الوحدة 12

الغازات

الفكرة الرئيسة تستجيب الغازات بطرق متوقعة للتغيرات في الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات.

الأقسام

1 قوانين الغازات

2 قانون الغاز المثالي

3 الحسابات الكيميائية للغازات

التجربة الاستهلالية

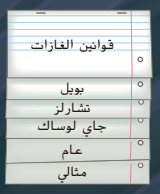
كيف تؤثر درجة الحرارة على حجم الغاز؟

في منطاد الهواء الساخن، تعمل المواقد على رفع درجة حرارة الهواء داخل المنطاد لإبقاء المنطاد محلقًا في الجو. وفي هذا المختبر، ستختبر كيف تؤثر التغيرات في درجة الحرارة على حجم المنطاد.

المطويات® منظم الدراسة

قوانين الغازات

قم بعمل مطويات. وسمّها باسم قوانين الغازات. لخّص ملاحظاتك على كل تبويب.



حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

في القرن التاسع عشر، استخدم جوزيف جاي لوساك رحلات المنطاد بالهواء الساخن في إجراء الأبحاث والتجارب. وساهم عمله، سويًا مع علماء آخرين، في تطور قوانين الغازات والتي ستدرسها في هذه الوحدة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

قوانين الغازات

الفكرة الرئيسة بالنسبة لمقدار ثابت من الغاز، يؤثر التغير في متغير واحد—سواء كان الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم، على المتغيرين الآخرين.

الأسئلة الرئيسة

- ما العلاقات بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز؟
- كيف يمكنك استخدام قوانين الغازات في حل المسائل المشتملة على الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز؟

مراجعة المفردات

القانون العلمي scientific law: يصف العلاقة القائمة في الطبيعة والتي تدعمها الكثير من التجارب

المفردات الجديدة

Boyle's law	قانون بويل
absolute zero	الصفر المطلق
Charles's law	قانون شارل
Gay-Lussac's law	قانون جاي لوساك
combined gas law	القانون العام للغازات

الكيمياء في حياتك

ما الذي يمكن أن يحدث للغاز في بالون إذا خفضت حجمه عن طريق ضغط البالون؟ سوف تشعر بزيادة المقاومة كلما ضغطت البالون وربما تلحظ بروز جزء من البالون.

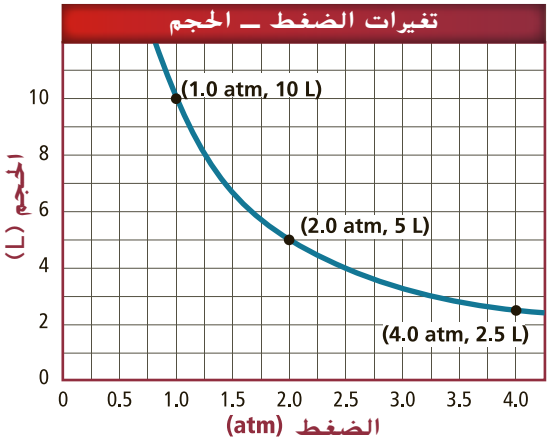
قانون بويل

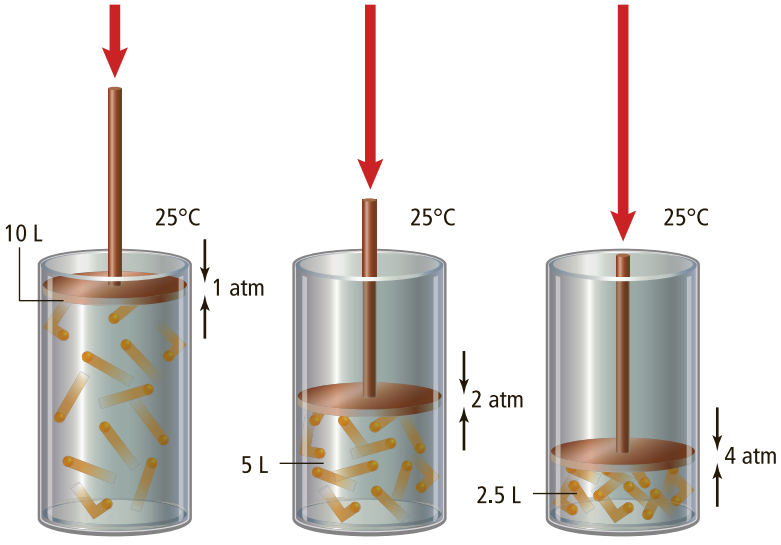
وكما يوضح المثال على البالون، فإن ضغط الغاز على علاقة بحجمه. روبرت بويل (1627–1691)، كيميائي من أصل أيرلندي وصف هذه العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه.

