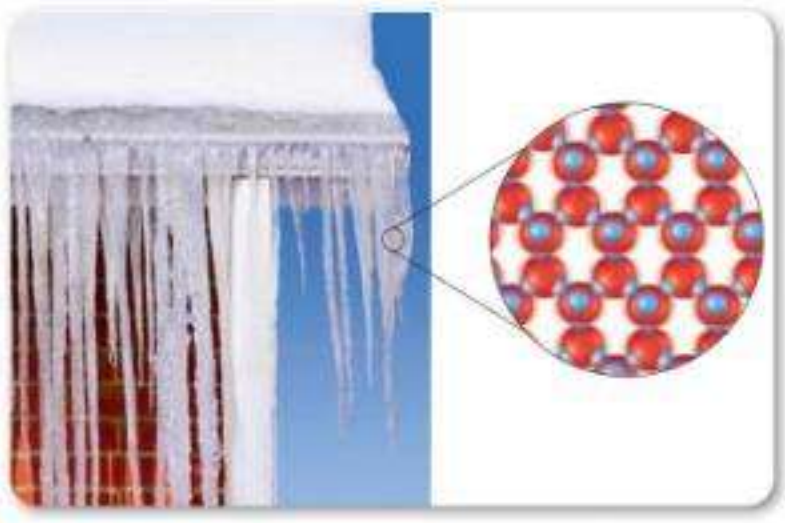
بما أنّ طاقة الجسيمات أقل، فإنّ قدرتها على التغلّب على قوى الجذب التي تربطها معًا أقل. لذا يُمكن لحركة الجسيمات أن تتزلق بمحاذاة بعضها البعض، سامحةً للسائل بالتدفّق وأخذ شكل الوعاء الموجود فيه. غير أنّ الجسيمات التي تُكوّن السائل تتماسك مع بعضها، لأنها لم تتغلّب تمامًا على قوى الجذب بينها، مما يمنح السائل حجمًا محدّدًا.

الحالة الصلبة بعكس الغاز أو السائل، فإنّ المادة الصلبة لها شكل وحجم مُحدّدان. تكون الجسيمات التي تُكوّن المادة الصلبة متقاربة من بعضها بإحكام، كما هو مُبيّن في الشكل 2. لا تزال تلك الجسيمات في حالة حركة، إلّا أنّ لها طاقة حركية ضئيلة جدًا لدرجة أنّ الجسيمات لا تقدر على التغلّب على قوى الجذب التي تربطها معًا.

يكون الكثير من المواد الصلبة بلورية، مما يعني أنّ لجسيماتها ترتيبات هندسية معيّنة. يُبيّن الشكل 3 الترتيب الهندسي للثلج. لاحظ أنّ ذرات الهيدروجين والأكسجين تتناوب في الترتيب.

■ **الشكل 2** تختلف المواد الصلبة والسائلة والغازية في طريقة حركة جسيماتها. وتفسّر أوجه الاختلاف تلك خصائصها المرئية.

قارن بين كل حالة من حالات المادة من حيث الشكل والحجم.



■ **الشكل 3** الثلج هو مادة صلبة بلورية، أي أنّ لجسيماتها ترتيب هندسيّ معيّن. بالرغم من أنّ الثلج لا تبدو عليه الحركة، إلّا أنّ جزيئاته تهتز في أماكنها.

2 التدريس

عرض توضيحي سريع

ملاحظة بلورات الملح

المواد بلورات ملح أو مجهر أو عدسة مكبرة

الزمن المقدّر 10 دقائق

الإجراء اطلب من الطلاب ملاحظة الشكل المكعّب المنتظم لبلورات الملح تحت مجهر أو بواسطة عدسة مكبرة.

استخدام تشبيه

الأحداث الرياضية تُشبه حالات المادة الجمهور الموجود في حدث رياضي. يُشبه الأشخاص عند جلوسهم، الجسيمات في المادة الصلبة، إذ يمكنهم الحركة في أماكنهم من دون الذهاب إلى أي مكان. ويشبه الأشخاص الموجودون في الممرات الجسيمات في السائل، إذ يتحرّك بعضهم بمحاذاة بعض لكنهم ليسوا أحرارًا ليتحركوا مبتعدين بعضهم عن بعض. وعند الوصول إلى موقف السيارات، يصبح الأشخاص أحرارًا في الحركة بعشوائية. وكذلك تكون الجسيمات في الغاز.

■ **سؤال حول الشكل 2**

إنّ شكل المادة الصلبة وحجمها ثابتان. وحجم السائل ثابت، إلا أنّ شكله يتغيّر ليأخذ الإناء الموجود فيه. ويتغيّر كل من حجم وشكل الغاز ليأخذا حجم وشكل الإناء الموجود فيه.

التعلم بالوسائل البصرية

الثقوب في الجليد اطلب من الطلاب شرح سبب تمثيل الشكل 3 طبقة واحدة من جزيئات الماء فقط.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تحديد المفاهيم الخاطئة

البخار قد يعتقد الطلاب أنّ البخار هو الماء في الحالة الغازية. في الواقع، إنّ البخار هو قُطيرات الماء السائل الذي تكثّف من الماء الغازي في الهواء. ويكون الماء في الحالة الغازية غير مرئيّ.

النشاط

الارتفاع والطهي اطلب من الطلاب فحص ملصقات الأطعمة مثل خلطات الكعك. على الأرض، ينخفض ضغط الهواء مع ازدياد الارتفاع. اطلب من الطلاب تحديد تأثير الارتفاع في زمن الطهي ودرجة الحرارة بالنسبة إلى تلك العناصر. ص م ع

المفردات

مفردات أكاديمية

محدّد definite

ذو حدود ظاهرة أو مميّزة لقد وضع المعلم معايير محدّدة للطلاب ليستوفوها.

