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 مليدة بالغيوم مع وجود هطول، ولكن الأيام ذات الضغط المرتفع تكون على الأرجح صافية. ELL

مناقشة

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

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.

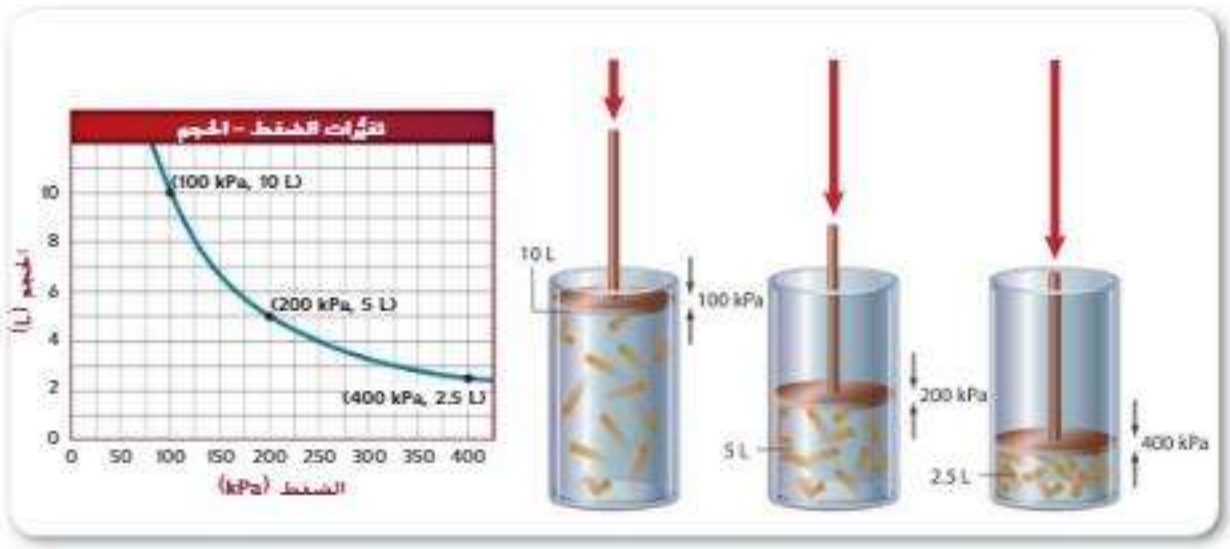
تستطيع من خلال بالون الرصد الجوي أن تعرف ما يحدث للحجم عند خفض الضغط. ماذا يحدث للضغط الناتج عن غاز إذا قلّصت حجمه — على سبيل المثال، بتقليل حجم الوعاء الذي يحتوي الغاز؟ فكّر في النظرية الحركية للمادة. يعتمد الضغط الناتج عن غاز على عدد مرات اصطدام جسيماته بجدران الوعاء. إذا أدخلت غازًا في مساحة أصغر، 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. يبيّن **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 $1\ cm^2$. ELL

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

458 الوحدة 16 • المواد الصلبة والسائلة والغازية

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 دمت 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. نشغل 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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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. ت م

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. ت 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. $P_i = 101\ kPa$; $P_f = (P_i V_i) / V_f = (90.0\ L \times 101\ kPa) / 175\ L = 51.9\ kPa$

القسم 3 • سلوك الغازات 459

التعلم بالوسائل البصرية

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

■ **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

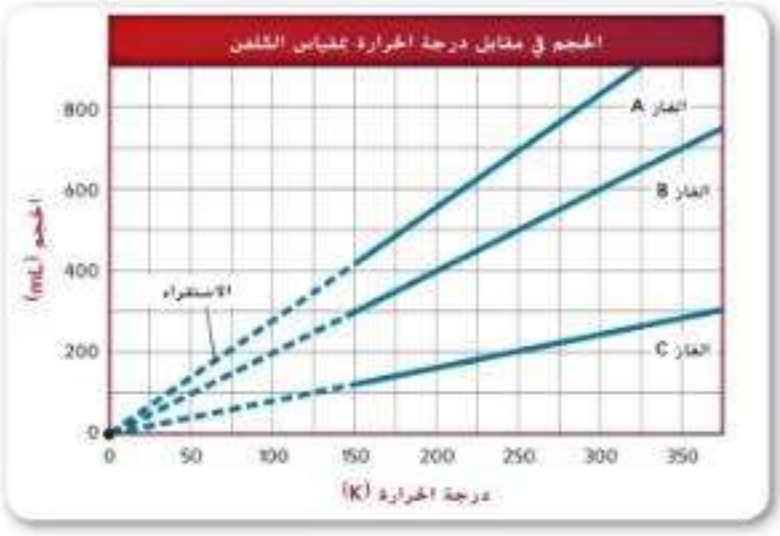
1. قلت سرعة الجسيمات المكوّنة للغاز، مما قلل الضغط على البالون، فانكمش.
2. زادت سرعة الجسيمات المكوّنة للغاز، مما زود الضغط على البالون، فزاد حجمه.

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 المتقطّعة استقراءات لبيانات التجربة. لاحظ أنّ كلّ الخطوط المتقطعة تلتقي عند درجة الحرارة 0 K.

حدّد الغاز الذي حصل له أكبر تغيّر في الحجم.



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.

تجربة مصغرة

ملاحظة الضغط

الإجراء

1. اقرأ الإجراء وحدّد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. انفخ بالونًا حتى تصف 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.

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 مُبرّد درجة حرارته -18°C؟
2. **تحفيز** يجري تسخين غاز حتى يتمدّد 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 أنه إذا كانت درجة الحرارة ثابتة، فإنّ ضغط غاز ما يزيد عندما ينخفض حجمه.
- ينص قانون شارل على أنه، 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. **توقّع**، باستخدام قانون بويل، ما سيحدث لبالون يأخذه أحد غواصي المحيط إلى ضغط يساوي 202 kPa.
3. **التفكير الناقد** توقّع 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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 الكاتشب أثناء المعالجة؟ قد يجري الطلاب تجارب أو يرسمون رسومًا تخطيطية لاختبار أفكارهم أو شرحها. وستسهم هذه التجربة في تحسين مهارات حل المشكلات لدى الطلاب.

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

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

شارك

بياناتك

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة

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 المنجهة 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 المبيّن 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. يعتقد 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 الوصفي 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 الملاحظة 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

فكرة رئيسة 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

فكرة رئيسة 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

فكرة رئيسة 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