ما هي العلاقة بين الضغط والحجم؟ صمم بويل تجارب مثل التجربة الموضّحة في **الشكل 1**. وأوضح بويل أنه في حالة ثبات درجة حرارة الغاز وكميته، فإن مضاعفة الضغط تخفض من الحجم مرة ونصف. من ناحية أخرى، فإن خفض الضغط بمقدار مرة ونصف يضاعف من الحجم. العلاقة التي يزداد فيها متغير واحد نسبيًا في الوقت الذي ينخفض فيها المتغير الآخر تعرف باسم علاقة التناسب العكسي.

قانون بويل ينص على أن حجم المقدار الثابت من الغاز المحفوظ في درجة حرارة ثابتة يتناسب عكسيًا مع الضغط. انظر إلى الرسم البياني في **الشكل 1** حيث مخطط العلاقة العكسية بين حجم الغاز والضغط. ينتج عن تخطيط علاقة التناسب العكسي رسم منحنى يتجه إلى أسفل.

■ **الشكل 1** حيث أن الضغط الخارجي على مكبس الأسطوانة يزداد، فإن الحجم داخل الأسطوانة ينخفض. الرسم البياني يوضح العلاقة العكسية بين الضغط والحجم.





P_1V_1 = (1 atm)(10 L)
= 10 atm • L
= ثابت

P_2V_2 = (2 atm)(5 L)
= 10 atm • L
= ثابت

P_3V_3 = (4 atm)(2.5 L)
= 10 atm • L
= **ثابت**

اختبار تمثيل بياني

تطبيق استخدم الرسم البياني لتحديد الحجم إذا كان الضغط 2.5 atm.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

لاحظ أن ناتج حاصل ضرب الضغط في الحجم عند كل نقطة في **الشكل 1** هو 10 atm·L. يمكن التعبير عن قانون بويل رياضيًا كما يلي:

قانون بويل

$P_1V_1 = P_2V_2$ P يمثل الضغط، V يمثل الحجم.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز محفوظ في درجة حرارة ثابتة، فإن الناتج من حاصل ضرب الضغط في الحجم يساوي مقدار ثابت.

P_1 و V_1 يمثلان الظروف الأولية و P_2 و V_2 يمثلان الظروف الجديدة. إذا علمت أي ثلاث قيم من هذه القيم، يمكنك معرفة الرابعة بإعادة تنظيم المعادلة.

مثال 1

قانون بويل غواص يُطلق فقاعة هواء حجمها 0.75 L على مسافة 10 m تحت الماء. وعندما ارتفعت نحو السطح، ينخفض الضغط من 2.25 atm إلى 1.03 atm. ما حجم الهواء في الفقاعة عند السطح؟

1 تحليل المسألة

وفقًا لقانون بويل، فإن الانخفاض في الضغط على الفقاعة سينتج عنه زيادة في الحجم وبالتالي فإنه يجب ضرب الحجم الأولي في نسبة ضغط أكبر من 1.

معلوم	مجهول
$V_1 = 0.75\ \text{L}$	$V_2 = ?\ \text{L}$
$P_1 = 2.25\ \text{atm}$	
$P_2 = 1.03\ \text{atm}$	

2 حساب المجهول

استخدام قانون بويل. أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة V_2 واحسب الحجم الجديد.

$P_1V_1 = P_2V_2$ اكتب قانون بويل.

$V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة V_2

$V_2 = 0.75\ \text{L}\left(\frac{2.25\ \text{atm}}{1.03\ \text{atm}}\right)$ عوّض في $V_1 = 0.75\ \text{L}$ $P_1 = 2.25\ \text{atm}$ و $P_2 = 1.03\ \text{atm}$

$V_2 = 0.75\ \text{L}\left(\frac{2.25\ \cancel{\text{atm}}}{1.03\ \cancel{\text{atm}}}\right) = 1.6\ \text{L}$ ضرب وقسمة الأعداد والوحدات

3 تقييم الإجابة

ينخفض الضغط بمقدار النصف تقريباً ولذلك يجب أن يتضاعف مقدار الحجم. يتم التعبير عن الإجابة باللترات وهي وحدة الحجم وتحتوي الإجابة بشكل صحيح على رقمين معنويين.