الطاقة الحرارية فكّر في الثلج المبيّن في **الشكل 3**. كيف يمكن أن يكون للثلج المتجمّد حركة؟ تبقى الجسيمات التي تكوّن المواد الصلبة في أماكنها بإحكام بواسطة قوى الجذب بينها. فتمنح قوى الجذب تلك المواد الصلبة شكلًا وحجمًا محدّدين. ومع ذلك، تبقى الجسيمات التي تكوّن المادة الصلبة في حالة حركة مستمرة، إذ تُسبّب الطاقة الحرارية اهتزاز الجسيمات.

إنّ الطاقة الحرارية هي الطاقة الإجمالية لجسيمات مادة ما. يتضمّن ذلك الطاقة الحركية للجسيمات بالإضافة إلى طاقة الوضع الخاصة بها. ويُعتبَر كلٌ من الطاقة الناتجة عن حركة الجسيمات المنفردة والطاقة الناتجة عن القوى التي تعمل داخل الجسيمات أو بينها من أشكال الطاقة الحرارية. بينما لا تُعتبر الطاقة الناتجة عن حركة الجسم ككل ولا الطاقة الناتجة عن تفاعل الجسم مع ما يحيط به طاقةً حراريةً.

درجة الحرارة درجة الحرارة هي المصطلح المستخدَم للتعبير عن مدى سخونة أو برودة جسم ما. تمثّل درجة الحرارة معدّل الطاقة الحركية للجسيمات التي تتألّف منها المادة. وفي المتوسط، يكون لجزيئات الماء عند درجة حرارة 0°C طاقة حركية أقل من جزيئات الماء عند درجة حرارة 100°C.

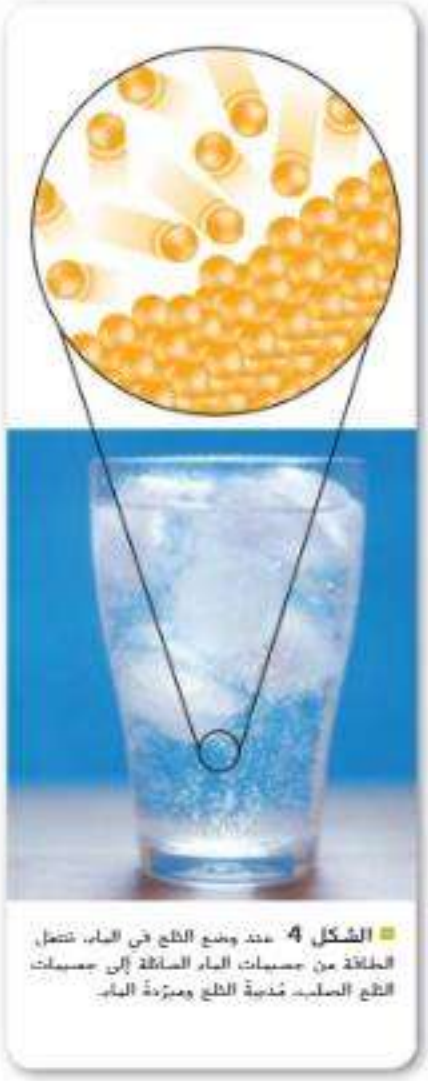
تغيُّرات الحالة

ما الذي يحدث لمادة صلبة عند إضافة طاقة حرارية إليها؟ فكّر في الثلج المبيّن في **الشكل 4**. تتحرّك الجسيمات التي تكوّن الماء بسرعة وتتصادم مع الجسيمات التي تكوّن مكعب الثلج. تنقل تلك التصادمات الطاقة من الماء إلى مكعّب الثلج. تهتزّ الجسيمات الموجودة عند سطح مكعب الثلج بشكل أسرع، ناقلةً الطاقة إلى جسيمات أخرى موجودة في مكعب الثلج.

الانصهار والتجمُّد سرعان ما تكتسب الجسيمات التي تكوّن مكعب الثلج طاقة حركية كافية للتغلُّب على قوى الجذب التي تُبقيها في تركيبها البلوري، ويذوب الثلج. إنّ **درجة الانصهار** هي درجة الحرارة التي تتحوّل عندها المادة الصلبة إلى مادة سائلة. من الضروريّ وجود طاقة لتتحرّر الجسيمات من الترتيب المنظَّم للمادة الصلبة. أما **حرارة الانصهار**، فهي الطاقة اللازمة لتحويل مادة ما من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة انصهارها.

يسبّب انتقال الطاقة بين جسيمات المادة السائلة والمادة الصلبة انصهار الجليد. ولكن ما الذي يحدث لجسيمات المادة السائلة عندما تتصادم مع المادة الصلبة؟ تبطؤ جسيمات المادة السائلة لأنّ لها طاقة حركية أقل. وعندما يحدث المزيد من تلك التصادمات، يقلّ متوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة السائلة فتبرد.

التجمُّد هو عكس الانصهار. فعند انخفاض درجة حرارة مادة سائلة، يقلّ متوسط الطاقة الحركية للجزيئات. وعند إزالة قدر كافٍ من الطاقة، تصبح الجزيئات ثابتة في مواقعها. إنّ درجة التجمُّد هي درجة الحرارة التي تتحوّل عندها المادة السائلة إلى مادة صلبة.



