التجربة الاستهلالية

الطفو والكثافة

الهدف استخدام التجربة الاستهلالية لتعريف الطلاب بخواص الموائع.

التحضير قبل أن يؤدي الطلاب هذا النشاط، احضر شريط قياس مترًا.

المواد قارورة ماء بلاستيكية يمكن التخلّص منها (ذات غطاء) وماء وميزان زنبركي وحوض أو إناء كبير

استراتيجيات التدريس ساعد الطلاب على إعداد جداول بيانات لتسجيل قياساتهم فيها.

الإجراء اطلب من الطلاب تحديد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة واتباع الإجراء أدناه.

1. املأ قارورة ماء بلاستيكية للاستعمال مرة واحدة بالماء تمامًا. ضع الغطاء على قارورة الماء.
2. قُم بتعليق قارورة الماء في ميزان زنبركي لوزنها.
3. أثناء توصيل الميزان الزنبركي، اغمر قارورة الماء تمامًا في حوض ماء كبير بحيث لا تمس القاع. دوّن القراءة الجديدة الظاهرة على الميزان الزنبركي.

التفكير الناقد

4. هل سيكون حمل صخرة كبيرة من الأرض أسهل أم من قاع حوض سباحة؟ اشرح إجابتك.

سيكون حمل الصخرة من قاع حوض السباحة أسهل لأنّ الماء سيدفع الصخرة إلى أعلى.

التقويم

العملية اسأل الطلاب عن طريقة اختلاف نتيجة هذا النشاط إذا وضعوا رمالًا في القارورة بدلًا من الماء. كان وزن القارورة سيقل في الماء عنه في الهواء، لكن القارورة كانت لتغوص إلى القاع.

الوحدة 16

المواد الصلبة والسائلة والغازية

التجربة الاستهلالية
الطفو والكثافة

لماذا تطفو السفن؟ هل وزنها أقل فعلًا أم توجد قوة أخرى تدفعها إلى أعلى؟ ماذا عن الأجسام التي تغوص، مثل الصخر؟ هل توجد قوة تدفعها إلى أعلى أيضًا؟

المطويات

قم بإنشاء مطوية لخريطة المفاهيم. ضع اسمًا للصفحات كما هو موضّح. استخدمها لتنظيم ملاحظاتك حول المواد الصلبة والسائلة والغازية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تقديم الوحدة

المسافة بين الجسيمات
وفّر للطلاب عددًا من العملات المعدنية الصغيرة أو قطع حلوى صغيرة قرصية الشكل. اطلب من الطلاب توزيع العملات المعدنية الصغيرة بالتساوي على مسطرتين متوازيتين تفصل بينهما مسافة تبلغ حوالي 20 cm. أخبر الطلاب أن يُحرّكوا المسطرتين باتجاه بعضهما حتى تكونا على بُعد حوالي 10 cm عن بعضهما. اسأل الطلاب عن طريقة تغيُّر المسافة بين العملات المعدنية الصغيرة. ثم اطلب من الطلاب تحريك المسطرتين باتجاه بعضهما حتى تكونا قريبتين قدر الإمكان. اسأل الطلاب عن طريقة تغيُّر ترتيب العملات المعدنية الصغيرة. إذا كانت العملات المعدنية الصغيرة تُمثّل جزيئات غاز، فكيف تغيّرت كثافة الغاز؟

الفكرة الرئيسة

الجسيمات في المادة تتكوّن كل المواد من جسيمات — ذرات أو أيونات أو جزيئات — موجودة في حالة حركة مستمرة عشوائية. تمتلك تلك الجسيمات قوى كهربائية بعضها على بعض وتعتمد على طبيعة الجسيمات والمسافة بينها. وكلما أصبحت الجسيمات أكثر بُعدًا عن بعضها، انخفضت شدة القوى بينها. في المواد الصلبة والسائلة، تكون المسافة بين الجسيمات حوالي 10^{-10} m. ونتيجةً لذلك، تكون كثافة الحالة الصلبة والحالة السائلة لأغلب المواد متشابهة. وفي الغازات عند ضغط الغلاف الجوي ودرجة حرارة الغرفة، تكون المسافة بين الجسيمات أكبر بحوالي 1,000 ضعف عادة.

استخدام الصورة

حالات المادة يمكن تصنيف أغلب المواد الموجودة على كوكب الأرض إلى واحدة من ثلاث مجموعات: الصلبة والسائلة والغازية. اطلب من الطلاب تحديد أمثلة على كل حالة من حالات المادة الموضّحة في الصورة. الهواء وبخار الماء غازات؛ والماء سائل؛ والصخور والثلج والجبل والجليد مواد صلبة. اطلب من الطلاب شرح ما يحتاج إليه الماء ليتحوّل من حالة إلى أخرى. إضافة أو فقد طاقة حرارية (حرارة)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 تجمُّد 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

يُرجّح 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

فكرة رئيسة **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.

محفوظة لصالح مؤسسة ماكجرو هيل للتعليم © McGraw-Hill Education

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 مُبيّنًا الجسيمات التي تُكوّن المادة في الحالة الغازية. وليس للغازات حجم أو شكل ثابتان لأن جسيماتها تكون في حالة حركة مستمرة، متصادمة 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، المُبيّنة 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 طاقةُ حركيةُ أقل من الطاقة الحركيّة للمادة نفسها عندما تكون في الحالة الغازيّة.

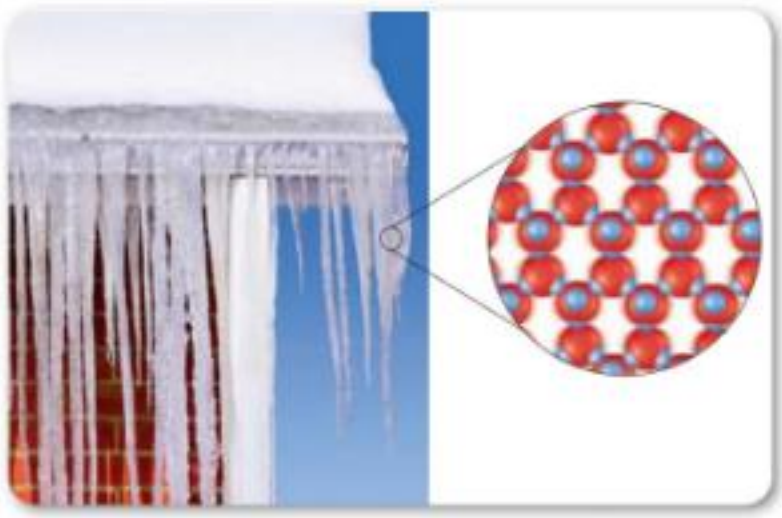
بما أنّ طاقة الجسيمات أقل، فإنّ قدرتها على التغلُّب على قوى الجذب التي تربطها معًا أقل. لذا يُمكن لحركة الجسيمات أن تنزلق بمحاذاة بعضها البعض، سامحةً للسائل بالتدفُّق وأخذ شكل الوعاء الموجود فيه. غير أنّ الجسيمات التي تُكوّن السائل تتماسك مع بعضها، لأنها لم تتغلّب تمامًا على قوى الجذب بينها، مما يمنح 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. وتُفسّر أوجه الاختلاف تلك خصائصها الميزيائية.

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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

2 التدريس

عرض توضيحي سريع

ملاحظة بلورات الملح

المواد بلورات ملح أو مجهر أو عدسة مكبرة

الزمن المقدَّر 10 دقائق

الإجراء اطلب من الطلاب ملاحظة الشكل المكعَّب 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.

القسم 1 • المادة والطاقة الحرارية 443

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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. خ م ت م

المفردات

مفردات أكاديمية

محدّد definite

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

الطاقة الحرارية فكّر في الثلج المَبيّن في **الشكل 3**. كيف يمكن أن يكون للثلج المتجمّد حركة؟ تبقى الجسيمات التي تُكوّن المواد الصلبة في أماكنها بإحكام بواسطة قوى الجذب بينها. فتمنح قوى الجذب تلك المواد الصلبة شكلًا وحجمًا محدّدين. ومع ذلك، تبقى الجسيمات التي تُكوّن 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 كلٌّ 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.

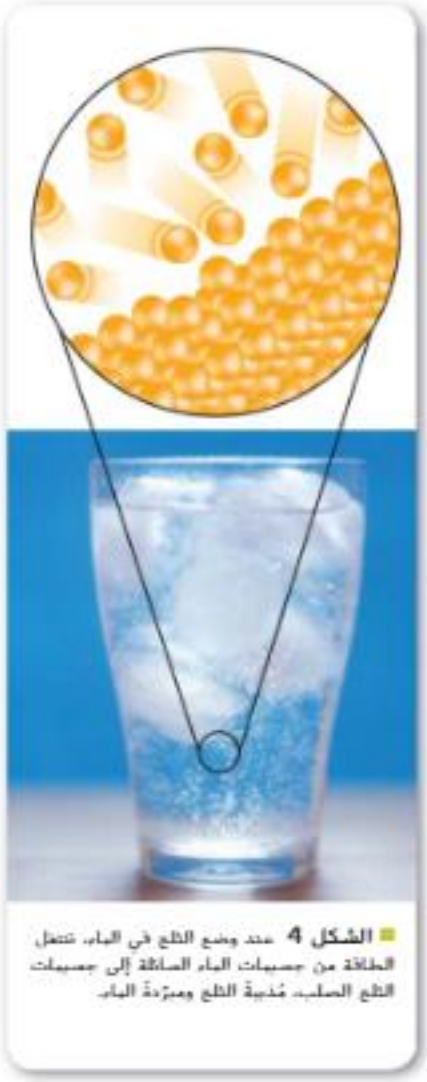
تغيُّرات الحالة

ما الذي يحدث لمادة صلبة عند إضافة طاقة حرارية إليها؟ فكّر في الثلج المَبيّن في **الشكل 4**. تتحرّك الجسيمات التي تُكوّن الماء بسرعة وتتصادم مع الجسيمات التي تُكوّن 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 تُكوّن 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؟ تَبطؤ 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. مُذيبة الثلج ومبرّدة 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؟ تذكَّر أنّ الجسيمات التي تُكوّن 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 تتبخَّر الجسيمات، يجب أن تكون عند سطح السائل وأن يكون لها طاقة حركية كافية للتحرُّر من قوى جذب السائل.

الغليان إنّ الغليان المبيّن في **الشكل 5**، هو الطريقة الثانية التي يمكن أن يتبخَّر 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 التحرُّر. تحتاج الجسيمات إلى طاقة للتغلُّب على هذا الضغط. إنّ **حرارة التبخُّر** 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 تحوُّل مادة صلبة إلى مادة غازية من دون تكوين مادة سائلة. يُبيّن **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 تُكوّن المادة في حالتها السائلة بشكل أسرع. يغلي السائل عندما تُتيح طاقة هذه الجسيمات ضغطًا كافيًا لتجاوز ضغط الهواء الموجود أعلى السائل.

استدلّ ماذا 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 يُسبّب 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 مقدّرةً لشحن القالب.
- اسمح للطلاب باستكشاف الأسئلة الأخرى التي تُطرح.

النشاط

الجوانب 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). تم

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. ش م

■ **الشكل 7** بالرغم من أنّ الطاقة الحرارية تُضاف بمعدل ثابت، ترتفع درجة حرارة الماء عند النقاط E وC وA فقط. وعند D وB، تُستخدم الطاقة المضافة للتغلُّب على قوى الجذب بين الجسيمات.

استدلّ كيف كان سيختلف هذا التمثيل البياني إذا كانت كمية الماء التي تُسخَّن 2.0 kg بدلًا من 1.0 kg؟ وكيف كان سيختلف إذا كانت كمية الماء التي تُسخَّن 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، تُوجَّه 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 تُكوّن 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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

دعم محتوى المعلّم

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.

446 الوحدة 16 • المواد الصلبة والسائلة والغازية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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، يسخن 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 لبضع 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. ش م

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 م

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

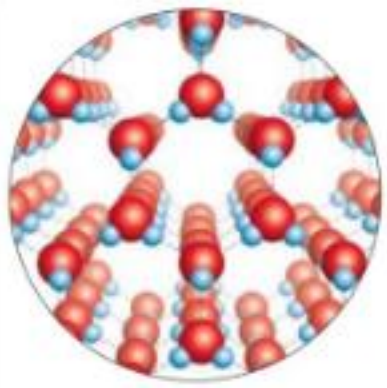
على مستوى المقرّر ككلّ

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 تجاذُب 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 فقط 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.

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

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. ش 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. ش م

352 / 97

البلورات السائلة تُشكّل البلورات السائلة مجموعة أخرى من المواد التي لا تُغيّر من حالاتها بالنمط المعهود. فعادةً ما يُفقد الترتيب الهندسي المنظَّم عندما تتحوّل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. فتبدأ البلورات السائلة في التدفُّق أثناء مرحلة الانصهار، بشكل مشابه للسائل. لكنها لا تفقد ترتيبها المنظَّم 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 الموسبة 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. **صِف** حركة الجسيمات في كل من المواد الصلبة والسائلة والغازية.
2. **اذكر** الافتراضات الأساسية للنظرية الحركية.
3. **صِف** سلوك جسيمات مادة ما عند درجة الانصهار.
4. **صِف** 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.

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 بحبيبات 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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة ماكجرو-هيل Mcgraw-Hill Education

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 المُنظَّم.
4. تتغلب على الضغط الجوي وتفلت من السائل.
5. نظرًا إلى أنّ الزجاج يلين عند تسخينه، سيكون المنحنى خطًّا 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.

القسم 1 • المادة والطاقة الحرارية 449

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 بيخار الماء وقمت بتبريده.

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.