تطبيق

افترض أن درجة الحرارة وكمية الغاز ثابتتان في المسائل التالية:

1. حجم الغاز عند 99.0 kPa هو 300.0 mL. إذا زاد الضغط إلى 188 kPa فماذا سيكون حجمه الجديد؟
2. ضغط عينة من الهيليوم في حاوية سعة 1.00 L هو 0.988 atm. ما الضغط الجديد إذا تم وضع العينة في حاوية سعة 2.00 L؟
3. **تحدي** هواء محصور في أسطوانة مغلقة بمكبس يشغل 145.7 mL عند ضغط 1.08 atm. ما الحجم الجديد عند ضغط المكبس، مما يؤدي إلى زيادة الضغط بمقدار 25%؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

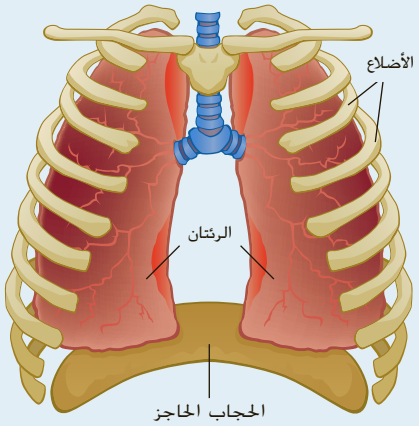
مختبر حل المسائل

تطبيق التفسيرات العلمية

ما الذي يجب أن يفعله قانون بويل مع التنفس؟ أنت تتنفس حوالي 20 مرة في الدقيقة وتقوم باستبدال غاز ثاني أكسيد الكربون بغاز الأكسجين اللازم لاستمرار الحياة. كيف يتغير الضغط والحجم في رئتيك عندما تتنفس؟

التحليل

النسيج الإسفنجي والمرن المكون لرئتيك يسمح لهما بالتمدد والانكماش في استجابة لحركة الحجاب الحاجز وهو عضلة قوية أسفل الرئتين. وأنت تستنشق الأكسجين عندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى الأسفل، مما يزيد من حجم الرئة. وعندما يتحرك الحجاب الحاجز لديك إلى الأعلى وينخفض حجم الرئة، تخرج أنت ثاني أكسيد الكربون.



التفكير الناقد

1. **طبق** قانون بويل لتفسير سبب دخول الهواء إلى الرئتين عندما تأخذ شهيقًا وسبب مغادرته عندما تأخذ زفيراً.
2. **فسّر** ما الذي يحدث داخل الرئتين عندما يتعرض أحدهم لضربة على البطن ويخرج الهواء منه. استخدم قانون بويل في تحديد إجابتك.
3. **استدل** تفقد أجزاء من الرئة مرونتها وتتضخم عندما يعاني الشخص من انتفاخ الرئة. من معلوماتك عن قانون بويل، لماذا تؤثر هذه الحالة على التنفس؟
4. **فسّر** لماذا يتعلم الغواصون المبتدئون ألا يحبسوا أنفاسهم أبداً أثناء صعودهم من المياه العميقة.

قانون شارل

في التجربة الاستهلالية، لاحظت أن محيط البالون انخفض بعد أن غُمر في الماء المثلج. لماذا حدث ذلك؟ بعد أمسية باردة، تلاحظ أن طوف حمام السباحة المطاطي انتفخ جزئيًا. خلال ظهيرة مشمسة، يمكن أن يبدو نفس الطوف منتفخًا تمامًا. لماذا تغير مظهر الطوف؟ يمكن الإجابة عن هذه الأسئلة بتطبيق قانون الغاز الثاني—قانون شارل.