الشكل 4 عند وضع الثلج في الماء، تنتقل الطاقة من جسيمات الماء السائلة إلى جسيمات الثلج الصلب. فذوبة الثلج وميزدة الماء.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

عرض توضيحي

انتشار جسيمات الغاز

الهدف توضيح حركة جسيمات الغاز

المواد بالون، و5 قطرات من نكهة الفانيليا، وقطّارة

الإجراء استخدم القطّارة لوضع 5 قطرات من الفانيليا في بالون. أغلق قارورة منكّه الفانيليا بحيث ينبعث منها القليل من الرائحة.

قم بنفخ البالون، واربطه جيدًا، ثم قم بالشم بالقرب من سطح البالون.

نتيجة متوقّعة سيشمّ الطلاب رائحة الفانيليا وهي تتبخّر داخل البالون.

التقويم اسأل الطلاب عن سبب تمكُّنهم من شم الفانيليا بالقرب من سطح البالون. نفذت جسيمات الفانيليا المتحركة بين جزيئات البالون المُتمدِّد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التبخير والتكاثف كيف يصبح السائل غازًا؟ تذكّر أنّ الجسيمات التي تكوّن السائل تكون في حالة حركة دائمة. وعندما تتحرّك الجسيمات بالسرعة الكافية للهروب من قوى جذب جسيمات أخرى، تدخل إلى الحالة الغازية. تُسمّى هذه العملية بالتبخير. يمكن أن يحدث التبخير بطريقتين، التبخُّر والغليان. وتُسمى العملية التي يتحوّل فيها الغاز إلى سائل بالتكاثف. التكاثف هو عكس التبخُّر.

التبخُّر يحدث التبخُّر عند سطح السائل ويمكن أن يحدث عند أي درجة حرارة تقريبًا. ولكي تتبخّر الجسيمات، يجب أن تكون عند سطح السائل وأن يكون لها طاقة حركية كافية للتحرّر من قوى جذب السائل.

الغليان إنّ الغليان المبيّن في **الشكل 5**، هو الطريقة الثانية التي يمكن أن يتبخّر بها السائل. على عكس التبخُّر، يحدث الغليان السائل عند درجة حرارة معيّنة، اعتمادًا على الضغط الموجود عند سطح السائل.

إنّ **درجة غليان** السائل هو درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط البخار الموجود في السائل مع الضغط الخارجي المؤثر على سطح السائل. يدفع ذلك الضغط الخارجي السائل نحو الأسفل، مانعًا الجسيمات من التحرّر. تحتاج الجسيمات إلى طاقة للتغلّب على هذا الضغط. إنّ **حرارة التبخّر** هي كمية الطاقة التي يحتاج إليها السائل عند درجة غليانه ليصبح غازًا.

التسامي عند مستويات معيّنة من الضغط، يمكن لبعض المواد التحوّل بشكل مباشر من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية من دون المرور بمرحلة الحالة السائلة. إنّ **التسامي** هو عملية تحوّل مادة صلبة إلى مادة غازية من دون تكوين مادة سائلة. يبيّن **الشكل 6** ثاني أكسيد الكربون الصلب، الذي يُعرف أيضًا بالثلج الجاف، وهو مادة شائعة تخضع للتسامي.

الشكل 5 عندما ترتفع درجة الحرارة، تتحرّك الجسيمات التي تكوّن المادة في حالتها السائلة بشكل أسرع. يغلي السائل عندما تتخطى طاقة هذه الجسيمات ضغطًا كافيًا لتجاوز ضغط الهواء الموجود أعلى السائل.

استدلّ هاذا يوجد داخل فقاعات السائل الذي يغلي؟

الشكل 6 يتحوّل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة. ولأنّ هذا الغاز يكون شديد البرودة، فإنّه يسبّب تكاثف الماء الموجود في الهواء، فكوّنًا ضبابًا أبيض.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

سؤال حول الشكل 5
تحتوي الفقاعات على ماء في الحالة الغازية (بخار الماء).

مختبر الاستقصاء

الحفاظ على الحالة الصلبة

السؤال كيف يجب عليك حزم قالب هش من الشوكولاتة ونقله إذا كان يجب شحنه إلى طقس استوائي دافئ؟

المواد المحتملة مواد مرجعية، مواقع إنترنت معتمدة، ورق وأقلام رصاص، عينات لمواد تعبئة، موارد ومعلومات عن التكاليف من شركات شحن

الزمن المقدَّر أسبوع واحد خارج الحصص الدراسية

استراتيجيات التدريس

- يجب أن تحفظ تصميمات التعبئة الخاصة بالطلاب الشوكولاتة من الانصهار والكسر والتعرض للبلل.
- يجب أن يصل القالب إلى وجهته خلال ثلاثة أيام.
- يجب أن يعتمد الطلاب العصف الذهني للوصول إلى طريقة حزم قوالبهم.
- يجب أن تكون تكاليف التعبئة والشحن معتدلة ويمكن أن تتحملها الشركة المصنّعة والعميل.
- يجب أن يرسم الطلاب تصاميمهم وأن يوفروا تكاليف مقدّرة لشحن القالب.
- اسمح للطلاب باستكشاف الأسئلة الأخرى التي تُطرح.