شارك

بياناتك

يجب أن يناقش الطلاب سبب توافق خلاصاتهم أو عدم توافقها. من المرجّح أن تُشبه التمثيلات البيانية للتبريد منحنى التسخين إلى حدّ بعيد، إلا أنها ستكون في اتجاه معاكس.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

450 الوحدة 16 • المواد الصلبة والسائلة والغازية

القسم 2

تهيئ للقراءة

الأسئلة الرئيسة

- ما هو مبدأ أرخميدس؟
- ما هو مبدأ باسكال؟
- ما هو مبدأ برنولي؟
- ما بعض تطبيقات مبادئ أرخميدس وباسكال وبرنولي؟

مفردات للمراجعة

الكثافة density: كتلة وحدة الحجوم من المادة

مفردات جديدة

الطفو	buoyancy
الضغط	pressure
اللزوجة	viscosity

خصائص الموائع

الفكرة الرئيسة **تتدفّق الموائع ولها قوى تؤثّر بها في الأجسام.**

روابط من القراءة بالحياة اليومية هل رأيت من قبل حاملة طائرات؟ بالرغم من أنّ هذه السفن تتكوّن من فلز، وتصل كتلتها أحياناً إلى أكثر من 100,000 طن، إلا أنّها لا تزال تطفو. كيف يمكن ذلك؟

مبدأ أرخميدس والطفو

تشبه بعض السفن المدن الطافية. فعلى سبيل المثال، تكون حاملات الطائرات كبيرة بشكل كافٍ يسمح للطائرات بالإقلاع والهبوط على أسطحها. تطفو هذه السفن رغم أوزانها، وذلك لوجود قوة تدفع السفينة إلى الأعلى، تتعارض مع قوة الجاذبية التي تشد السفينة إلى الأسفل.

ما القوة التي تدفع السفينة إلى الأعلى؟ يُطلق على هذه القوة اسم قوة الطفو. إذا كانت قوة الطفو تساوي وزن الجسم، سيطفو الجسم. وإذا كانت قوة الطفو أقل من وزن الجسم، سيغوص الجسم. إنّ **الطفو** هو قدرة المائع (سائل أو غاز)، على التأثير بقوة دفع إلى الأعلى في الجسم المغمور فيه.

مبدأ أرخميدس في القرن الثالث قبل الميلاد، وضع عالم الرياضيات اليوناني أرخميدس اكتشافه حول الطفو. وجد أرخميدس أنّ قوة الطفو المؤثّرة في الجسم تساوي وزن المائع الذي أزاحه الجسم. فعلى سبيل المثال، إذا وضعت قطعة خشبية في الماء، فإنها ستدفع الماء بعيدًا عن طريقها عندما تبدأ في الغوص — ولكن ذلك سيحدث فقط حتى يتساوى وزن الماء المُزاح مع وزن القطعة.

عندما يتساوى وزن الماء المُزاح، أي قوة الطفو، مع وزن القطعة، ستطفو القطعة. أما إذا كان وزن الماء المُزاح أقل من وزن القطعة، ستغوص القطعة. يُبيّن **الشكل 13** القوى التي تؤثر في الأجسام في الموائع.

التأكد من فهم النص استدلّ على سبب غوص الصخر في الماء وطفو الكرات المطاطية.

الشكل 13 يغوص القالب الفولاذي لأن قوة الطفو التي يؤثّر بها المائع في الجسم أقل من قوة الجاذبية. عندما تساوي قوة الطفو قوة الجاذبية أو تزيد عنها، يطفو الجسم مثلما حدث مع القطعة الخشبية.

قارن بين حجم القطعة الخشبية وحجم القالب الفولاذي. كيف يمكن المقارنة بين كتلة القطعة الخشبية وكتلة القالب الفولاذي؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

مظلات الهبوط والضغط

اطلب من الطلاب شرح سبب إبطاء المظلة لنزول الشخص (أو الشيء) الذي يهبط. تمتلئ مظلات الهبوط بالهواء. تكون مساحة سطح المظلة أكبر بكثير من مساحة سطح الشيء الذي يهبط. أخبر الطلاب أنّ الهواء مائع. اطلب منهم ابتكار تعريف للمائع. ستتنوّع الإجابات. قد يعتقد الطلاب أنّ الموائع هي سوائل. أخبر الطلاب أنّ الموائع لها خصائص مشتركة، مثل بذل القوى، كما في مثال مظلة الهبوط.

الربط بالمعرفة السابقة

يغوص أم يطفو اطلب من الطلاب تسمية أشياء يعرفون أنها تغوص أو تطفو في الماء. وكلّفهم بوضع فرضية حول سبب طفو شيء ثقيل مثل المركب.

تحليل الكلمة اكتب كلمة طافية على السبورة. اسأل الطلاب ما إذا كانوا رأوا أو سمعوا هذه الكلمة من قبل. إذا لم يكن الطلاب على دراية بالمصطلح، اعرض صورة للطافية وناقش الغرض منها. اطلب منهم ابتكار تعريف مناسب لكلمة الطفو بناءً على معرفتهم أو فهمهم لماهية الطافية ووظيفتها.

التأكد من فهم النص

تغوص الصخور لأنّ وزنها أكبر من قوة الطفو. وتطفو الكرات المطاطية لأنّ قوة طفو الماء أكبر من وزن الكرة.

سؤال حول الشكل 13

تكون أحجام القطع متماثلة. ولكن كتلة القطعة الخشبية أقل من كتلة القالب الفولاذي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

2 التدريس

تجربة مصغرة

الهدف سيحقق الطلاب في خصائص الكثافة والطفو.

المواد إناءان تبلغ سعة كلّ منهما 100 mL؛ ومخبار مدرج؛ وساق تحريك؛ وشراب الذرة؛ وماء؛ وزيت نباتي (10 mL لكل واحد)؛ وملوّن غذائي؛ قطعة من رقائق الألمنيوم يبلغ مقاسها 0.5 cm × 0.5 cm؛ وقطعة فولاذية؛ وحبوب الفلفل

استراتيجيات التدريس احرص على تخلص الطلاب من القطع الفولاذية ورقائق الألمنيوم وحبوب الفلفل في سلة المهملات لا في الحوض.

احتياطات السلامة يجب أن يرتدي الطلاب نظارات واقية ومعطف المختبر للقيام بهذا النشاط.

التحليل

1. إنّ المواد مرتبة في طبقات وفقًا لكثافاتها. فستجد شراب الذرة (أعلى كثافة) في القاع والماء (متوسّط الكثافة) في الوسط والزيت (أقل كثافة) في الأعلى.
2. كان وزن الرقائق أقل من قوة طفو الزيت المُزاح، لذا طفت إلى سطح الزيت. كان وزن حبوب الفلفل أقل من قوة طفو الماء المُزاح وأكبر من قوة طفو الزيت. وكان وزن القطعة الفولاذية أكبر من قوة طفو كل السوائل، لذا غاصت إلى القاع.

التقويم

العملية اطلب من الطلاب إنشاء رسومات تُبيّن الطبقات الموجودة في الأواني. ويجب أن يسموا بوضوح كل قسم وكل عنصر في الرسم.

■ **الشكل 14** تكون الكثافة الكلية لسفينة عميلاقة أقل من كثافة الماء. وذلك لأنّ جسم السفينة الفارغ يحتوي في الأغلب على الهواء.

استدلّ على سبب عدم صنع مركب من الفولاذ الصلب.

تجربة مصغرة

الربط بين الكثافة والطفو

الإجراء

1. اقرأ الإجراءات وحدّد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اسكب 10 mL من شراب الذرة في كأس تبلغ سعته 100 mL. أضف في كأس آخر من 3 إلى 4 قطرات من الملوّن الغذائي فوق 10 mL من الماء. اسكب الماء المصبوغ في الكأس الذي يحتوي على شراب الذرة وتبلغ سعته 100 mL. أضف 10 mL من الزيت النباتي في الكأس.
3. ألقِ قطعة من رقائق الألمنيوم تبلغ مساحتها 0.5 cm^2 وقطعة فولاذية وكيسًا كاملًا من حبوب الفلفل في الكأس.

التحليل

1. اشرح، باستخدام مفهوم الكثافة، سبب انقسام محتويات الكأس إلى طبقات.
2. اشرح، باستخدام مفهوم الطفو، سبب استقرار كل من الرقائق والقطعة الفولاذية وحبيبات الفلفل في الأماكن الخاصة بها.

إجراء مقارنة بين الطفو والوزن انظر مرة أخرى إلى قطعتي الخشب والفولاذ في **الشكل 13**. أزاحت كلتاهما الكتلة والوزن أنفسهما من الماء عندما غُمرتا. لذا، تتساوى قوى الطفو المؤثّرة في القطعتين. ومع ذلك، يغوص القالب الفولاذي وتطفو القطعة الخشبية. ما أوجه الاختلاف؟

وزن القالب الفولاذي أثقل بكثير من وزن القطعة الخشبية. لذا تكون قوة الجاذبية المؤثّرة في القالب الفولاذي كافية للتسبُّب في غوصه. بينما تكون قوة الجاذبية المؤثّرة في القطعة الخشبية غير كافية للتسبُّب في غوصها.

الكثافة والطفو تُعدّ المقارنة بين كثافة الجسم وكثافة المائع الذي وُضِع فيه إحدى الطرق لمعرفة ما إذا كان الجسم سيطفو أم سيغوص. يطفو الجسم إذا كانت كثافته أقل من كثافة المائع. تذكّر أنّ الكثافة هي كتلة وحدة الحجوم من المادة. إنّ كثافة القالب الفولاذي أكبر من كثافة الماء، في حين أنّ كثافة القطعة الخشبية أقل من كثافة الماء.

افترض أنّك حوّلت شكل القالب الفولاذي ليشبه شكل هيكل السفينة الممتلئ بالهواء، كما في **الشكل 14**. تشغل الكتلة نفسها الآن حجمًا أكبر. وبالتالي، ستكون الكثافة الكلية للقارب الفولاذي والهواء أقل من كثافة الماء. لذا، سيطفو القارب الآن.

التأكد من فهم النص اشرح سبب غوص القالب الفولاذي وطفو السفينة الفولاذية.

مبدأ باسكال والضغط

اكتشف بليز باسكال (1623–1662)، وهو عالم فرنسي، أنّ الضغط المؤثّر في المائع ينتقل عبر المائع. لذلك، يفسّر سبب خروج معجون الأسنان من أحد طرفَي أنبوب معجون الأسنان عند الضغط على الطرف الآخر. فقد انتقل الضغط عبر معجون الأسنان. يجب أن نفهم الضغط أولًا حتى نفهم مبدأ باسكال.

■ **سؤال حول الشكل 14**
إنّ كثافة الفولاذ الصلب أكبر من كثافة الماء. لذا، لن تطفو سفينة مصنوعة من الفولاذ الصلب.

التأكد من فهم النص
تكون كثافة السفينة الفولاذية أقل بكثير من القالب الفولاذي لأنها ممتلئة بالهواء. إذا كانت الكثافة الكلية أقل من كثافة الماء، فسيطفو الجسم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الضغط يؤثّر فيك الآن ضغط الهواء من كافة الجوانب مثل الضغط الذي تشعر به تحت الماء في حمام السباحة. و**الضغط** هو القوة المؤثّرة في وحدة المساحة.

معادلة الضغط

$$\text{الضغط (Pa)} = \frac{\text{القوة (N)}}{\text{المساحة } (m^2)}$$

$$P = \frac{F}{A}$$

يُقاس الضغط وفق النظام الدولي للوحدات بالباسكال (Pa). واحد باسكال يساوي نيوتن واحدًا لكل متر مربع (N/m^2). وذلك لأن الضغط يساوي مقدار القوة المؤثّرة مقسومًا على المساحة. تُعطى معظم الضغوط بالكيلو باسكال (kPa). وذلك لأنّ 1 Pa يمثّل مقدارًا صغيرًا جدًا من الضغط.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الضغط pressure

الاستخدام العلمي *science usage*
القوة في كل وحدة مساحة
زيادة الضغط على الغاز تقلل من حجمه.

الاستخدام العام *common usage*
العبء الناتج عن الاضطراب الجسدي أو العقلي
يشعر المدرّسون غالبًا بالكثير من الضغوطات حتى يتمكّنوا من مساعدة طلابهم على القيام بعمل جيد في المدرسة.

مثال المسألة 1

احسب القوة يبلغ ضغط الغلاف الجوي عند مستوى سطح البحر حوالي 101 kPa. كم مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الغلاف الجوي للأرض على الإنسان العادي عند مستوى سطح البحر؟ افترض أنّ مساحة السطح للإنسان العادي تساوي $1.80\ m^2$.

وضع قائمة بالمجهول:
القوة، F

ضَعْ قائمة بالمعلوم:
الضغط، $P = 101\ kPa = 101{,}000\ Pa$
المساحة، $A = 1.80\ m^2$

إعداد المسألة:

$$P = \frac{F}{A}$$

حلُّ المسألة:

$$101{,}000\ Pa = P = \frac{F}{1.80\ m^2}$$

$$F = 101{,}000\ Pa \times 1.80\ m^2$$

$$= 182{,}000\ Pa \cdot m^2 = 182{,}000\ \frac{N}{m^2} \cdot m^2 = 182{,}000\ N$$

التحقق من الإجابة:
لقد أعددت المسألة بطريقة صحيحة إذا كانت الوحدات متماثلة على كلا الجانبين، وحدات الضغط = N/m^2 = Pa و(وحدات القوة)/(وحدات المساحة) = N/m^2.
تتطابق الوحدات الموجودة على طرفَي المعادلة.
ليس عليك سوى أن تتحقّق مجددًا من العملية الحسابية.