ما العلاقة بين درجة الحرارة والحجم؟ جاك شارل (1746–1823)، فيزيائي فرنسي، درس العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة. ولاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة، يزيد حجم عينة الغاز في حالة ثبات كمية الغاز والضغط. ويفسر هذه الخاصية نظرية الحركة الجزيئية: كلما زادت درجة الحرارة، تحركت جسيمات الغاز أسرع وتصطدم بجدران الحاوية بشكل أكثر وبقوة أكبر. ولأن الضغط يعتمد على عدد الاصطدامات والقوة التي تصطدم بهما جسيمات الغاز بجدران الحاوية، فإن ذلك سيزيد من الضغط. ولكي يظل الضغط ثابتًا، فإن الحجم يجب أن يزداد ولذلك تتحرك الجسيمات بشكل أسرع قبل الاصطدام بالجدران. والاضطرار إلى الحركة بشكل أسرع يخفض من عدد اصطدامات الجسيمات مع جدران الحاوية.

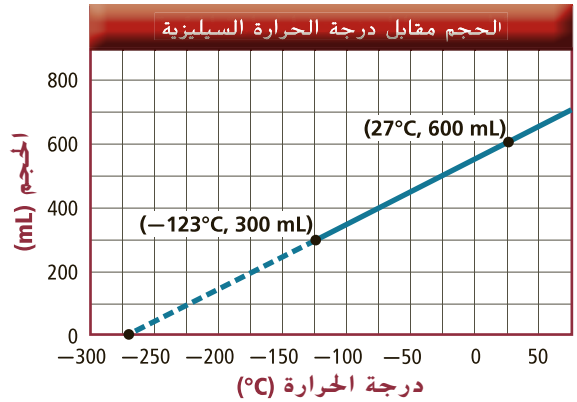
الأسطوانات في **الشكل 2** توضح كيف يتغير حجم المقدار الثابت من الغاز عند تسخينه. وعلى النقيض من **الشكل 1**، حيث وقع الضغط بالإضافة إلى الضغط الجوي على المكبس، فإن المكبس في **الشكل 2** حر الحركة. وذلك يعني أن المكبس سوف يكون مدعومًا بالغاز داخل الأسطوانة عند مستوى يتطابق فيه ضغط الغاز تمامًا مع الضغط الجوي. وكما ترى، فإن الحجم الذي يشغله الغاز عند ضغط 1atm يزداد بزيادة درجة الحرارة في الأسطوانة. وتعتبر المسافة التي يتحركها المكبس مقياسًا للزيادة في حجم الغاز عند تسخينه.

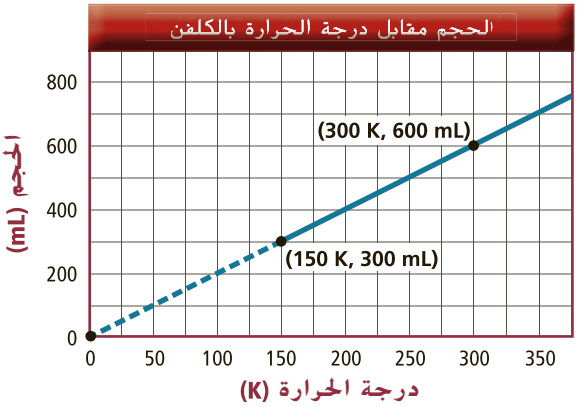
الرسم البياني للعلاقة بين درجة الحرارة والحجم

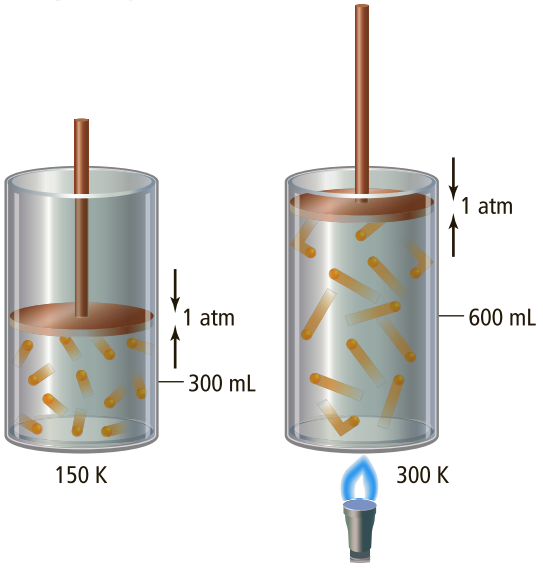
الشكل 2 يوضح أيضًا الرسوم البيانية للعلاقة بين درجة حرارة وحجم مقدار ثابت من الغاز عند ضغط ثابت. الرسم التخطيطي للحجم مقابل درجة الحرارة عبارة عن خط مستقيم. لاحظ أنه يمكنك التنبؤ بدرجة الحرارة التي سيصل عندها الحجم إلى 0 L وذلك بمد رسم الخط إلى درجات حرارة أقل من القيم التي تم قياسها.