النشاط

الجواتب الجمالية والهندسة المعمارية اطلب من الطلاب زيارة مراكز التسوُّق وملاحظة طريقة استخدام الحالات المختلفة للمادة في تزيين المركز وجعل التسوُّق أكثر متعة. واطلب منهم الكتابة عمّا يرونه. قد تتضمّن العناصر التي يرونها النافورات (سائلة) وبالونات مملوءة بالهيليوم (غازية) وأرضيات رخامية (صلبة) وإضاءة فلورية ونيونية (غازات). هـ ع

القسم 1 • المادة والطاقة الحرارية 445

التعلم بالوسائل البصرية

الشكل 7 اطلب من طالب قراءة جزء النص الذي يصف فيه الطالب التمثيل البياني بصوت مرتفع أثناء متابعة بقية الطلاب للتمثيل البياني بأصابعهم. ناقش مع الطلاب تأثير إضافة حرارة إلى الماء عند درجات حرارة مختلفة. ع م

■ **سؤال حول الشكل 7**

بغض النظر عن كمية الماء، سيبقى شكل التمثيل البياني كما هو في الأساس، بالرغم من تغيُّر الزمن. يجب أن يعادل الزمن المطلوب الضعف تقريبًا في حالة 2.0 kg من الماء ونصف الزمن تقريبًا في حالة 0.5 kg من الماء (بافتراض إضافة الحرارة بمعدل ثابت).

تحديد المفاهيم الخاطئة

الحجم ذكّر الطلاب بأنه على الرغم من أنّ الغازات تملأ حجم إنائها، إلّا أنّ أغلب حجم الإناء عبارة عن مساحة فارغة. إذ يكون حجم إناء غاز ما أكبر بكثير من الحجم الإجمالي لجسيمات الغاز.

استخدام الكلمات العلمية

معنى الكلمة اطلب من الطلاب البحث عن معنى كلمة بلازما كما يستخدمه علماء الأحياء ومقارنة ذلك بالمعنى الذي يستخدمه علماء الفيزياء. بالنسبة إلى عالم الأحياء، إنّ البلازما هي الجزء السائل عديم اللون من الدم، أي الدم منزوعًا منه خلايا الدم الحمراء. أمّا بالنسبة إلى عالم الفيزياء، فإنّ البلازما هي حالة من حالات المادة انتُزعت فيها الإلكترونات بعيدًا عن البروتونات والنيوترونات. ع م

■ **الشكل 7** بالرغم من أنّ الطاقة الحرارية تُضاف بمعدل ثابت، ترتفع درجة حرارة الماء عند النقاط A وC وE فقط. وعند B وD، تُستخدم الطاقة المضافة للتغلُّب على قوى الجذب بين الجسيمات.

استدلّ كيف كان سيختلف هذا التمثيل البياني إذا كانت كمية الماء التي سُخّن 2.0 kg بدلًا من 1.0 kg؟ وكيف كان سيختلف إذا كانت كمية الماء التي سُخّن 0.5 kg؟

منحنيات التسخين إنّ التمثيل البياني للحرارة في مقابل الزمن لتسخين كمية من الماء قدرها 1.0 kg مُبيّن في **الشكل 7**. يُسمّى هذا النوع من التمثيل البياني بمنحنى التسخين. وهو يُبيّن كيفية تغيُّر درجة الحرارة بمرور الزمن مع إضافة الطاقة الحرارية باستمرار. لاحظ المنطقتين الموجودتين على التمثيل البياني حيث لا تتغيّر درجة الحرارة. عند 0°C، يتصهر الثلج. تُستخدم كل الطاقة المضافة إلى الثلج عند درجة الحرارة تلك في التغلُّب على قوى الجذب بين الجسيمات. يشير الخط المستقيم الموجود في التمثيل البياني إلى أنّ درجة الحرارة تبقى ثابتة أثناء الانصهار.

بعد التغلُّب على قوى الجذب، تتحرّك الجسيمات بحرية أكثر وترتفع درجة حرارتها. عند 100°C، يغلي الماء وتبقى درجة الحرارة ثابتة مرة أخرى ويكون التمثيل البياني خطًا مستقيمًا. وتُستخدم كل الطاقة المضافة إلى الماء في التغلُّب على قوى الجذب المتبقية بين الجسيمات. وعند التغلُّب على كل قوى الجذب بين الجسيمات، تُوجّه الطاقة لرفع درجة الحرارة مرة أخرى.

الحالة البلازمية

لقد تناولنا حتى الآن حالات المادة الثلاث المألوفة، الصلبة والسائلة والغازية. غير أنّه ثمة حالة للمادة بعد الحالة الغازية. إنّ **البلازما** هو مادة لها طاقة كافية ليس للتغلُّب على قوى الجذب بين جسيماتها فحسب، بل على قوى الجذب داخل ذراتها أيضًا. تتصادم الذرات التي تكوّن البلازما بتلك القوة فتُنتزع الإلكترونات تمامًا من الذرات.

قد تندهش لمعرفة أنّ أغلب المواد العادية الموجودة في الكون توجد في الحالة البلازمية. إنّ أي نجم يمكنك رؤيته في السماء، بما في ذلك الشمس، يتكوّن من مواد في الحالة البلازمية. كذلك، فإنّ معظم المواد الواقعة بين النجوم والمجرات موجودة في الحالة البلازمية أيضًا. إنّ الحالات المألوفة للمادة، الصلبة والسائلة والغازية، نادرة للغاية في الكون.

تأثيرات الضغط عند 1 atm (أو 100 kPa تقريبًا)، يتجمّد الماء عند 0°C ويغلي عند 100°C. وعند مستويات ضغط أخرى، يمرّ الماء بتلك التغيُّرات عند درجات حرارة مختلفة. في الواقع، عندما يكون الضغط 0.61 kPa وتكون درجة الحرارة 0.01°C، يمكن أن يكون الماء في صورة صلبة وسائلة وغازية. ويُعرف ذلك بالنقطة الثلاثية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

دعم محتوى المعلّم

446 الوحدة 16 • المواد الصلبة والسائلة والغازية

التمدُّد الحراري

هل سبق أن تساءلت لماذا توجد فراغات في الطريق الخرساني؟ عندما تنتقل الطاقة الحرارية إلى الطريق الخرساني، فإنّه يتمدَّد. ومن دون الفراغات، قد يتحطَّم الطريق الخرساني في الطقس الحار. يمكن أن تساعد النظرية الحركية في شرح هذا السلوك.