تطبيق

1. يشعر غواص وصل إلى عمق يبلغ 10.0 m تحت الماء بضغط يبلغ مقداره 202 kPa. إذا بلغت مساحة سطح الغواص $1.50\ m^2$، فما مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الماء على الغواص؟
2. يبلغ وزن السيارة 15,000 N. ونفخت إطاراتها لضغط يبلغ مقداره 190 kPa.
فكم ستبلغ مساحة إطارات السيارة التي تلامس الطريق؟
3. **تحدي** يساوي ضغط الغلاف الجوي على سطح كوكب الزهرة 91 مثل الضغط عند مستوى سطح البحر على كوكب الأرض. كم يبلغ تقريبًا مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الغلاف الجوي لكوكب الزهرة على الإنسان العادي عند مستوى سطح البحر؟ افترض أنّ مساحة السطح للإنسان العادي تساوي $1.8\ m^2$.

تحديد المفاهيم الخاطئة

اتجاه الضغط قد يعتقد الطلاب أنّ ضغط الهواء أو الماء يُبذل فقط إلى الأسفل عندما يعلمون أنّ عمودًا من الهواء أو الماء يبذل ضغطًا على المساحة أسفله. اشرح أنّ الضغط يُبذل في كل الاتجاهات، حتى إلى الجانب أو إلى الأعلى. اذكر مثال ملء البالون بالهواء.

الضغط والقوة قد يخلط بعض الطلاب بين الضغط والقوة. شدّد على أنّ الضغط هو ناتج قسمة القوة على المساحة التي بُذلت فوقها. سيؤدي مربع **معادلة الضغط (ومثال مسألة 1)** إلى استيعاب أفضل للعلاقة بين الضغط والقوة.

تطبيق

1. 303,000 N
2. $0.079\ m^2$
3. 17,000,000N (16,543,800N)

القراءة النشطة

خريطة فقاعات يساعد استخدام خريطة الفقاعات الطلاب على بدء تدفق الأفكار حول موضوع محدد. تُجمع الكلمات لتصف موضوعًا أو فكرة تُدرَس. يمكن أن يستخدم الطلاب خريطة الفقاعات كوسيلة للتحضير قبل الكتابة، أو لابتكار أفكار قبل الكتابة في يومياتهم في العلوم، أو للمراجعة قبل الاختبار. اطلب من الطلاب تصميم خريطة فقاعات تبيّن خصائص الموائع التي تمّت مناقشتها في هذا القسم.

التدريس المتمايز

الطالب دون المستوى راجع العملية الحسابية في **مثال مسألة 1** مع هؤلاء الطلاب ببطء وبتمعُّن. اسمح للطلاب باستخدام الآلة الحاسبة لحل مثال المسألة. تحقق من كل عدد يدخلونه في الآلة الحاسبة لتتأكد من صحته.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التعلم بالوسائل البصرية

الشكل 15 ذكّر الطلاب بأنّ الضغط هو القوة المؤثّرة في وحدة المساحة. راجع معهم الضغط ومساحة كل جانب من الآلة الهيدروليكية في هذا الشكل والقوى المؤثّرة في كل جانب. ش م

مناقشة

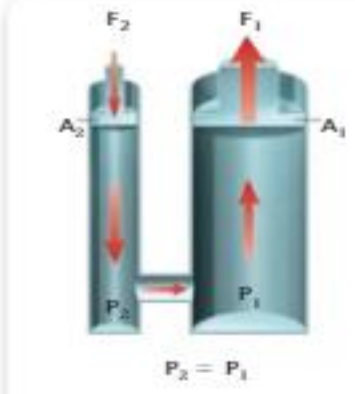
الاستنتاج الرياضي إذا تحرّك المكبس الموجود جهة اليسار في **الشكل 15** إلى الأسفل مسافة 10 cm، فهل سيتحرّك المكبس الموجود جهة اليمين إلى الأعلى مسافة 10 cm، أم أقل من 10 cm، أم أكثر من 10 cm؟ أقل من 10 cm ف م

استخدام تشبيه

نقل حمولات ثقيلة يشبه المصعد الهيدروليكي رافعة حديثة نقطة ارتكازها قريبة من الحمولة أكثر من قربها من قوة الجهد. وفي كليهما، تنتقل قوة قليلة نسبيًا مسافة طويلة لتنقل حمولة ثقيلة مسافة قصيرة.

تطبيق

1. $1.4\ m^2$
2. 50 N



الشكل 15 ضغط المائع المؤثّر في أحد جوانب المصعد الهيدروليكي يساوي الضغط المؤثّر في الجانب الآخر.

مبدأ باسكال يمكن كتابة فكرة انتقال الضغط عبر المائع في معادلة: الضغط الداخل = الضغط الخارج. وبما أنّ الضغط يساوي القوة مقسومة على المساحة، فيمكن كتابة مبدأ باسكال بطريقة أخرى.

مبدأ باسكال

$$\frac{\text{القوة الداخلية (N)}}{\text{مساحة المنطقة الداخلية } (m^2)} = \frac{\text{القوة الخارجية (N)}}{\text{مساحة المنطقة الخارجية } (m^2)}$$

$$\frac{F_{\text{داخلة}}}{A_{\text{داخلة}}} = \frac{F_{\text{خارجة}}}{A_{\text{خارجة}}}$$

المصاعد الهيدروليكية غالبًا ما تستغل ورش التصليح الآلي المصاعد الهيدروليكية التي تنقل الحمولات الثقيلة وفقًا لمبدأ باسكال. يربط أنبوب ممتلئ بمائع بين أسطوانات صغيرة وكبيرة، كما هو مبيّن في **الشكل 15**. ينتقل الضغط المؤثّر في الأسطوانة الصغيرة عبر المائع إلى الأسطوانة الكبيرة. يمكنك أن تستخدم وزنك لرفع شيء ما أثقل منك بكثير باستخدام المصعد الهيدروليكي.

مثال المسألة 2

احسب القوى استُخدم المصعد الهيدروليكي لرفع آلة ثقيلة تدفع منصة تبلغ مساحتها $2.8\ m^2$ إلى الأسفل بقوة تبلغ 3,700 N. ما القوة التي يجب أن تؤثّر في مكبس تبلغ مساحته $0.072\ m^2$ لرفع الآلة الثقيلة؟

وضع قائمة بالمجهول:

القوة المؤثّرة في المكبس: $F_{\text{داخلة}}$

ضع قائمة بالمعلوم:

القوة المؤثّرة في المنصة: $F_{\text{خارجة}} = 3{,}700\ N$

مساحة المنصة: $A_{\text{خارجة}} = 2.8\ m^2$

مساحة المكبس: $A_{\text{داخلة}} = 0.072\ m^2$

إعداد المسألة:

$$\frac{F_{\text{داخلة}}}{A_{\text{داخلة}}} = \frac{F_{\text{خارجة}}}{A_{\text{خارجة}}}$$

حلُّ المسألة:

$$F_{\text{داخلة}} = A_{\text{داخلة}}\left(\frac{F_{\text{خارجة}}}{A_{\text{خارجة}}}\right)$$

$$95\ N = 0.072\ m^2\left(\frac{3{,}700\ N}{2.8\ m^2}\right)$$

التحقق من الإجابة: يجب أن تساوي النسبة بين القوى النسبة بين المساحات. تساوي مساحة المنصة حوالي 40 مثل مساحة المكبس. لذا، تساوي القوة المؤثّرة في المنصة حوالي 40 مثل القوة المؤثّرة في المكبس. يكون المقدار 3,700 N تقريبًا أكبر بـ 40 مثل من المقدار 95 N. لذا تُعدّ الإجابة معقولة.

تطبيق

1. تقف سيارة تزن 15,000 N على منصة مصعد هيدروليكي تبلغ مساحتها $10\ m^2$. ما مساحة المكبس الصغير إذا استُخدمت قوة ببلغ مقدارها 1,100 N لرفع السيارة؟
2. **تحدي** يؤثّر صندوق شحن ثقيل بقوة ببلغ مقدارها 1,500 N في مكبس تبلغ مساحته $25\ m^2$. يبلغ حجم المكبس الصغير 1/30 من حجم المكبس الكبير. ما القوة الضرورية لرفع صندوق الشحن؟

دعم محتوى المعلّم

تطبيق مبدأ باسكال يخرج معجون الأسنان من الطرف المفتوح من الأنبوب عندما تضغط على الطرف المعاكس، وذلك لأنّ الضغط ينتقل عبر المائع. وبالمثل، سيتسبب الضغط على أحد أطراف البالون في انتفاخ الطرف الآخر.

استراتيجية القراءة

رسوم توضيحية اطلب من الطلاب العمل في مجموعات ثنائية لإنشاء رسوماتهم التوضيحية لنظام المصعد الهيدروليكي. اطلب منهم قراءة النصّ، وإلقاء نظرة على معادلة مبدأ باسكال، وعنونة رسوماتهم باستخدام المصطلحات التالية: القوة الداخلة ومساحة المنطقة الداخلة والقوة الخارجية ومساحة المنطقة الخارجة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مبدأ برنولي

دانيال برنولي (1700–1782) هو عالم سويسري درس خصائص الموائع المتحرّكة مثل الماء والهواء. وجد برنولي أنّ السرعة المتجهة للمائع تزيد عندما يكون تدفق المائع محدودًا. يوضّح وضعك لإبهامك عند فتحة خرطوم حديقة مفتوح هذا التأثير، كما هو مبيّن في **الشكل 16**. عندما يقل حجم فتحة الخرطوم، يتدفق الماء بسرعة أكبر.

تفحّص برنولي العلاقة بين تدفق المائع والضغط. قد تظن أنّ زيادة السرعة المتجهة لتدفق المائع سيزيد من ضغطه، لكن برنولي وجد أنّ العكس صحيح. فوفقًا لمبدأ برنولي، كلما زادت السرعة المتجهة للمائع، قلّ الضغط الذي يؤثّر فيه هذا المائع. وقد نشر هذا الاكتشاف في العام 1738.

يُعدّ الخرطوم المنتهي برشاش أحد تطبيقات مبدأ برنولي. يُستخدَم هذا الرشاش لرش الأسمدة والمبيدات الحشرية في الأماكن المزروعة والحدائق. لكي تستخدم هذا الرشاش، يجب أن تضع محلولًا مركّزًا من المادة الكيميائية التي تريد رشّها في الرشاش. ثم توصل الرشاش بخرطوم الحديقة. كما هو مبيّن في **الشكل 17**. يوجد أنبوب يشبه الشفاطة متصل بغطاء الوحدة. فتكون نهاية الأنبوب مغمورة في المادة الكيميائية المركّزة. يجب أن تجعل معدّل الماء المتدفق إلى خرطوم الحديقة عاليًا.

عندما تكون مستعدًا لرش المواد الكيميائية على العشب أو منطقة النباتات، يجب أن تضغط على مفتاح موجود على اليد الملحقة بالرشاش. يسمح هذا الأمر للماء بالتدفق في الخرطوم بمعدل سرعة عالٍ، ويكوّن ذلك منطقة ذات ضغط منخفض فوق الأنبوب الذي يشبه الشفاطة. يُمتصّ المحلول الكيميائي المركّز عبر الشفاطة، ثم يخرج مع تيار الماء. يختلط المحلول المركّز مع الماء، مما يقلّل التركيز إلى مستوى مناسب، كما يكوّن رذاذًا يسهل رشّه.

التأكد من فهم النص صِف كيف يتغيّر الضغط مع زيادة السرعة المتجهة للمائع.

الشكل 16 يعتبر مبدأ برنولي لماذا تؤدي تغطية نهاية الخرطوم إلى تدفق أسرع للماء. عندما يصبح تدفق المائع محدودًا، تزيد سرعته.

الشكل 17 يوظف الخرطوم المنتهي برشاش مبدأ برنولي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التعلم بالوسائل البصرية

الشكل 17 اطلب من الطلاب تتبع مسار تدفق الماء في الخرطوم المنتهي برشاش. أشر إلى أنّ تدفق الماء محدود أثناء دخوله إلى مقبض الرشاش. اسأل الطلاب عن تأثير هذا في السرعة المتجهة للماء. سيزيد منها.

التأكد من فهم النص

ينخفض الضغط مع ازدياد السرعة المتجهة للمائع.

على مستوى المقرّر ككلّ

علم الحياة تُعدّ الصهارة، أو الصخور المسالة من البركان، مثالًا على السائل ذي اللزوجة المتنوعة. تعتمد لزوجة الصهارة على تركيبتها. وتحدّد لزوجة تدفق الحمم البركانية الناتجة شكل المخروط البركاني. اطلب من الطلاب تحديد طريقة تأثير لزوجة الحمم البركانية في شكل البركان.

يرتبط البركان الدرعي بحمم بركانية ذات لزوجة منخفضة. وتُنتِج الحمم البركانية ذات اللزوجة العالية مخاريط شديدة الانحدار.

البحث شجّع الطلاب على اكتشاف المزيد حول الصهارة وأنواع المخاريط التي تكوّنها، واطلب منهم إنشاء ملصق يعرض طريقة تكوُّن أنواع مختلفة من المخاريط.

التدريس المتمايز

تحدي أخبر الطلاب أنّ تأثير فنتوري يُعدّ مثالًا خاصًا حول مبدأ برنولي. اطلب منهم اكتشاف ماهية تأثير فنتوري وإنشاء نموذج يوضّحه.

وفقًا لتأثير فنتوري، تزيد سرعة المائع عندما يتحرّك عبر ممر ضيق. قد تشمل النماذج جدولًا ذا قاع رملي فيه جزء ضيق. ELL

دعم محتوى المعلّم

مساحات ضيقة تزيد سرعة تدفق الموائع عندما تُدفع إلى التدفق عبر مساحات ضيقة. يُعدّ نقص الضغط الناتج في هذه المساحات حالة خاصة لمبدأ برنولي. عندما تهب الرياح بين صفوف ناطحات السحاب، قد يتسبب ضغط الهواء المنخفض خارج المباني في انهيار النوافذ.

■ **سؤال حول الشكل 18**
اقبل بكل الإجابات الصحيحة علميًا.