في الرسم البياني الأول، درجة الحرارة التي تقابل حجمًا قدره 0 L هي 273.15°C−. وهذه العلاقة خطية ولكنها ليست علاقة تناسب طردي. على سبيل المثال، يمكنك ملاحظة أن الرسم البياني للخط لا يمر عبر نقطة الأصل وأن ذلك يضاعف درجة الحرارة من 25°C إلى 50°C ولكنه لا يضاعف الحجم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education







$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{300\ \text{mL}}{150\ \text{K}} = 2\ \text{mL/K} = \text{ثابت}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{600\ \text{mL}}{300\ \text{K}} = 2\ \text{mL/K} = \text{ثابت}$$

■ **الشكل 2** عند تسخين الأسطوانة، فإن الطاقة الحركية لجسيمات الغاز تزداد وتدفعه نحو الخارج. وتوضح الرسوم البيانية العلاقة بين الحجم ودرجات الحرارة على مقياسي سيليزي وكلفن.

الرسم البياني الثاني في **الشكل 2** والذي يرسم درجة حرارة كلفن (K) مقابل الحجم، يعرض بالفعل علاقة تناسب طردي. درجة حرارة 0 K التي تقابل 0 mL وتضاعف درجة الحرارة تضاعف الحجم. الصفر على مقياس كلفن يعرف أيضًا باسم **الصفر المطلق**. يمثل الصفر المطلق أقل درجة حرارة نظرية محتملة. وعند الصفر المطلق، تكون الذرات جميعها في أقل حالة ممكنة من الطاقة.

التأكد من فهم الرسم البياني **فسّر** لماذا يوضح الرسم البياني في **الشكل 2** تناسبًا طرديًا، بينما الرسم البياني الأول ليس كذلك.

استخدام قانون شارل

ينص قانون شارل على أن حجم المقدار المعلوم من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارة بالكلفن عند ضغط ثابت. يمكن التعبير عن قانون شارل كما يلي:

المطويات®
اكتب معلومات من هذا القسم في مطويتك.

قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

V تمثل الحجم.
T تمثل درجة الحرارة.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز عند ضغط ثابت، فإن ناتج قسمة الحجم على درجة الحرارة بالكلفن يكون ثابتًا.

في المعادلة أعلاه V_1 و T_1 تمثل الظروف الأولية، بينما V_2 و T_2 تمثل ظروف جديدة. وكما هو الحال مع قانون بويل، إذا علمت ثلاث قيم من القيم، يمكنك حساب القيمة الرابعة.

يجب التعبير عن درجة الحرارة بمقياس كلفن عند استخدام المعادلة لقانون شارل. لتحويل درجة الحرارة من درجات سيليزية إلى كلفن، قم بإضافة 273 إلى درجة حرارة السيليزية:

$$T_K = 273 + T_C$$

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال2

قانون شارل بالون الهيليوم في السيارة المغلقة يشغل حجمًا قدره 2.32 L عند درجة حرارة 40.0°C. إذا تم ركن السيارة في يوم حار وكانت درجة الحرارة داخل السيارة 75.0°C، فما هو الحجم الجديد للبالون، مع افتراض أن الضغط يظل ثابتًا؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون شارل على أن حجم كمية محددة من الغاز يزداد بزيادة درجة الحرارة عند ثبات الضغط. وبالتالي، فإن حجم البالون سيزداد. يجب ضرب الحجم الأولي في نسبة درجة حرارة أكبر من 1.

معلوم	مجهول
$T_2 = 40.0°C$	$V_2 = ?\ L$
$V_1 = 2.32\ L$	
$T_2 = 75.0°C$	

2 حساب المجهول

تحويل الدرجات السيليزية إلى كلفن.