تذكَّر أنّ الجسيمات تتحرّك بشكل أسرع وأبعد بعضها عن بعض عند ارتفاع درجة الحرارة. يؤدّي انفصال الجسيمات هذا إلى تمدُّد الجسم ككل، وهو ما يُطلق عليه اسم **التمدُّد الحراري**. وهو ازدياد حجم المادة عند ارتفاع درجة الحرارة. الجدير بالذكر أنّ المواد تنكمش أيضًا عندما تبرد.

الثيرموميترات أحد الأمثلة الشائعة على السوائل التي تخضع للتمدُّد الحراري هو الثيرموميتر، كالمبيّن في **الشكل 8**. تؤدي إضافة الطاقة إلى الجسيمات التي تُكوّن السائل الموجود في أنبوب الثيرموميتر الضيّق إلى تحرّكها بشكل أسرع بعيدًا بعضها عن بعض. الأمر الذي يؤدي إلى تمدّد هذا السائل الموجود في الثيرموميتر وارتفاعه.

بالونات الهواء الساخن إنّ أحد استخدامات الغازات التي تخضع للتمدُّد الحراري مُبيّن في **الشكل 9**. تتمكّن بالونات الهواء الساخن من الارتفاع بفعل التمدُّد الحراري للهواء. وعندما يجري تسخين الهواء الموجود في البالونات، تزداد المسافة بين الجسيمات التي تُكوّن الهواء. وعندما يتمدّد بالون الهواء الساخن، يقلّ عدد الجسيمات الموجودة في كل سنتيمتر مكعّب. يؤدّي هذا التمدُّد إلى انخفاض كثافة الهواء الساخن. وبما أنّ كثافة الهواء الموجود في بالون الهواء الساخن أقلّ من كثافة الهواء الأبرد خارج البالون، يرتفع البالون.

الشكل 8 عندما ترتفع درجة حرارة الهواء، يمتص السائل الموجود في الثيرموميتر ويتمدَّد. نتيجة لذلك، يرتفع مستوى السائل. وينكمش السائل الموجود في الثيرموميتر مع انخفاض درجة الحرارة.

الشكل 9 عند تسخين الهواء الموجود داخل بالون الهواء الساخن، تتحرّك جسيماته بعيدًا بعضها عن بعض. ويرتفع البالون لأنّ الهواء الموجود بداخله أقل كثافة من الهواء المحيط به.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

عرض توضيحي سريع

التمدُّد الحراري

المواد وعاءان متماثلان بأغطية صعبة الفتح، إناء، وماء ساخن

الزمن المقدَّر 10 دقائق

الإجراء اطلب من أحد الطلاب محاولة فتح أحد الوعاءين. ضع الغطاء الآخر في ماء ساخن ليضع دقائق.

تحذير: ستسخن الأغطية الفلزية للأوعية عند وضعها في ماء ساخن. وعندما يبرد الغطاء قليلًا، اطلب من الطالب نفسه محاولة فتح ذلك الوعاء. تسبب تدفئة غطاء الوعاء التمدُّد الحراري، مما يُسهّل فتح الوعاء.

التعلم بالوسائل البصرية

الشكل 8 يحتوي معظم الثيرموميترات على الكحول أو على الزئبق. اسأل الطلاب عن طريقة اعتماد تصميم الثيرموميتر على السائل المستخدَم فيه. يُحدَّد حجم المستودع والأنبوب بحسب معدل تمدُّد السائل المستخدم في الثيرموميتر المحدد. ف ع

مناقشة

حفظ الطعام يُعتبَر اغلاق حاويات الطعام مُهمًّا للحفاظ على نضارته ولمنع تلفه. ما السببان اللذان يجعلان الغطاء الموضوع على حاوية طعام عندما تكون دافئة أكثر إحكامًا عندما يبرد الطعام؟ في داخل الحاوية، تبرد الغازات الدافئة بالتدريج مُسبّبة انخفاض الضغط داخل الحاوية. فيصبح الضغط الموجود خارج الحاوية أكبر من الضغط داخلها. فيُغلق الغطاء بإحكام أكثر. كما أنّه عندما يبدأ الغطاء الموضوع على الحاوية الدافئة في البرودة فإنه ينكمش قليلًا مسبّبًا ملاءمته للحاوية بشكل أكثر إحكامًا. ف ع

استراتيجية القراءة

توضيح الرسوم أثناء قراءتك للتعليق على **الشكل 9** بصوت مرتفع، اطلب من الطلاب استخدام أصابعهم لقياس المسافة بين جسيمات الغاز داخل البالون وخارجه. اطلب منهم رفع أيديهم إذا توافق الرسم التخطيطي والتعليق. توقف ووضّح المفهوم للطلاب الذين لا يرفعون أيديهم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

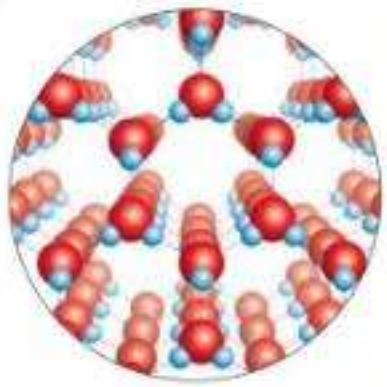
على مستوى المقرّر ككلّ

التاريخ أدت أعمال بيير دي جين إلى استيعاب خصائص البلورات السائلة بشكل أفضل. وتستخدم اليوم الكثير من المنتجات الشائعة البلورات السائلة. أحضر إلى الصف عدة أجهزة تستخدم البلورات السائلة مثل الثيرموميترات والساعات الرقمية والآلات الحاسبة ومجموعات التلفاز المصغّرة وأجهزة الحاسوب المحمولة. بعد قراءة الطلاب للنص حول البلورات السائلة، اسأل ما الذي يُميّز الثيرموميترات التي تستخدم البلورات السائلة عن تلك التي تستخدم الزئبق. تُقلل من مخاطر الزئبق لأنه سام. اسأل ما الذي يُميّز شاشات البلورات السائلة عن أنواع الشاشات الأخرى. تكون شاشات البلورات السائلة أكثر دقةً وتستخدم طاقة أقل من أنواع الشاشات الأخرى.