بعد القراءة

تمثيل الأدوار العلمية اطلب من الطلاب إجراء بحث عن برنولي وباسكال وإنجازاتهما التي ساعدت في استيعابنا للموائع. اطلب من طالبين تمثيل دور برنولي وباسكال ليقدما نتائج أبحاثهما إلى المجتمع العلمي. ويؤدّي باقي الطلاب دور علماء أقران يراجعون عملهما.

3 التقويم

التأكد من الفهم

حركي اطلب من الطلاب ملاحظة مبدأ باسكال عن طريق الضغط برفق على أحد أطراف البالون وملاحظة تأثير ذلك. اطلب استخدام مصطلحي الضغط والمائع لشرح الأمر الذي حدث عندما ضغط الطلاب برفق على البالون.

إعادة التدريس

الطفو اطلب من الطلاب اختيار العديد من الأشياء التي تغوص أو تطفو في الماء. اطلب منهم استخدام مصطلحات الكثافة والحجم والوزن لشرح سبب غوص الشيء أو طفوه. خ م

التقويم

العملية اطلب من كل طالب وضع فرضية حول ما سيحدث إذا أطلقوا الهواء بين علبتين فارغتين لمشروبات غازية، وذلك بعد وضعهما على جانبيهما على بُعد 2 cm بعضهما من بعض. اطلب منهم اختبار فرضياتهم. ستقترب العلبتان بعضهما من بعض.

■ **الشكل 18** يتدفق شراب نبات الفيفب ببطء لأنّ لديه لزوجة عالية.

حدّد أمثلة أخرى للسوائل التي لديها لزوجة عالية.

اللزوجة

تُعدّ قابلية المائع على التدفّق خاصية أخرى يتّصف بها المائع. على الرغم من أنّ كل الموائع تتدفّق، إلا أنّها تختلف في معدلات تدفقها. إنّ **اللزوجة** هي مقاومة المائع للتدفق. على سبيل المثال، عندما تأخذ شرابًا من الثلاجة وتسكبه، كما هو مبيّن في **الشكل 18** ستجد أنّ معدل تدفق الشراب بطيء. لكن إذا سخّنت هذا الشراب، فستزيد سرعة تدفقه كثيرًا. يتدفق الماء بسهولة لأنّ لديه لزوجة قليلة. بينما يتدفق الشراب البارد ببطء لأن لديه لزوجة عالية.

ما الذي يتسبّب في حدوث اللزوجة؟ عند إمالة وعاء السائل لتسمح له ببدء التدفق، ينقل الجزء المتدفق من السائل الطاقة إلى الجزء الساكن من السائل. نتيجة لذلك، يشدّ الجزء المتدفق من السائل الجزء الساكن، مما يتسبب في تدفقه أيضًا.

إذا لم يشد الجزء المتدفق الأجزاء الأخرى من السائل لتتحرّك بفاعلية، فيعني ذلك أنّ السائل لديه لزوجة عالية، ألا وهي المقاومة العالية للتدفق. إذا شدّ الجزء المتدفق الأجزاء الأخرى من السائل لتتحرّك بسهولة، فيعني ذلك أنّ السائل لديه لزوجة قليلة، ألا وهي المقاومة المنخفضة للتدفق.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- إذا كانت قوة الطفو المؤثّرة في جسم ما مساوية أو أكبر من قوة الجاذبية المؤثّرة في هذا الجسم، سيطفو الجسم. إذا كانت قوة الطفو المؤثّرة في جسم ما أقل من قوة الجاذبية المؤثّرة في هذا الجسم، سيغوص الجسم.
- ينص مبدأ باسكال على أنّ الضغط المؤثّر في المائع ينتقل خلال المائع.
- ينص مبدأ برنولي على أنّه كلما زادت السرعة المتجهة للمائع، قلّ الضغط الذي يؤثّر فيه هذا المائع.
- تُسمى مقاومة المائع للتدفق باللزوجة.

1. **صف** كيفية بذل الموائع للقوة على الأجسام. مراجعة
2. **اشرح** سبب طفو مركب من الفولاذ على الماء وغوص قالب من الفولاذ.
3. **اشرح** لماذا يؤدي الضغط على زجاجة الكاتشب البلاستيكية إلى دفع الكاتشب إلى الخارج من الأعلى.
4. **صف**، باستخدام مبدأ برنولي، طريقة رفع أسطح المباني في الأعاصير الضمية.
5. **التفكير الناقد** إذا نفخت بالونًا وربطته ثم أطلقته، فسيقع على الأرض. لماذا يقع بدلًا من أن يطفو؟ اشرح ما كان سيحدث لو احتوى البالون على الهيليوم بدلًا من الهواء.

تطبيق مفاهيم رياضية

6. **احسب القوة** تبلغ كثافة الماء 1.0 g/cm^3. ما حجم الماء بالكيلوجرام الذي يزيحه قالب مغمور يبلغ حجمه 120 cm^3؟ تذكر أنّ 1.0 kg يزن 9.8 N على الأرض. ما قوة الطفو المؤثّرة في القالب؟
7. **حل المعادلة** ما مقدار القوة الضرورية لرفع جسم يبلغ وزنه 21,000 N فوق مكبس تبلغ مساحته 0.060 m^2 إذا كانت مساحة المنصة التي تُرفع تبلغ 3.0 m^2؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 مراجعة

1. تبذل الموائع ضغطًا، وتنقل القوة بتساوٍ في كل مكان، ثم تتدفق.
2. إنّ الكثافة الكلية لسفينة ممتلئة بالهواء أقل من كثافة الماء. وكذلك كثافة القالب الفولاذي أكبر من كثافة الماء.
3. عندما تضغط على أحد أطراف حاوية الخردل، سينتقل الضغط عبر الخردل ليدفعه إلى أعلى الحاوية ليخرج.
4. تكوّن رياح الأعاصير السريعة الحركة منطقة ذات ضغط منخفض فوق السطح. فيصبح الضغط تحت السطح أكبر من الضغط فوق السطح، مما يدفع السطح إلى الأعلى.
5. إنّ الهواء الموجود في البالون مضغوط. لذلك، سيزيد وزنه عن قوة الطفو الخاصة بالهواء المحيط. بينما كثافة الهيليوم أقل من الهواء، لذا سيطفو البالون.

تطبيق مفاهيم رياضية

6. تبلغ كتلة الماء المُزاح 1.0 $g/cm^3 \times 120\ cm^3$، أو 120 g. وذلك يساوي 0.12 kg. تبلغ قوة الطفو 0.12 kg × 9.8 N/kg، أو 1.2 N.
7. $F_{\text{داخلة}} = A_{\text{داخلة}}/A_{\text{خارجة}} F_{\text{خارجة}}$ / $(0.060\ m^2)(21{,}000\ N) = 3.0\ m^2$ 420 N

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تهيئة للقراءة

الأسئلة الرئيسة

- كيف يضغط الغاز على الإناء الذي يوجد فيه؟
- كيف يتأثر الغاز عند تغيُّر الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم؟

مفردات للمراجعة

درجة الحرارة temperature: مقياس متوسط الطاقة الحركية لكل الجسيمات الموجودة في جسم ما

مفردات جديدة

قانون بويل — boyle's law
قانون شارل — charles's law

سلوك الغازات

الفكرة الرئيسة **تستجيب الغازات للتغيُّرات في الضغط ودرجة الحرارة والحجم بطرق يمكن توقعها.**

روابط من القراءة بالحياة اليومية إذا سبق لك أن تسلّقت جبلًا، فمن المحتمل أن تكون قد عانيت من اللهاث لأنّ التنفّس يزداد صعوبة. تطير الطائرات النفاثة الحديثة على ارتفاعات أعلى بكثير يكون عندها التنفّس شبه مستحيل. يجب أن تكون مقصورات تلك الطائرات مزودة بهواء مضغوط بشكل خاص من أجل الأشخاص الذين على متنها. وللقيام بذلك بشكل فعّال، يجب فهم سلوك الغازات.

قانون بويل – الحجم والضغط

هل سبق لك أن رأيت بالون رصد جوي مثل ذلك المبيّن في **الشكل 19**؟ تحمل تلك البالونات أدوات استشعار إلى ارتفاعات عالية جدًا لاستكشاف معلومات عن الطقس. يُملأ بالون الرصد الجوي بالقرب من سطح الأرض بغاز منخفض الكثافة.

تذكّر أنّ الغاز يملأ الوعاء تمامًا. يبقى البالون منتفخًا بفعل التصادمات التي تحدث بين جسيمات الغاز داخل البالون والبالون نفسه. بمعنى آخر، ستؤدّي تلك التصادمات بين جسيمات الغاز والوعاء إلى ممارسة الغاز ضغطًا على الوعاء. كلما ارتفع البالون، قلّ ضغط الغلاف الجوي خارج البالون. يسمح هذا الانخفاض في الضغط للبالون بالتمدُّد، ليصل في النهاية إلى حجم يعادل ما بين 30 إلى 200 مثل حجمه الأصلي. يصف قانون بويل العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه التي تفسّر سلوك بالونات الرصد الجوي.

التأكد من فهم النص صِف ما يحدث لبالونات الرصد الجوي أثناء ارتفاعها.

الشكل 19 يتمدّد بالون الرصد الجوي أثناء ارتفاعه بفعل نقص الضغط الخارجي. في نهاية الأمر، يتمزّق البالون وتسقط الأدوات مرة أخرى إلى الأرض.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

الضغط قد يكون لدى الطلاب مسبقًا فكرة عن العلاقة بين درجة الحرارة والضغط والحجم. اسأل الطلاب عما قد يحدث إذا سخّنت إناء (وعاء أو علبة) مغلقًا ممتلئًا بالغاز أو وضعته في النار. ستختلف الإجابات، لكن سيشير معظمه إلى احتمالية انفجار الحاوية أو تمدُّدها. أخبر الطلاب أنّ الغازات تبذل ضغطًا زائدًا وغالبًا تزيد أحجامها بزيادة درجات الحرارة

الربط بالمعرفة السابقة

طقطقة الأذنان اسأل الطلاب ما إذا شعروا من قبل بطقطقة في آذانهم عند زيادة الارتفاع. ناقش تغيُّرات الضغط التي تتسبب في هذا.

الغازات المثالية أدى عمل بويل وشارل (بجانب برنولي، وباسكال، وآخرين) إلى تكوين نظرية عامة تشرح خواص الغازات، وهي النظرية الحركية. اطلب من الطلاب مراجعة الافتراضات الأربعة الخاصة بالنظرية الحركية (الموصوفة في القسم 1). 1. تتكوّن كل المواد من جسيمات دقيقة. 2. تكون الجسيمات في حالة حركة مستمرة عشوائية. 3. تصطدم الجسيمات ببعضها وبجُدُر الوعاء. 4. يمكن إهمال كمية الطاقة التي تفقدها الجسيمات نتيجة لتلك التصادمات. بينما يتعلّم الطلاب قانوني بويل وشارل، اطلب منهم محاولة شرح هذه القوانين من حيث سلوك الجسيمات التي تكوّن الغازات.

التأكد من فهم النص

تستمر بالونات الرصد الجوي في التمدُّد حتى تتمزق في النهاية وتهبط إلى الأرض.

القسم 3 • سلوك الغازات 457

2 التدريس

النشاط

البارومتر أحضر بارومترًا إلى الصف الدراسي. اطلب من الطلاب قياس الضغط وتسجيله، والاحتفاظ بسجل لحالات الطقس كل يوم لعدة أيام. اطلب منهم البحث في البيانات عن الارتباطات. قد يلاحظون أنّ الأيام ذات الضغط المنخفض تميل إلى أن تكون ملبدة بالغيوم مع وجود هطول، ولكن الأيام ذات الضغط المرتفع تكون على الأرجح صافية. تدم

مناقشة

غازات مضغوطة في رأيك، لماذا تُحفظ الغازات المستخدمة في الصناعة في أسطوانات مضغوطة؟ لتقليل الحجم الذي تشغله الغازات، مما يُسهّل عملية تخزينها ونقلها تعم

التأكد من فهم النص

بنقص الحجم، يزيد الضغط.

عرض توضيحي سريع

تغيير الحجم

المواد بالون، دبوس

الزمن المقدَّر 5 دقائق

الإجراء انفخ البالون واربط نهايته. اسأل الطلاب ما إذا كان مقدار الضغط أكبر داخل البالون أم خارجه. في الداخل اسأل الطلاب عما سيحدث إذا وخزت البالون بدبوس وسبب ذلك. سيصبح مقدار الضغط أكبر داخل البالون، لذا سيتدفق الهواء من الضغط المرتفع (داخل البالون) إلى الضغط المنخفض (خارج البالون). سيقلّ حجم البالون لأنّ الضغط قل عند وخز البالون بالدبوس.

■ **سؤال حول الشكل 20**
إذا تضاعف الضغط، ينخفض الحجم إلى النصف.

الحجم والضغط يمكن أن يتغيّر حجم البالون لأنّه مرن. وفي حالة بالون الرصد الجوي، يزداد الحجم عند انخفاض الضغط الخارجي. يستمر حجم الغاز الموجود داخل بالون الرصد الجوي في الازدياد حتى لا يتمكّن البالون من احتوائه. عند تلك المرحلة، يتمزّق البالون وتسقط أدوات الاستشعار التي كان يحملها على الأرض.