■ **سؤال حول الشكل 10**
عندما يتجمّد الماء، يكوّن نمطًا بلوريًا يحتوي على فتحات أو فجوات صغيرة. يجعل ذلك الجليد الصلب أقل كثافةً من الماء فيطفو.

بعد القراءة

مقارنة حالات المادة اطلب من الطلاب مراجعة أوجه الاختلاف بين حالات المادة التي جرت مناقشتها في هذا القسم. ما أوجه الاختلاف بين حالات المادة؟ تختلف حالات المادة في ما إذا كان لها شكل ثابت أو تأخذ شكل الإناء؛ وما إذا كان حجمها متغيّرًا أم ثابتًا؛ وسرعة حركة جسيماتها ومدى تجاذب تلك الجسيمات إلى بعضها. ماذا تُسمى التحوُّلات المختلفة بين حالات المادة؟ الانصهار: من الصلبة إلى السائلة؛ التسامي: من الصلبة إلى الغازية دون المرور بالحالة السائلة؛ التجمُّد: من السائلة إلى الصلبة؛ التبخُّر والغليان: من السائلة إلى الغازية؛ التكاثف: من الغازية إلى السائلة



■ **الشكل 10** عندما يتجمّد الماء، تتداخل الأطراف موجبة الشحنة والأطراف سالبة الشحنة فتنشأ مساحات فارغة في الشبكة البلورية.

اشرح سبب طفو الثلج في الماء.

السلوك الغريب للماء تتكمش المواد عادةً عند انخفاض درجة حرارتها. إلّا أنّ الماء يُعتبر استثناءً لتلك القاعدة. فضمن نطاق محدود من درجات الحرارة، يتمدّد الماء عند انخفاض درجة الحرارة. في البداية، يسلك الماء سلوك المواد الأخرى. عند بدء انخفاض درجة الحرارة، تتحرّك الجسيمات التي تكوّن الماء مقتربةً من بعضها. يستمرّ ذلك حتى يصل الماء إلى درجة حرارة 4°C.

تُعتبر جزيئات الماء جزيئات غير عادية إذ إنّها تتضمّن أطراف موجبة الشحنة الإيجابية وأخرى سالبة الشحنة . وتؤثر تلك المناطق المشحونة في سلوك الماء. وبينما تستمر درجة الحرارة في الانخفاض إلى أقل من 4°C، تصطف الجزيئات بحيث تكون الأطراف موجبة الشحنة والأطراف سالبة الشحنة قطبٌ بجانب بعضها البعض، كما هو مُبيّن في **الشكل 10**. نتيجةً لذلك، تنشأ مساحات فارغة في التركيب. يتمدّد الماء بينما تنخفض درجة حرارته من حوالي 4°C إلى 0°C ويصبح أقلّ كثافة من الماء السائل. لذا، يطفو الجليد في الماء السائل.

صلبة أو سائلة؟

تُبدي مواد أخرى أيضًا سلوكيات غير عادية عند تغيير حالتها. إنّ المواد الصلبة غير المتبلورة والبلورات السائلة هي من فئات المواد التي لا تُبدي ردود فعل متوقّعة عند تغيُّر حالاتها.

المواد الصلبة غير المتبلورة ينصهر الثلج عند درجة حرارة 0°C. وينصهر الرصاص عند درجة حرارة 327°C. ولكن لا توجد لكل المواد الصلبة درجة حرارة محدّدة تنصهر عندها. فكّر في قالب من الزبدة. فبدلًا من أن تكون له درجة انصهار محدّدة، تلين الزبدة وتنصهر ضمن نطاق من درجات الحرارة.

تُشبه بعض المواد الصلبة الزبدة. بدلًا من أن يكون لها درجة انصهار محدّدة، تلين تلك المواد وتتحوّل تدريجيًا إلى سائل ضمن نطاق من درجات الحرارة. تفتقر تلك المواد الصلبة إلى بنية بلورية وتُسمّى مواد صلبة غير متبلورة. أحد الأمثلة على المواد الصلبة غير المتبلورة الشائعة هو الزجاج، المبيّن في **الشكل 11**.

المفردات
أصل الكلمة
غير متبلور amorphous
مشتقّة من الكلمة اليونانية *amorphos*، وتعني من دون صيغة أو عديم الشكل أو مشوّهًا
إنّ السلسال، الذي يمكن تشكيله وتهيئته بسهولة، غير متبلور.