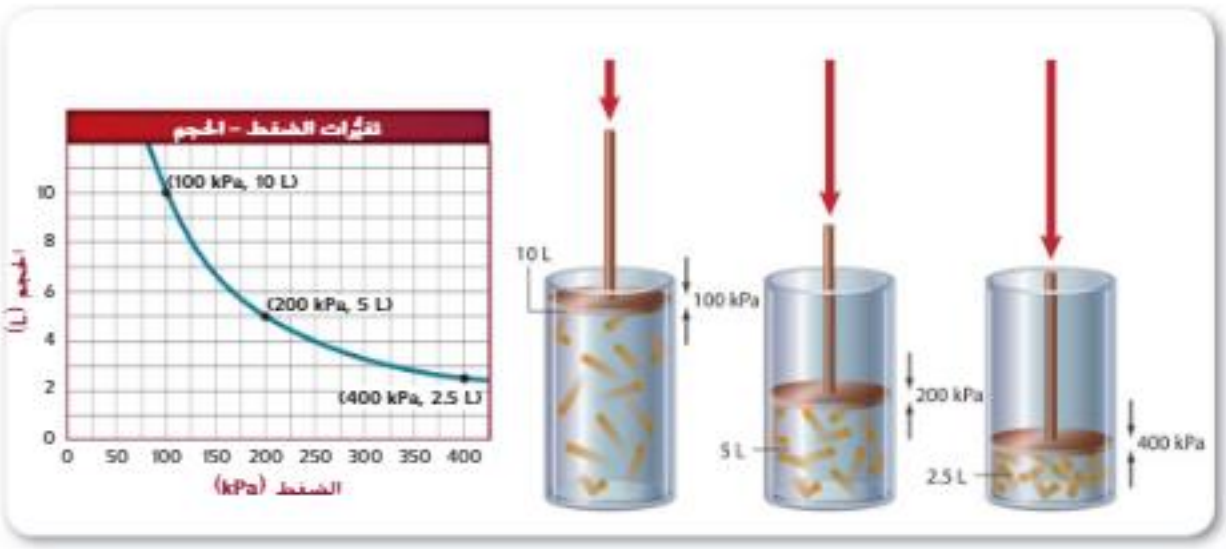
تستطيع من خلال بالون الرصد الجوي أن تعرف ما يحدث للحجم عند خفض الضغط. ماذا يحدث للضغط الناتج عن غاز إذا قلّصت حجمه — على سبيل المثال، بتقليل حجم الوعاء الذي يحتوي الغاز؟ فكّر في النظرية الحركية للمادة. يعتمد الضغط الناتج عن غاز على عدد مرات اصطدام جسيماته بجدران الوعاء. إذا أدخلت غازًا في مساحة أصغر، فستتصادم جسيماته مع الجدران بمعدّل أكبر، مسبّبة ازدياد الضغط. والعكس صحيح أيضًا. أي إذا منحت الجسيمات التي تكوّن الغاز مزيدًا من المساحة، بزيادة الحجم، فإنّها ستتصادم مع الجدران بمعدل أقل وسيقلّ الضغط الناتج عن الغاز.

التأكد من فهم النص اشرح العلاقة بين الضغط والحجم.

قام العالم البريطاني روبرت بويل (1627–1691) بوصف خاصية الغازات تلك. وفقًا **لقانون بويل**، إذا قلّلت حجم وعاء غاز مع إبقاء درجة الحرارة ثابتة، فإنّ الضغط الناتج عن الغاز سيزيد. كما تؤدّي زيادة حجم الوعاء إلى انخفاض الضغط، إذا بقيت درجة الحرارة ثابتة. يُبيّن **الشكل 20** هذه العلاقة عند تقليل حجم الغاز من 10 L إلى 5 L ثم إلى 2.5 L. لاحظ النقاط الواردة على التمثيل البياني التي تعبّر عن كل واحد من هذه الأحجام.

■ **الشكل 20** عند خفض الحجم، يزداد ضغط الغاز على جدران الوعاء الذي يحتويه. يوضح التمثيل البياني أدناه ما يحدث في الأسطوانات الصغيرة المجاورة له.

صِف ما يحدث لحجم الغاز إذا تمت مضاعفة الضغط عليه.



التدريس المتمايز

تحدي ذكر الطلاب بأنّ 1 باسكال يساوي 1 N من القوة المبذولة على مساحة تساوي $1\ m^2$. اطلب منهم تحويل هذا ليكتشفوا مقدار القوة التي يبذلها 1 باسكال على مساحة تساوي $1\ cm^2$. ثم اطلب منهم استخدام نتائجهم لاحتساب مقدار القوة التي يبذلها الضغط الجوي على مساحة تبلغ $1\ cm^2$.

$1\ m^2 = 10{,}000\ cm^2$؛ لذا، 1 باسكال = 1 N / $10{,}000\ cm^2$ = $0.0001\ N/cm^2$.
$1\ kPa = 0.1\ N/cm^2$؛ لذا، يبذل مقدار 101.3 kPa (من الضغط الجوي) قوة مقدارها 10.13 N على مساحة تبلغ $1\ cm^2$. تدم

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

معادلة للتعبير عن قانون بويل يمكن التعبير عن قانون بويل بواسطة معادلة رياضية. عند ثبوت درجة حرارة الغاز، لا يتغيّر أيٌّ من ناتج ضغط هذا الغاز أو حجمه.

معادلة قانون بويل

الضغط الابتدائي × الحجم الابتدائي = الضغط النهائي × الحجم النهائي

$$P_i V_i = P_f V_f$$

يساوي ناتج الضغط والحجم الابتدائيين، المشار إليهما بالرمز *i*، ناتج الضغط والحجم النهائيين، المشار إليهما بالرمز *f*. يمكنك استخدام تلك المعادلة لإيجاد قيمة مجهولة واحدة إذا كانت القيم الثلاث الأخرى معلومة.

تصحّ المعادلة أيًّا كانت وحدات الحجم أو الضغط، ما دمتَ تستخدم الوحدات نفسها لـ P_i وP_f وكذلك الوحدات نفسها لـ V_i وV_f.

مثال المسألة 3

قانون بويل بلغ حجم بالون رصد جوي 100.0 L عند إطلاقه من مستوى البحر، حيث بلغ الضغط 101 kPa. كم سيكون حجم البالون عندما يصل إلى ارتفاع يكون الضغط عنده 43.0 kPa؟

تحديد المجهول:
الحجم النهائي، V_f

وضع قائمة بالمعلوم:
الضغط الابتدائي، $P_i = 101\ kPa$
الحجم الابتدائي، $V_i = 100.0\ L$
الضغط النهائي، $P_f = 43.0\ kPa$

إعداد المسألة:

$$P_i V_i = P_f V_f$$

$$V_f = V_i \left(\frac{P_i}{P_f}\right)$$

حلُّ المسألة:

$$V_f = 100.0\ L \left(\frac{101\ kPa}{43.0\ kPa}\right) = 235\ L$$

التحقّق من الإجابة: يمكنك القيام بتقدير سريع للتحقُّق من إجابتك. انخفض الضغط إلى أكثر من النصف بقليل. لذلك، يجب أن يزيد الحجم إلى أكثر من الضعف بقليل. يبلغ الحجم النهائي الذي يساوي 235 L أكثر بقليل من ضعف الحجم الابتدائي الذي يساوي 100.0 L. لذا، تبدو الإجابة معقولة.

تطبيق

1. تشغل كمية من الهيليوم حجمًا قدره 11.0 L عند ضغط يبلغ 98.0 kPa. ما الحجم الجديد إذا انخفض الضغط إلى 86.2 kPa؟
2. **تحدٍّ** لبالون الرصد الجوي حجم قدره 90.0 L عند إطلاقه من مستوى البحر. ما ضغط الغلاف الجوي على البالون عندما يزداد حجمه إلى 175.0 L؟

استخدام الكلمات العلمية

أصل الكلمة إنّ كلمة غاز gas مشتقة من الكلمة اللاتينية *chaos*. اطلب من الطلاب البحث عن كلمة *chaos* في القاموس وتفسير سبب كونها المصطلح الملائم لشرح الغازات. تعني كلمة الفوضى حالة من الاضطراب. تبقى جسيمات الغاز في حالة من الاضطراب. ش م

دعم محتوى المعلّم

كرات التنس المضغوطة

عندما تكون الغازات في كرات التنس ذات ضغط مرتفع، سيزيد ارتداد الكرة إلى الأعلى. تأتي كرات التنس في عُلب مضغوطة حتى لا تتسرب الغازات التي تحتويها الكرات. ستفقد الكرات ضغط الغاز مع مرور الزمن بمجرد خروجها من العلبة.

تطبيق

1. $V_f = P_i V_i / P_f = 11.0\ L\ (98.0\ kPa) / 86.2\ kPa = 12.5\ L$
2. $P_i = 101\ kPa$; $P_f = (P_i V_i) / V_f = (90.0\ L \times 101\ kPa) / 175\ L = 51.9\ kPa$

استراتيجية القراءة

استدلّ تتطلب هذه المهارة القراءة بتمعّن لتفسير المعنى. قد يقرأ الطلاب: إذا انخفض الحجم، سيزيد الضغط. وقد يستدلون على: إذا زاد الحجم، سينخفض الضغط. اطلب منهم التدرب على تكوين استدلالات أثناء قراءتهم عن قوانين الغازات.

التدريس المتمايز

الطالب دون المستوى قبل أن يحل الطلاب مسألة حول قوانين الغازات، اطلب منهم وضع توقُّع حول الإجابة. وبعد أن يحلوا المسألة، اطلب منهم مقارنة توقعاتهم مع إجاباتهم. فعلى سبيل المثال، عندما يحل الطلاب مسألة عن قانون بويل حيث يزيد الضغط، يجب أن يتوقع الطلاب انخفاض الحجم. د م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

459 القسم 3 • سلوك الغازات

التعلم بالوسائل البصرية

الشكل 21 زوّد الطلاب بالعديد من درجات الحرارة المختلفة من التمثيل البياني، واطلب منهم أن يقرؤوا لك الحجم المرتبط بكل واحدة. ش م

■ **سؤال حول الشكل 21**
الغاز A

تجربة مصغرة

الهدف سيوضّح الطلاب قانون شارل

المواد بالون، وكأسان وماء مثلج ولوح تسخين

استراتيجيات التدريس

- إذا كان الطلاب يعانون حساسية تجاه اللاتكس، فاستخدم بالونات غير مصنوعة من اللاتكس.
- يجب على الطلاب ترك البالونات فوق الكؤوس لعدة دقائق.

استكشاف المشكلات وإصلاحها

ستزيد سرعة انكماش البالون إذا كان ملامسًا للماء البارد.

التحليل

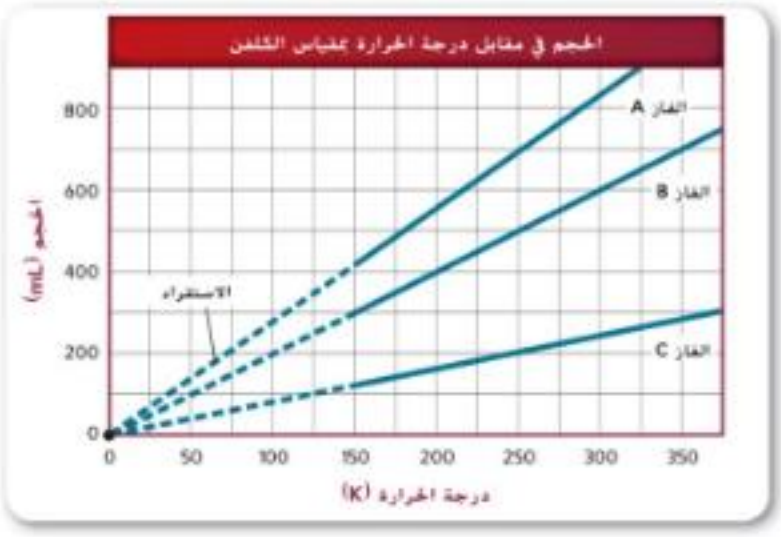
1. قلت سرعة الجسيمات المكوّنة للغاز، مما قلل الضغط على البالون، فانكمش.
2. زادت سرعة الجسيمات المكوّنة للغاز، مما زود الضغط على البالون، فزاد حجمه.

التقويم

العملية اطلب من الطلاب إعادة البالون إلى درجة حرارة الغرفة وتدوين ملاحظاتهم.

■ **الشكل 21** عند ارتفاع درجة حرارة عيّنة من غاز عند ثبوت الضغط، فإنّ الحجم أيضًا يزيد. تمثّل الخطوط المنقّطة استقراءات لبيانات التجربة. لاحظ أنّ كلّ الخطوط المنقطة تلتقي عند درجة الحرارة 0 K.

حدّد الغاز الذي حصل له أكبر تغيُّر في الحجم.



تجربة مصغرة

ملاحظة الضغط

الإجراء

1. اقرأ الإجراء وحدّد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. انفخ بالونًا حتى نصف حجمه تقريبًا.
3. ضع البالون على إناء مملوء بماء مثلج لمدة خمس دقائق. ولاحظ النتائج.
4. قم بتسخين إناء آخر مملوء بالماء على لوح تسخين حتى يقترب من الغليان. أزل الإناء من فوق لوح التسخين.
5. ضع البالون على إناء مملوء بماء ساخن لمدة خمس دقائق ولاحظ النتائج. احرص على عدم ملامسة البالون للوح التسخين.

التحليل

1. اشرح ما حدث للبالون عندما وضعته على الإناء المملوء بالماء المثلج.
2. اشرح ما حدث للبالون عندما وضعته على الإناء المملوء بالماء الساخن.

قانون شارل — درجة الحرارة والحجم

إذا شاهدت بالون الهواء الساخن أثناء نفخه، فستعرف أنّ الغازات تتمدّد عند تسخينها. لاحظ العالم الفرنسي جاك شارل (1746–1823) ذلك أيضًا. بحسب **قانون شارل**، يزداد حجم الغاز عند ارتفاع درجة الحرارة، طالما أنّ الضغط على الغاز لا يتغيّر. على غرار قانون بويل، فإنّ العكس صحيح أيضًا. ينكمش حجم المادة الغازية عند خفض درجة الحرارة، كما هو مُبيّن في **الشكل 21**.

النظرية الحركية وقانون شارل يمكن تفسير قانون شارل باستخدام النظرية الحركية للمادة. عند تسخين الغاز، تزداد سرعة حركة الجسيمات التي تكوّن الغاز. ونتيجة لذلك، تصطدم تلك الجسيمات بجدران وعائها بمعدل أكبر وبقوة أكثر. في بالون الهواء الساخن، لدى الجدران مساحة للتمدّد. لذلك، فبدلًا من ازدياد الضغط، يزداد الحجم.

معادلة للتعبير عن قانون شارل مثل قانون بويل، يمكن التعبير عن قانون شارل رياضيًا. عند ثبوت الضغط الواقع على غاز ما، لا تتغيّر النسبة بين الحجم ودرجة الحرارة المطلقة. إنّ درجة الحرارة المطلقة عبارة عن درجة الحرارة بمقياس كلفن.

معادلة قانون شارل

$$\frac{\text{الحجم الابتدائي}}{\text{درجة الحرارة الابتدائية (K)}} = \frac{\text{الحجم النهائي}}{\text{درجة الحرارة النهائية (K)}}$$

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

يوضّح هذا الأمر أنّ النسبة بين الحجم الابتدائي ودرجة الحرارة الابتدائية تساوي النسبة بين الحجم النهائي ودرجة الحرارة النهائية. تذكّر أنّ درجة الحرارة يجب أن تكون بمقياس كلفن.

تحديد المفاهيم الخاطئة

مقاييس درجة الحرارة قد لا يفهم الطلاب الأحجام النسبية لوحدات درجة الحرارة. قد يعتقدون أنّ $1K = 1°C = 1°F$. وعلى الرغم من أنّ حجم وحدة من الكلفن يساوي حجم درجة سيليزية بالفعل، إلا أنّ درجة الفهرنهايت أقل بكثير (تقريبًا نصف الحجم).

بعد القراءة

قوانين الغازات بصورة عملية اطلب من الطلاب القيام بالعصف الذهني للوصول إلى أمثلة على قوانين الغازات في الحياة اليومية. ومع كل مثال، اطلب منهم شرح طريقة تمثيل هذا العلاقة بين كل من الضغط والحجم ودرجة الحرارة. ستختلف الإجابات. قد تشمل الأمثلة أواني الطهي بالضغط (ضغط متزايد مع درجة حرارة متزايدة)؛ وبالونات الرصد الجوي (حجم متزايد مع ضغط منخفض)؛ وإطارات عجلة أو سيارة مفرغة جزئيًا من الهواء في يوم بارد (حجم وضغط منخفضان مع درجة حرارة منخفضة).

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

460 الوحدة 16 • المواد الصلبة والسائلة والغازية

مثال المسألة 4

استخدام قانون شارل وُضع بالون حجمه 2.0 L في درجة حرارة الغرفة (20.0°C) في ثلاجة عند 3.0°C. ما حجم البالون بعد أن يبرد في الثلاجة؟

تحديد المجهول: الحجم النهائي، V_f

وضع قائمة بالمعلوم: الحجم الابتدائي، $V_i = 2.0\ L$

درجة الحرارة الابتدائية، $T_i = 20°C = 20.0°C + 273 = 293\ K$

درجة الحرارة النهائية، $T_f = 3.0°C = 3.0°C + 273 = 276\ K$

إعداد المسألة:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

$$V_f = V_i\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$$

حلُّ المسألة:

$$V_f = 2.0\ L\left(\frac{276\ K}{239\ K}\right)$$
$$= 2.3\ L$$

التحقّق من الإجابة: لنعتبر التجربة **طريقة جيدة للتحقُّق من إجابتك في هذه المسألة!** إذا وضعت البالون في ثلاجة، ستلاحظ أنّ البالون ينكمش، لكن ليس بدرجة كبيرة، الأمر الذي يتوافق مع إجابتنا أعلاه.

تطبيق

1. كم سيكون الحجم النهائي للبالون المذكور في مثال المسألة أعلاه إذا وُضع في مُبرِّد درجة حرارته 18°C-؟
2. **تحفيز** يجري تسخين غاز حتى يتمدَّد من حجم قدره 1.0 L إلى حجم قدره 1.5 L. فإذا كانت درجة الحرارة الابتدائية للغاز 5.0°C، ما درجة الحرارة النهائية له؟

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- ينص قانون بويل على أنّه إذا كانت درجة الحرارة ثابتة، فإنّ ضغط غاز ما يزيد عندما ينخفض حجمه.
- ينص قانون شارل على أنّه، عند ثبات الضغط، فإنّ حجم غاز ما يزيد مع ارتفاع درجة الحرارة.
- يمكن التعبير عن كل من قانون بويل وقانون شارل بمعادلات رياضية.

1. **صِف** ما الذي قد يحدث لحجم غاز ما إذا انخفض الضغط عليه ثم ارتفعت درجة حرارته.
2. **توقَّع**، باستخدام قانون بويل، ما سيحدث لبالون يأخذه أحد غواصي المحيط إلى ضغط يساوي 202 kPa.
3. **التفكير الناقد** توقَّع ما قد يحدث لحجم غاز ما إذا تضاعف الضغط عليه ثم تضاعفت درجة حرارته المطلقة.

تطبيق مفاهيم رياضية

4. **احسب الحجم** لبالون هيليوم حجم يساوي 2.00 L عند ضغط يساوي 101 kPa. وبارتفاع البالون، ينخفض الضغط إلى 97.0 kPa. ما الحجم الجديد؟
5. **حُلّ معادلات ذات خطوة واحدة** إذا جرى تسخين بالون يساوي حجمه 5 L بيطء بحيث ترتفع درجة حرارته من 25°C إلى 30°C. فما الحجم الجديد للبالون؟

تطبيق

1. 1.7 L
2. 144°C

3 التقويم

التأكد من الفهم

مرئي مكاني ضع مقدار 20 mL من الماء في علبة مشروبات غازية فارغة مصنوعة من الألمنيوم، وضعها على لوح تسخين لتغلي. بعد امتلاء العلبة بالبخار، أمسكها بملقط أو مماسك مقاومة للحرارة، ثم أسقطها في ماء مثلج حتى تنغلص إلى الداخل. اطلب من الطلاب الاستدلال على العلاقة بين كل من الحجم ودرجة الحرارة والضغط، بناء على النتائج التي توصلوا إليها. كلما انخفضت درجة الحرارة، انخفض الضغط والحجم. ش م

إعادة التدريس

تغيير الحجم اطلب من الطلاب احتجاز عينة من الهواء في أكياس بلاستيكية قوية قابلة للغلق، ووضعها في بيت الثلج. اطلب منهم إخراج الكيس في اليوم التالي، وأن يتركوه مغلقًا، ثم يقوموا بتدفئته بواسطة مجفف الشعر أو الماء الدافئ. اطلب من الطلاب شرح ملاحظاتهم. انخفض حجم الهواء في بيت الثلج وزاد عندما زادت درجة الحرارة. ش م

التقويم

المحتوى اطلب من الطلاب كتابة أسئلة عن سلوك الغازات. واطلب من طلاب آخرين الإجابة عنها. تحقق من الإجابات للتأكد من دقتها.

القسم 3 مراجعة

1. سيزيد الحجم. سيسبّب التغييران زيادة في الحجم.
2. سينخفض حجم البالون إلى النصف تقريباً، لأنّ الضغط تضاعف.
3. إذا تضاعف الضغط، فسينخفض الحجم إلى النصف. إذا تضاعفت درجة الحرارة، فسيتضاعف الحجم. فيلغي هذان التغييران بعضهما، وهكذا يظل الحجم ثابتًا.

تطبيق مفاهيم رياضية

4. $V_f = P_iV_i / P_f = (101\ kPa)(2.00\ L) / 97.0\ kPa = 2.08\ L$
5. $5\ L(303\ K / 298\ K) = 5.1\ L$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة

التحضير

الهدف سيلاحظ الطلاب حركة مادة صلبة ويقيسونها من خلال السوائل ذات اللزوجات المختلفة

مهارات العملية الملاحظة والقياس واستخدام الأعداد وإنشاء جداول واستخدامها وإنشاء تمثيلات بيانية واستخدامها وإدراك السبب والنتيجة والتحكّم بالمتغيّرات وتفسير البيانات

الزمن المطلوب 30 دقيقة

المواد احرص على تضمين مواد تتنوع لزوجاتها. تكون لزوجة الماء والكحول وزيت الذرة منخفضة نسبيًا، لكن لزوجة العسل الأسود تكون عالية نسبيًا.

الإجراء

- سيكون من الأسهل على الطلاب القيام بهذه التجربة في مجموعات ثنائية.
- سينسكب بعض هذه السوائل على الأرجح أثناء القيام بهذه التجربة. لذا احرص على أنّ ينظف الطلاب مناطق عملهم ويغسلوا أيديهم بعد القيام بهذه التجربة.
- اطلب من طلابك اتّخاذ قرارت حكيمة حول إعادة استخدام المواد لكل محاولة من محاولاتهم.

استكشاف المشكلات وإصلاحها قد يحتاج الطلاب إلى استخدام الماء الساخن والصابون لتنظيف الجسم الكروي قبل نقله بين السوائل.

تجربة لزوجة السوائل الشائعة

الأهداف

- **لاحظ وقارن** بين لزوجة السوائل الشائعة.

الخلفية: تُسمى مقاومة السائل للتدفق باللزوجة ويمكن قياسها والمقارنة بينها. وتحظى اللزوجة بأهمية خاصة في زيوت المحركات. فلزوجة زيت المحرك مهمّة للسيارة لأنّ الزيت يحافظ على تشحيم المحرك. يجب أن يلتصق الزيت بالأجزاء المتحرّكة ولا يتسرّب. إذا لم يكن المحرك مشحمًا بشكل جيد، فسيتلف في النهاية. يجب أن يحافظ زيت المحرك على لزوجته في كل أحوال الطقس، من الحرارة الشديدة في الصيف إلى البرد القارس في الشتاء.

السؤال: كيف يمكن أن يدرس المهندسون الكيميائيون اللزوجة حتى ينتجوا زيوت محركات أفضل؟

التحضير

المواد

(3) سوائل منزلية عند درجة حرارة الغرفة، مثل منظف الأطباق وشراب الذرة وشراب نحلية الحلوى والشامبو والزيت النباتي والخل والعسل الأسود والماء
(3) مخابير مدرجة متماثلة
جسم كروي (كرة زجاجية أو كرة من الفولاذ)
مسطرة مترية
ساعة توقيت

احتياطات السلامة

تخلّص من السوائل بحسب إرشادات معلمك.

الإجراء

1. اقرأ الإجراء وحدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. قم بقياس كميات متساوية من السوائل لاختبارها في المخابير المدرجة.

3. قم بقياس ارتفاعات السوائل بواسطة المسطرة.
4. انسخ جدول البيانات الوارد في الصفحة التالية على ورقة منفصلة.
5. ضع الجسم الكروي على سطح السائل. باستخدام ساعة توقيت، قم بقياس الزمن الذي يستغرقه الجسم ليصل إلى قاع السائل ثم سجّله.
6. احسب سرعة الجسم الكروي بواسطة قياسات المسافة والزمن لديك.
7. أزل الجسم الكروي ثم كرّر الخطوتين 5 و6 مرتين إضافيتين للسائل نفسه.
8. اغسل الجسم الكروي وجفّفه.
9. كرّر الخطوات 5 و6 و7 لسائلين آخرين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة استقصائية بديلة

نقل السوائل اللزجة لكي تجعل هذه التجربة تجربة للاستقصاء، اطلب من الطلاب القيام بعصف ذهني للتوصل إلى أنواع مختلفة من الظروف الصناعية التي يجب التحكم بلزوجة المائع فيها. على سبيل المثال، هل سيكون من الأسهل تفريغ حمولة عربة قطار ناقلة للسوائل ممتلئة بشراب الذرة إذا كانت درجة الحرارة 5°C؟ ما الذي يمكن القيام به لتسهيل هذه المهمة؟ كيف سيتمكن المهندسون من التحكم بلزوجة شراب الذرة وتصميم نظام ضخ يستطيع ضخ الكمية المناسبة من شراب الذرة في أحواض من الكانشب أثناء المعالجة؟ قد يجري الطلاب تجارب أو يرسمون رسومًا تخطيطية لاختبار أفكارهم أو شرحها. وستسهم هذه التجربة في تحسين مهارات حل المشكلات لدى الطلاب.

462 الوحدة 16 • المواد الصلبة والسائلة والغازية

تجربة

حلّل بياناتك

1. **مثّل** متوسط سرعة الجسم الكروي لكل سائل تمثيلًا بيانيًا بالأعمدة.
2. **فسّر البيانات** ما السائل الذي تحرّك فيه الجسم الكروي بأقصى سرعة؟ هل ستكون لزوجة هذا السائل عالية أم منخفضة؟ اشرح.
3. **حدّد** على الأقل ثلاثة مصادر محتملة للخطأ في هذه التجربة.

استنتج وطبّق

1. **استدلّ** هل سيختلف الأمر إذا رميت أو ألقيت الكرة في السائل بدلًا من وضعها فيه؟ اشرح إجابتك.
2. **صمّم** تحقيقًا لتحديد تأثير درجة الحرارة في لزوجة السائل.
3. **اشرح** أيّ من السوائل التي اختبرتها سيمثّل على الأرجح أفضل مادة تشحيم لمحرك السيارة؟ اشرح إجابتك.

جدول البيانات

المادة	المحاولات	ارتفاع السائل (cm)	الزمن (s)	السرعة (cm/s)

شارك

بياناتك

نشاط تعاوني تشارك مع زملائك في إجراء بحث عن أنواع مختلفة من السوائل تُستخدم لتشحيم محركات السيارات. هل ستوصي السائق باستخدام النوع نفسه طوال العام؟ اشرح.