■ **الشكل 11** يعتبر الزجاج إلى البنية البلورية المتكرّرة في المواد الصلبة مثل الثلج. فبدلًا من الانصهار عند درجة حرارة محدّدة، يصبح الزجاج ليّنًا ومرنًا بشكل متزايد كلما ارتفعت درجة الحرارة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

دفتر العلوم

الثلج الجاف عند ضغط الغلاف الجوي، تتحوّل بعض المواد، مثل اليود وثاني أكسيد الكربون، من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرةً من دون المرور بالحالة السائلة. استخدم النظرية الحركية لتفسير ما يحدث عند إضافة حرارة إلى ثاني أكسيد الكربون الصلب (الثلج الجاف). تزيد طاقة الجسيمات بقدر كافٍ للتحوُّل من الاهتزاز في أماكنها إلى الإفلات من سطح الثلج الجاف. تع م

التجوية تتكوّن التربة نتيجة تكسُّر الصخور. اطلب من الطلاب اكتشاف الدور الذي يلعبه الماء في تجوية الصخور وكتابته في يومياتهم في العلوم. تتكسّر الصخور عادةً، أو تُجوّى، عندما يدخل الماء إلى الشقوق الموجودة في الصخور ويتجمّد. إنّ تمدّد الماء عند تجمُّده يكسر الصخور. تع م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

البلورات السائلة تُشكّل البلورات السائلة مجموعة أخرى من المواد التي لا تُغيّر من حالاتها بالنمط المعهود. فعادةً ما يُفقد الترتيب الهندسي المنظّم عندما تتحوّل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. فتبدأ البلورات السائلة في التدفُّق أثناء مرحلة الانصهار، بشكل مشابه للسائل. لكنها لا تفقد ترتيبها المنظّم تمامًا. كما تفعل معظم المواد، بل تحتفظ بتنظيمها الهندسي في اتجاهات مُعيّنة.

تُصنَّف البلورات السائلة إلى فئات بحسب نوع التنظيم الذي تحتفظ به عندما تتحوّل إلى مادة سائلة. تستجيب البلورات السائلة بشكل كبير للتغيُّرات في درجة الحرارة والمجالات الكهربائية. ويستخدم العلماء الخصائص الفريدة للبلورات السائلة في صناعة شاشات البلورات السائلة (LCD) للهواتف الخلوية والآلات الحاسبة والحواسيب المحمولة الصغيرة (نت بوك)، كما هو مُبيّن في **الشكل 12**. تتكوّن شاشات البلورات السائلة من عناصر صور بلورية منفردة، أو "بكسل" للاختصار. ويحدّد تفاوت كمية الكهرباء المارة عبر البكسل كيفية اصطفاف البلورات وما إذا كان الضوء يستطيع النفاذ خلالها أم لا.

الشكل 12 تستخدم الكثير من أجهزة الموسعة والإلكترونيات الصغيرة مثل مُشغّلات MP3 والهواتف الخلوية وأجهزة التليفزيون والحواسب المحمولة الصغيرة (نت بوك) شاشات بلورات سائلة (LCD).

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- ثمّة أربع حالات رئيسة للمادة: الصلبة والسائلة والغازية والبلازمية.
- إنّ النظرية الحركية هي تفسير لسلوك الجسيمات التي تُكوّن الغازات.
- إنّ الطاقة الحرارية هي الطاقة الإجمالية للجسيمات التي تُكوّن مادة ما، بما في ذلك الطاقة الحركية وطاقة الوضع.
- إنّ درجة الحرارة هي متوسط الطاقة الحركية لمادة ما.

1. **صف** حركة الجسيمات في كل من المواد الصلبة والسائلة والغازية.
2. **اذكر** الافتراضات الأساسية للنظرية الحركية.
3. **صف** سلوك جسيمات مادة ما عند درجة الانصهار.
4. **صف** سلوك جسيمات مادة ما عند درجة الغليان.
5. **التفكير الناقد** كيف يختلف منحنى تسخين الزجاج عن منحنى تسخين الماء؟

تطبيق مفاهيم رياضية

6. **فسّر البيانات** باستخدام التمثيل البياني الوارد في **الشكل 7**، صِف تغيُّرات الطاقة التي تحدث عندما ينتقل الماء من درجة حرارة 15°C− إلى 120°C.
7. **إنشاء التمثيلات البيانية واستخدامها** درجة انصهار حمض الخليك هي 17°C، ودرجة غليانه هي 118°C. ارسم تمثيلًا بيانيًا مشابهًا للتمثيل البياني الوارد في **الشكل 7** موضّحًا تغيُّرات المراحل لحمض الخليك. وضّح المراحل الثلاث ودرجة الغليان ودرجة الانصهار على التمثيل البياني بدقة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة ماكجروهيل للتعليم

3 التقويم

التأكد من الفهم

بصري مكاني كلّف الطلاب إنشاء رسم توضيحي لسلوك جسيمات المواد الصلبة والسائلة والغازية وتفاعلها.

إعادة التدريس

توضيح حالات المادة اطلب من الطلاب صُنع كرة ثلج لتقديم نموذج لسلوك المواد الصلبة والسائلة والغازية. اطلب منهم استخدام وعاء صغير ذي غطاء على أنه الإناء. املأ الوعاء بجبيبات لامعة بكمية تكفي لتغطية قاع الوعاء إلى عمق 1 cm. املأ الوعاء بالماء أو بزيت معدني أو بزيت أطفال. ستتحرك الجسيمات بشكل أبطأ في الزيت. اطلب من الطلاب استخدام كرة الثلج الخاصة بهم لتقديم نموذج لسلوك المواد الصلبة والسائلة والغازية.

التقويم

العملية اطلب من الطلاب إنشاء رسوم تخطيطية توضّح ما يحدّد درجة غليان سائل. عند درجة الغليان، يكون الضغط الناتج عن الجزيئات التي تترك السائل لتصبح غازًا مساويًا لضغط الغلاف الجوي أعلاها.

القسم 1 مراجعة

1. الصلبة: تهتز في أماكنها؛ السائلة: ينزلق بعضها بمحاذاة بعض؛ الغازية: تتحرك بحرية
2. تتكوّن كل المواد من جسيمات صغيرة؛ تكون الجسيمات في حالة حركة مستمرة؛ تتصادم تلك الجسيمات باستمرار؛ الطاقة المفقودة في التصادمات طفيفة جدًا.
3. تبدأ في التحرر من ترتيبها المُنظّم.
4. تتغلب على الضغط الجوي وتفلت من السائل.
5. نظرًا إلى أنّ الزجاج يلين عند تسخينه، سيكون المنحنى خطًا مستقيمًا في أغلبه، يُبيّن ارتفاع درجة الحرارة مع إضافة الطاقة بشكل مستمر.

تطبيق مفاهيم رياضية

6. من 15°C− إلى 0°C، يمتص الماء الصلب الطاقة. عند 0°C، تكسر الطاقة الإضافية قوى الجذب الموجودة في المادة الصلبة. بعد انصهار المادة الصلبة، ترتفع درجة حرارة السائل حتى تصل إلى 100°C. لا ترتفع درجة الحرارة مرة أخرى حتى يتحول كل السائل إلى غاز.
7. يجب أن تُبيّن التمثيلات البيانية ارتفاع درجة الحرارة حتى تصل إلى 17°C، حيث تستقر، ثم ترتفع إلى 118°C، حيث تستقر مرة أخرى. وفي النهاية، ترتفع مجددًا.

تجربة

التحضير

الهدف تسخين الطلاب للجليد وتمثيل التغيُّرات في درجة الحرارة مع مرور الزمن بيانيًا.

مهارات العملية جمع البيانات وإنشاء الجداول واستخدامها وتسجيل الملاحظات وإنشاء التمثيلات البيانية واستخدامها

الزمن المطلوب 40 دقيقة

احتياطات السلامة حذِّر الطلاب من استخدام الثيرموميترات للتحريك، ومن تركها تستقرّ في قاع الكأس.

الإجراء

استراتيجيات التدريس ذكّر الطلاب بأنّ درجة الحرارة تُعرف بأنها متوسط الطاقة الحركية لمادة ما.

استنتج وطبّق

1. تحقّق من رسومات الطلاب. وشجّعهم على جعل رسومات إعداد التجربة تامةً بقدر الإمكان.
2. تحقّق من رسومات الطلاب.
3. تحقّق من التمثيلات البيانية للطلاب. يجب أن تكون التمثيلات البيانية مشابهة في شكلها لمنحنى التسخين المُبيّن في الشكل 7. ويجب أن تكون معتمدة على بيانات جرى جمعها في التجربة.
4. تُمثّل الخطوط المستقيمة الطاقة أثناء امتصاصها التي سمحت لجزيئات الماء بالإفلات من ترتيبها المُنظّم (عند الانصهار)، أو بالإفلات من تجاذب بعضها لبعض (عند الغليان).

تجربة تغيُّرات الحالات

الهدف

- **لاحظ** تغيُّرات الطاقة الحرارية التي تحدث عند تحوُّل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.

الخلفية: **يمكن أن تتغيّر المادة من حالة إلى أخرى. غالبًا يلاحظ التغيرات في حالتي انصهار الثلج وغليان الماء.**

السؤال: ما مقدار الطاقة الذي يشترك في تغيُّرات الحالات التي تلاحظها؟

التحضير

المواد

كأس مدرج سعته 500 mL
ثلج
ثيرموميتر
لوح تسخين

احتياطات السلامة

الإجراء

1. اقرأ الإجراءات وحدّد المخاطر المتعلّقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. قُم بإعداد الأدوات كما هو مُبيّن في الصورة. يجب وضع الثلج في الكأس المدرج . حضّر جدول بيانات لتتبُّع درجة حرارة الماء الموجود في الكأس بمرور الزمن.
3. قُم بتسخين الثلج الموجود في الكأس المدرج ببطء، وسجّل ملاحظاتك ودرجة حرارة الماء الموجود في الكأس المدرج كل 3 دقائق. لا تدع الثيرموميتر يلامس قاع الكأس أو جوانبه.
4. بعد أن ينصهر الثلج في الكأس ويبدأ الماء في الغليان، لاحظ التجربة لمدة دقائق أخرى وسجّل ملاحظاتك.
5. قم بإطفاء الحرارة، ودع جهازك ليبرد تمامًا قبل التنظيف.

استنتج وطبّق

1. **ارسم** صورة للجهاز المُستخدَم في هذه التجربة.
2. **اذكر** حالة الماء في الكأس عند بداية التجربة والحالة التي تحوّل إليها في الكأس والحالة التي وُجدت أعلى الكأس.
3. **إنشاء التمثيلات البيانية واستخدامها** ارسم تمثيلًا بيانيًا لدرجة الحرارة في مقابل الزمن باستخدام البيانات التي توصّلت إليها في هذه التجربة.
4. **التطبيق** اشرح شكل التمثيل البياني الخاص بك في ما يخص الطاقة. لماذا توجد خطوط مستقيمة في التمثيل البياني لدرجة الحرارة رغم الإضافة المستمرة للحرارة؟

شارك

بياناتك

قارن تمثيلك البياني مع التمثيلات البيانية لزملائك في الصف. حدّد الشكل الذي سيكون عليه المنحنى الخاص بك إذا بدأت بتبخار الماء وقمت بتبريده.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

العملية اطلب من الطلاب كتابة تلخيصات لتمثيلاتهم البيانية. احرص على تضمينهم أوصافًا لمنطقة لم تتغيّر فيها درجة الحرارة بشكل سريع أو لم تتغيّر من الأصل.

450 الوحدة 16 • المواد الصلبة والسائلة والغازية