حلّل بياناتك

1. تحقق من عمل الطلاب. تأكد من أنهم مثلوا السرعة بيانيًا وليس الزمن.
2. ستتنوّع الإجابات بحسب السوائل المستخدمة. السائل الذي تحرّك فيه الجسم الكروي بأقصى سرعة ستكون لزوجته منخفضة.
3. اقبل بكل الإجابات الصحيحة علميًا . تتضمن المصادر المحتملة للخطأ اختلاف الارتفاعات التي أسقط الجسم الكروي منها، عدم تساوي ارتفاعات السوائل، اختلاف درجة الحرارة بين السوائل. قد يكون لدى الطلاب أمثلة أخرى.

تحليل الخطأ قد تحدث مشكلات إذا ألقى الطلاب الجسم الكروي أو أسقطوه في السوائل، أو إذا لم يكونوا حريصين على ملاحظة حركة الجسم الكروي وتوقيته.

استنتج وطبّق

1. إذا إسقطت الجسم الكروي في السائل، فستزيد سرعة تحركه لأنّ قوة إسقاطك زوّدته بسرعة متجهة مبدئية. ما دمت تسقطه بالقوة نفسها كل مرة، فلن تتغيّر نتائجك.
2. إذا قمت بتبريد السائل الأبطأ، فستزيد لزوجته لأنّ جسيماته ستقل سرعتها.
3. ستتنوّع الإجابات. يجب أن يشير الطلاب إلى أنّ إحدى المواد اللزجة يمكن أنّ تكون مفيدة في تشحيم أجزاء المحرّك، لأنّ لزوجة هذا السائل قد تمنع أجزاء المحرّك من الاحتكاك ببعضها.

التقويم

العملية اطلب من الطلاب وضع فرضية حول طريقة اختلاف نتائجهم إذا استخدموا مشابك الورق بدلًا من الأجسام الكروية في النشاط. ثم اطلب منهم اختبار فرضياتهم باستخدام أحد السوائل.

القراءة النشطة

يوميات تأملية في هذه الاستراتيجية، يحدّد الطلاب الأنشطة وما تعلموه ويدونون إجاباتهم عن الأنشطة. اطلب من الطلاب تقسيم الورق إلى عدّة أعمدة. اطلب منهم تدوين أفكارهم تحت عناوين مثل ما تعلمته وأسئلة لدي ومفاجآت اختبرتها. اطلب من كل طالب كتابة يوميات تأملية كمدخل إلى هذه التجربة.

شارك

بياناتك

اطلب من الطلاب استخدام برنامج متعدّد الوسائط لعرض نتائجهم. يجب أن يستخدم الطلاب بيانات المختبر أو أبحاثه لدعم توصياتهم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الهدف

توجد الغالبية العظمى لكتلة الكون في شكل غير معروف. تُعدّ قصة طريقة تحوُّل المادة المظلمة إلى موضوع بحث مهم مثالًا جيدًا على أنّ المعرفة العلمية آخذة في التقدم.

الخلفية

- أدى عمل روبين حول مجرة المرأة المسلسلة إلى قياس السرعة المتجهة الدورانية للأجسام في المجرة على بُعد مسافات مختلفة من مركز المجرة. تتوقع قوانين نيوتن للحركة والجاذبية أنّ الأجسام الأبعد عن المركز يجب أن تدور ببطء أكثر. وأظهرت قياساتها أنّ السرعة الدورانية لم تنخفض، مما يشير إلى أنه على الرغم من تركُّز معظم المادة الطبيعية في المركز، إلا أنّ معظم كتلة المجرة لا تتركز في المركز.
- إنّ الكاشف المُبيّن في **الشكل 2** موجود على عمق 730 m تحت الأرض في منجم حديد مينيسوتا الذي تحوّل إلى منشأة أبحاث حديثة. يساعد وجود الجهاز تحت الأرض على حمايته من التدخل الخارجي. على الرغم من أنّ الجهاز لم يكشف عن المادة المظلمة بعد، إلا أنّه ساعد على حصر مجال جسيمات المادة المظلمة المحتملة عن طريق القياسات التي أخذها.

استراتيجيات التدريس

- ناقش مصطلحَي "المجرة" و"الكون". لا يزال عدد المجرات في الكون سؤالًا مفتوحًا، لكنّ أفضل التقديرات تشير إلى أنّ العدد يبلغ 100 مليار على الأقل وربما يصل إلى 500 مليار.
- ناقش مع الطلاب أنّ معظم ما نعرفه عن الكون يعتمد على ملاحظة الضوء القادم من مصادر بعيدة. تُستخدم كل ألوان طيف المجهر الإلكتروني، ليس فقط الضوء المرئي، لدراسة الأجسام الفلكية. إنّ حقيقة عدم إصدار المادة المظلمة للضوء تعني أنّ وجودها يجب الاستدلال عليه من الملاحظات حول أجسام فلكية أخرى.

الكشف عن المادة المظلمة

إنّ مجرة المرأة المسلسلة، المبيّنة في **الشكل 1**، هي مجموعة مكوّنة من تريليون نجم تقريبًا تربطها قوة الجاذبية معًا. يقدّر العلماء أنّ المادة التي نراها والتي تكوّن النجوم والكواكب وسحب الغازات في المجرة، تشغل حوالي 15 % من كتلة المجرة. بينما تظهر نسبة 85 % المتبقية من كتلة المجرة في شكل لا نفهمه حاليًا.

الكتلة "المفقودة" اقترح فريتز زفيكي الذي عمل في ثلاثينيات القرن العشرين على تأثيرات الجاذبية في حركة المجرات، أنّ هذا القدر من المادة في الكون لا يصدر الضوء أو يمتصه. وعلى الرغم من أنّ بيانات زفيكي أشارت إلى وجود "مادة مظلمة" غامضة، إلا أنّ الكثيرين تجاهلوا فكرته لأنّ قياساته لم تكن دقيقة بالشكل الكافي لإقناعهم.

بيانات جديدة، اهتمام متجدّد في سبعينيات القرن العشرين، استخدمت عالمة الفلك فيرا روبين تكنولوجيا متطوّرة حديثًا لتدرس الضوء القادم من مجرة المرأة المسلسلة. دعمت بياناتها الدقيقة للغاية وجود المادة المظلمة وجدّدت الاهتمام بالتحقيق في اقتراح زفيكي. يحقّق العلماء اليوم في المادة المظلمة في محاولة لفهم نسبة 85 % من الكون التي لم تفسّرها المعرفة العلمية الحالية.

الشكل 2 تحاول هذه الكاشفات قياس التداخلات النادرة من خلال البحث عن المادة المضادة والمادة المظلمة، وقياس الأشعة الكونية.

جسيمات غير مكتشفة يحاول العلماء في سعيهم لتفسير المادة المظلمة الكشف عن الجسيمات الضخمة التي لا تتفاعل عادةً مع جسيمات أخرى. يتطلّب الكشف عن هذه الجسيمات أدوات حساسة، مثل الأدوات المبيّنة في **الشكل 2**. لقد باءت كل المحاولات للكشف عن جسيمات المادة المظلمة حتى الآن بالفشل.

نظرية جديدة للجاذبية يحاول بعض العلماء تطوير نظرية عن الجاذبية تشرح حركة المجرات البعيدة من دون الاعتماد على الجسيمات الغامضة غير المكتشفة. ومع ذلك، لم تقدر أيّ من هذه الافتراحات على تفسير الظاهرة الملاحظة حتى الآن. ستظل المادة المظلمة لغزًا علميًا حتى يتمّ اكتشاف جسيم جديد أو صياغة نظرية جديدة.

الشكل 1 يتركّز الكثير من المادة المرئية في مركز مجرة المرأة المسلسلة، بينما تنتشر المادة المظلمة في كلّ مكان.

وصف المادة المظلمة

تُعرَف الجسيمات غير المكتشَفة من المادة المظلمة عادة بالاختصار الوسفي WIMP. ماذا يعني WIMP؟ لماذا يُعدّ ذلك وصفًا دقيقًا للجسيمات موضوع البحث؟

النتائج المتوقعة

يرمز الاختصار WIMP إلى الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل. على الرغم من أنّ الطبيعة المحددة للجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل غير معروفة، إلا أنّ خصائصها المميّزة تتمثّل في أنها لا تتفاعل بسهولة، وأنّ لديها الكتلة الكافية لإحداث تأثيرات الجاذبية الملاحَظة في المجرات البعيدة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 16 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة لكل حالة من حالات المادة، صلبة أو سائلة أو غازية، خصائص فريدة تحدّدها حركة جسيماتها.

القسم 1 المادة والطاقة الحرارية

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

الفكرة الرئيسة يمكن أن توجد المادة في صورة صلبة أو سائلة أو غازية أو بلازمية.

- إنّ النظرية الحركية هي تفسير لسلوك الجسيمات التي تكوّن الغازات.
- إنّ الطاقة الحرارية هي الطاقة الإجمالية للجسيمات التي تكوّن مادة ما، بما في ذلك الطاقة الحركية وطاقة الوضع.
- إنّ درجة الحرارة هي متوسط الطاقة الحركية لمادة ما.

القسم 2 خواص الموائع

الطفو	buoyancy
الضغط	pressure
اللزوجة	viscosity

الفكرة الرئيسة تتدفّق الموائع ولها قوى تؤثّر في الأجسام.

- إذا كانت قوة الطفو المؤثرة في جسم ما مساوية أو أكبر من قوة الجاذبية المؤثرة في هذا الجسم، سيطفو الجسم. إذا كانت قوة الطفو المؤثرة في جسم ما أقل من قوة الجاذبية المؤثرة في هذا الجسم، سيغوص الجسم.
- ينص مبدأ باسكال على أنّ الضغط المؤثر في المائع ينتقل خلال المائع.
- ينص مبدأ برنولي على أنّه كلما ازدادت السرعة المتجهة للمائع، قلّ الضغط الذي يؤثر فيه هذا المائع.
- تُسمى مقاومة المائع للتدفق باللزوجة.

القسم 3 سلوك الغازات

قانون بويل	boyle's law
قانون شارل	charles's law

الفكرة الرئيسة تستجيب الغازات للتغيُّرات في الضغط ودرجة الحرارة والحجم بطرق يمكن توقعها.

- ينص قانون بويل على أنّه إذا كانت درجة الحرارة ثابتة، فإنّ ضغط غاز ما يزيد عندما ينخفض حجمه.
- ينص قانون شارل على أنه عند ثبات الضغط، فإن حجم غاز ما يزيد مع ارتفاع درجة الحرارة.
- يمكن التعبير عن كل من قانون بويل وقانون شارل بمعادلات رياضية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 16 • دليل الدراسة 465

الوحدة 16 دليل الدراسة

استخدام المفردات

1. ينص قانون شارل على أنّ الحجم يزيد بزيادة درجة الحرارة (تحت ضغط ثابت).
2. يُقاس الضغط وفق النظام الدولي للوحدات بالباسكال.
3. إنّ الضغط عبارة عن كمية القوة المبذولة على وحدة المساحة.
4. تبدأ المادة الصلبة في التحول إلى سائلة عندما تصل إلى درجة انصهارها.
5. تُستخدم النظرية الحركية لتفسير سلوك الجسيمات في الغازات.
6. إنّ الطفو عبارة عن قدرة المائع على بذل قوة دفع إلى الأعلى على جسم مغمور فيه.

التأكد من المفاهيم

7. B
8. D
9. A
10. B
11. C
12. C
13. A

تفسير المخططات

14. a. يُدفأ الجليد حتى يصل إلى درجة انصهاره.
b. يمتص الجليد الطاقة وينصهر.
c. يُدفأ الماء في الحالة السائلة.
d. يمتص السائل الطاقة ويغلي.
e. يُدفأ الماء في الحالة الغازية.

الوحدة 16 مراجعة

استخدام المفردات

أجب عن كل سؤال باستخدام المصطلح الصحيح من دليل الدراسة.

1. ما القانون الذي ينص على أنّ الحجم يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة (تحت ضغط ثابت)؟
2. ما وحدة قياس الضغط وفقًا للنظام الدولي للوحدات؟
3. ما المصطلح المستخدم لوصف مقدار القوة المؤثرة في كل وحدة مساحة؟
4. ما درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة الصلبة في التحوُّل إلى مادة سائلة؟
5. ما النظرية التي تُستخدم لتفسير سلوك الجسيمات في الغازات؟
6. ما المقصود بقدرة المائع على التأثير بقوّة دفع إلى الأعلى في الجسم؟

التأكد من المفاهيم

7. عند أي درجة حرارة يساوي ضغط البخار في السائل الضغط الخارجي المؤثّر في هذا السائل؟
A) الصفر المطلق C) درجة الانصهار
B) درجة الغليان D) حرارة الانصهار

8. ما أكثر حالات المادة شيوعًا في الكون؟
A) الصلبة C) السائلة
B) الغازية D) البلازمية

9. ما مقدار الطاقة المطلوبة لتحويل مادة صلبة إلى سائلة عند درجة انصهارها؟
A) حرارة الانصهار
B) درجة الحرارة
C) حرارة التبخر
D) الصفر المطلق

10. أي مما يلي هو وحدة قياس الضغط؟
A) الجرام C) النيوتن
B) الكيلو باسكال D) الكيلوجرام

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 11.

11. ما القوة التي يمثّلها السهم المتجه إلى الأعلى في الرسم التخطيطي أعلاه؟
A) الضغط C) قوة الطفو
B) الكثافة D) قوة الجاذبية

12. أي مما يلي يستخدم مبدأ باسكال؟
A) الديناميكا الهوائية C) المصعد الهيدروليكي
B) الطفو D) تغيُّرات الحالة

13. أي مما يلي يوظف مبدأ برنولي؟
A) الخرطوم المنتهي برشاش C) المكبس
B) الزلاجة D) لوح التزلج

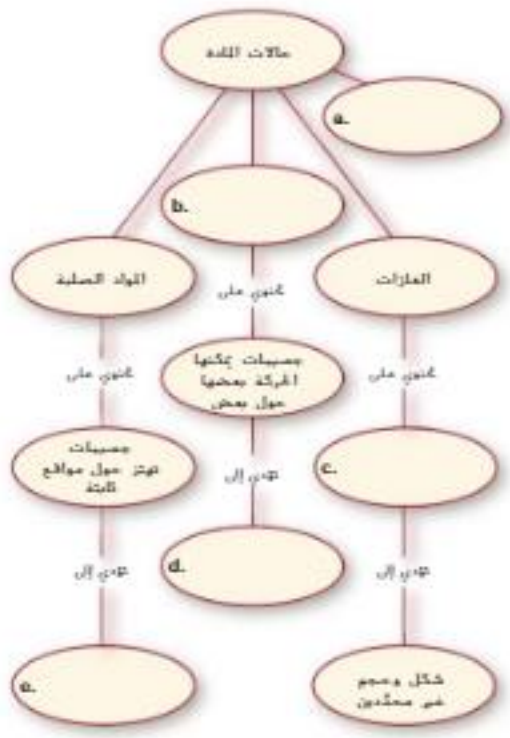
تفسير المخططات

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 14.

14. فكرة رئيسة قام طالب بتسخين الجليد بشكل مستمر حتى تحوّل إلى بخار، ثم مثّل بيانيًا التغيُّر في درجة الحرارة مع مرور الزمن. اشرح ماذا يحدث عند كل حرف (A وB وC وD وE) في التمثيل البياني المبيّن أعلاه.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

15. **الموضوع المحوري** انسخ خريطة المفاهيم الواردة وأكملها.



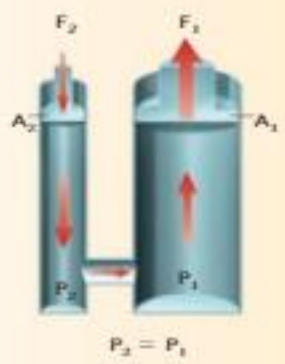
التفكير الناقد

16. **صِف** التغيّرات التي تحدث داخل بالون من الهيليوم أثناء ارتفاعه عن مستوى سطح البحر.
17. **اشرح** تعد مياه البحر الميت محلولًا كثيفًا جدًا لدرجة أنّه يمكنك الطفو عليه بسهولة. اشرح لماذا تكون قادرًا على الطفو بسهولة باستخدام مصطلحَي الكثافة وقوة الطفو.
18. **صِف** كيف ستشكل قطعة من رقائق الألمنيوم لتكون قادرة على الطفو على سطح الماء.
19. **توقّع** ماذا سيحدث للبلازما إذا وضعتها في غرفة جدرانها موجبة الشحنة.

تطبيق مفاهيم رياضية

20. **احسب** يبلغ حجم عينة من الغاز 25 L عند ضغط 200 kPa ودرجة حرارة 25°C. ماذا سيكون حجم هذه العيّنة إذا ارتفع الضغط إلى 250 kPa وانخفضت درجة الحرارة إلى 0°C؟
21. **احسب** يبلغ ضغط الماء عند قاع خندق ماريانا (وهي أعمق منطقة في سطح الأرض) 1,100 kPa تقريبًا. ما مقدار القوة التي يؤثر بها ضغط الماء عند قاع خندق ماريانا في سمكة تبلغ مساحة سطحها 0.50 m^2؟

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 22.



22. **حُلّ المعادلات ذات الخطوة الواحدة** استخدم مصعد هيدروليكي لرفع صندوق ثقيل يدفع مكبسًا تبلغ مساحته 3.0 m^2 إلى أسفل بقوة تبلغ 1,500 N. ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في مكبس تبلغ مساحته 0.08 m^2 لرفع الصندوق؟
23. **احسب** يبلغ حجم بالون 1.5 L عند درجة حرارة 25.0°C. ماذا سيكون حجم البالون إذا وضع في إناء يحتوي على ماء ساخن عند درجة حرارة 90.0°C؟
24. **استخدم النسب** يبلغ حجم البالون 25.0 L عند ضغط 98.7 kPa. ماذا سيكون الحجم الجديد عندما يصبح الضغط 51.2 kPa؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

15. a. البلازما
b. السوائل
c. الجسيمات التي تتحرّك بحرية
d. حجم محدد لكن الشكل غير محدد
e. شكل وحجم محددان

التفكير الناقد

16. ينخفض الضغط خارج البالون أثناء صعوده، وتدفع جزيئات الهيليوم جدران البالون إلى الخارج. في مرحلة ما، سيصل البالون إلى أقصى مستوى من الضغط نستطيع جدرانه تحمُّله ثم سيتمزق.
17. تزيد كثافة الماء عن المستوى الطبيعي بسبب المعادن المذابة فيه. يقدر الماء على بذل مقدار أكبر من قوة الطفو على الجسم الطافي، بسبب كثافته الزائدة.
18. يجب أن يسمح تشكيل الألمنيوم على هيئة كوب أو وعاء له بالطفو لأنّ كثافته الكلية ستصبح أقل من كثافة الماء.
19. ستنجذب الأيونات موجبة الشحنة داخل البلازما إلى مركز الإناء، بينما ستنجذب الإلكترونات الحرة في البلازما إلى جدران الإناء.

تطبيق مفاهيم رياضية

20. $(200\ kPa \times 25\ L) / 298\ K = (250\ kPa \times V_f) / 273\ K$
$V_f = 18.3\ L$
21. $P = F / A$; $F = 1{,}100{,}000\ Pa \times 0.50\ m^2 = 550{,}000\ N$
22. $F_f = (1{,}500\ N)(0.08\ m^2) / 3.0\ m^2 = 40\ N$
23. $V_f = (1.5\ L)(363\ K) / 298\ K = 1.8\ L$
24. $V_f = (98.7\ kPa)(25.0\ L) / 51.2\ kPa = 48.2\ L$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري
الاختيار من متعدد
1. A
2. C
3. A
4. D
5. A
6. B
7. A
8. C

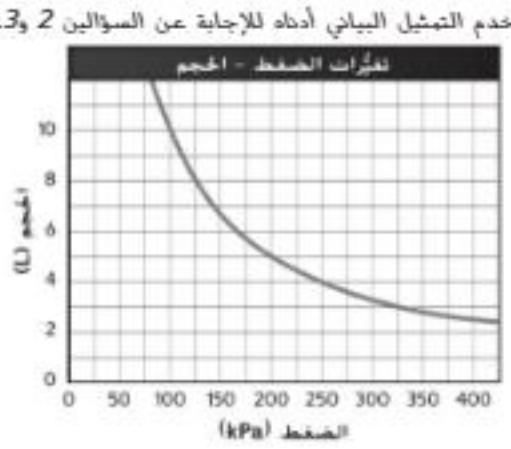
تدريب على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

دوّن إجابتك في ورقة الإجابات التي زوّدك بها المعلّم أو أي ورقة عادية.

1. في أي حالات المادة نتوقع أنّ نجد الماء على سطح الأرض، إذا كانت درجة الحرارة تبلغ -25°C؟
   - A. صلبة
   - B. سائلة
   - C. غازية
   - D. بلازمية

استخدم التمثيل البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 2 و3.



2. ماذا سيكون حجم الغاز عندما يبلغ الضغط عليه 325 kPa؟
   - A. 1 L
   - B. 2 L
   - C. 3 L
   - D. 4 L

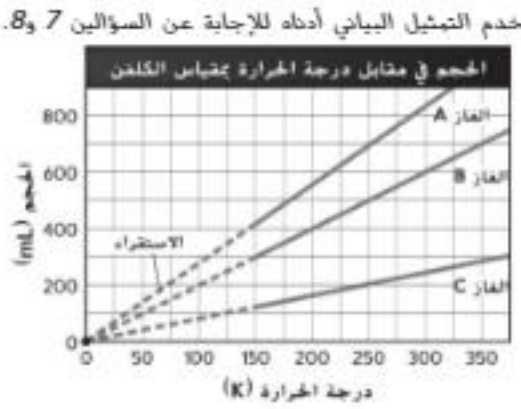
3. أي من المفاهيم العلمية الآتية يمثّله هذا التمثيل البياني على النحو الأمثل؟
   - A. قانون بويل
   - B. قانون شارل
   - C. مبدأ باسكال
   - D. مبدأ برنولي

4. أي مما يلي لا يُرجح احتواؤه على البلازما؟
   - A. النجم
   - B. صاعقة البرق
   - C. ضوء النيون
   - D. كوب ماء

5. أي مما يلي يصف الطاقة اللازمة ليتحوّل السائل عند درجة غليانه إلى غاز؟
   - A. حرارة التبخر
   - B. الانتشار
   - C. حرارة الانصهار
   - D. الطاقة الحرارية

6. في أي من حالات المادة تبقى الجسيمات قريبة بعضها من بعض، ومع ذلك تستطيع أن تنزلق بمحاذاة بعضها؟
   - A. صلبة
   - B. سائلة
   - C. غازية
   - D. بلازمية

استخدم التمثيل البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 7 و8.



7. ما العبارة الصحيحة مما يلي؟
   - A. بلغ الغاز A أقصى زيادة في الحجم مع ارتفاع درجة الحرارة.
   - B. بلغ الغاز B أقصى زيادة في الحجم مع ارتفاع درجة الحرارة.
   - B. بلغ الغاز C أقصى زيادة في الحجم مع ارتفاع درجة الحرارة.
   - D. بلغت الغازات الزيادة نفسها في الحجم.

8. عند أي درجة حرارة تقريبًا سيبلغ حجم الغاز B حوالي 600 mL؟
   - A. 100 K
   - B. 200 K
   - C. 300 K
   - D. 400 K

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

إجابة قصيرة

دوّن إجابتك في ورقة الإجابات التي زوّدك بها المعلّم أو أي ورقة عادية.

9. إذا وضعت قطعتين خشبيتين في الماء، ثم غاصت إحداهما وطفت الأخرى، فما الذي تستنتجه عن كثافة القطعتين؟

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 10.

10. يُملأ بالون الرصد الجوي بالغاز من سطح الأرض بغاز منخفض الكثافة. اشرح سبب صعود البالون عند إطلاقه.

11. إذا كان الحجم ثابتًا، فما الذي سيحدث لضغط الغاز عندما تنخفض درجة الحرارة؟ اشرح.

12. تقف سيارة وزنها 15,000 N فوق منصة مصعد هيدروليكي تبلغ مساحته 25 m^2. إذا كانت القوة المؤثّرة في المكبس الصغير لرفع السيارة تساوي 1/100 من وزنه، فما مساحة المكبس الصغير؟

إجابة موسّعة

سجّل إجاباتك على ورقة.

13. اشرح سبب استمرار طفو المنطاد في الهواء حتى عندما يحمل أشخاصًا.

14. اشرح سبب هبوط المنطاد عندما يتوقف الموقد عن العمل أثناء وجود المنطاد في الهواء.

15. صف آلية عمل الجهاز أعلاه.

16. يرتدي الغواصون غالبًا سترات الطفو للحفاظ على مستوى محايد من الطفو، حتى لا يغوصون إلى القاع ولا يصعدون إلى السطح. عندما يستنشق الغواص، يصعد ببطء. وعندما يزفر، يغوص ببطء. اشرح سبب حدوث ذلك.

17. اشرح سبب غوص درهم معدني في كأس الماء وطفوه في كأس الزئبق.

18. قارن وقابل بين التبخر والغليان.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابة قصيرة

9. كثافة القطعة التي طفت أقل من كثافة الماء. بينما كثافة القطعة التي غاصت أكبر من كثافة الماء.
10. يرتفع البالون لأنّ كثافة الغاز الموجود بداخله أقل من كثافة الهواء المحيط.
11. إذا كان الحجم ثابتًا، فستنخفض درجة الحرارة عندما ينخفض الضغط. يوضّح الجمع بين قانوني شارل وبويل أنّه ثمّة علاقة مباشرة بين درجة الحرارة والضغط (عندما يكون الحجم ثابتًا).
12. 0.25 m^2

أسئلة ذات إجابة مفتوحة

13. يؤدي الهواء الساخن إلى ارتفاع البالون بسبب التمدُّد الحراري للهواء. إنّ كثافة الهواء الموجود في البالون أقل من الهواء البارد المحيط به. ما دام مجموع كثافة البالون والسلة والأشخاص أقل من الهواء البارد المحيط، فسيطفو البالون.
14. عندما يتوقف الموقد عن العمل، يبدأ الهواء الموجود في البالون بالتحوُّل إلى هواء بارد وينكمش. يتسبب هذا الانكماش في ازدياد كثافة الهواء. عندما تصبح كثافة البالون والسلة والأشخاص أكبر من كثافة الهواء المحيط، يبدأ البالون في الهبوط.
15. عندما يمرّ الماء من الخرطوم فوق الأنبوب الذي يشبه الشفاطة، تتكوّن منطقة ذات ضغط منخفض، مما يسحب السائل الموجود في الرشاش إلى أعلى الأنبوب ثم إلى مجرى الماء. وينجح هذا بسبب مبدأ برنولي.
16. عندما يستنشق الغواص، يزيد الهواء المضاف إلى الرئتين حجم الغواص قليلًا ويقلل من كثافته، حتى يتمكن من الصعود ببطء. عندما يزفر الغواص، تزيد كثافته قليلًا، حتى يتمكن من الغوص ببطء.
17. لكي تتمكن العملة من الطفو، يجب أن تكون كثافتها أقل من كثافة المائع الذي وضعت فيه، لذا يجب أن تكون كثافة الزئبق أكبر من كثافة العملة.
18. إنّ التبخُّر عبارة عن التبخير الذي يحدث فقط عند سطح السائل. قد يحدث عند درجات حرارة أقل من درجة غليان السائل. أمّا الغليان فيحدث في كل أجزاء السائل عند درجة حرارة معينة تُسمى درجة الغليان.

352 / 118