تطبيق معامل التحويل: $T_K = 273 + T_C$

عوّض في $T_1 = 40.0°C$: $T_1 = 273 + 40.0°C = 313.0\ K$

عوّض $T_2 = 75.0°C$: $T_2 = 273 + 75.0°C = 348.0\ K$

استخدام قانون شارل، أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة V_2 والتعويض بالقيم المعلومة في المعادلة التي تم إعادة ترتيبها.

اكتب قانون شارل: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة V_2: $V_2 = V_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

عوض $V_1 = 2.32\ L$ و $T_1 = 313.0\ K$: $V_2 = 2.32\ L\left(\frac{348.0\ K}{313.0\ K}\right)$

اضرب واقسم الأعداد والوحدات.: $V_2 = 2.32\ L\left(\frac{348.0\ \cancel{K}}{313.0\ \cancel{K}}\right) = 2.58\ L$

3 تقييم الإجابة

الزيادة في درجات الحرارة بالكلفن تكون صغيرة نسبيًا وبالتالي فإن الحجم يجب أن يزداد زيادة صغيرة. الوحدة المذكورة في الإجابة هي اللترات وتمثل وحدة الحجم ويوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيق

افترض أن الضغط وكمية الغاز ثابتان في المسائل التالية:

4. ما حجم الغاز في البالون الظاهر على اليسار عند درجة حرارة 250 K؟

5. يشغل غاز عند درجة حرارة 89°C حجمًا مقداره 0.67 L. ما درجة الحرارة السيليزية التي سيزداد عندها الحجم إلى 1.12 L؟

6. درجة الحرارة السيليزية لعينة حجمها 3.00 L من الغاز تنخفض من 80.0°C إلى 30.0°C. فما الحجم النهائي لهذا الغاز؟

7. تحدي غاز يشغل حجمًا مقداره 0.67 L عند درجة حرارة 350 K. فما درجة الحرارة المطلوبة لخفض الحجم بنسبة 45%؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قانون جاي لوساك

في التجربة الاستهلالية، رأيت قانون شارل عمليًا حيث تغير حجم البالون تحت تأثير درجة الحرارة. ما الذي كان سيحدث إذا كان شكل البالون صلبًا؟ وإذا كان الحجم ثابتًا، فهل توجد علاقة بين درجة الحرارة والضغط؟ الإجابة على هذا السؤال موجودة في قانون جاي لوساك.

ما هي العلاقة بين درجة حرارة الغاز وضغطه؟ الضغط عبارة عن نتيجة مباشرة للتصادمات بين جسيمات الغاز وجدران الحاوية. الزيادة في درجة الحرارة يزيد من تكرار التصادم والطاقة وبالتالي زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة الضغط، إذا كان الحجم ثابتًا. جوزيف جاي-لوساك (1778–1850) وجد أن الضغط يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة، كما هو موضّح في **الشكل 3**.

قانون جاي لوساك ينص على أن ضغط المقدار الثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن في حالة ثبات الحجم ويمكن التعبير عنه رياضيًا كما يلي:

قانون جاي لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

P تمثل الضغط.
T تمثل درجة الحرارة.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز محفوظ عند حجم ثابت، فإن حاصل قسمة الضغط على درجة الحرارة بالكلفن يكون ثابتًا.

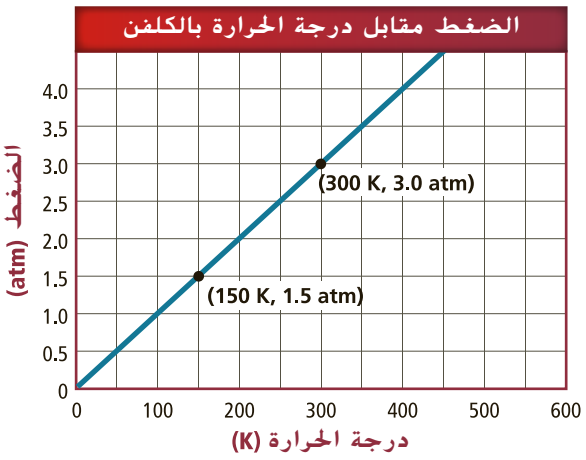
كما هو الحال مع قانوني بويل وشارل، إذا علمت أي ثلاثة من المتغيرات الأربعة، يمكنك حساب المتغير الرابع باستخدام هذه المعادلة. تذكر أن درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن متى تم استخدامها في معادلات قوانين الغازات.

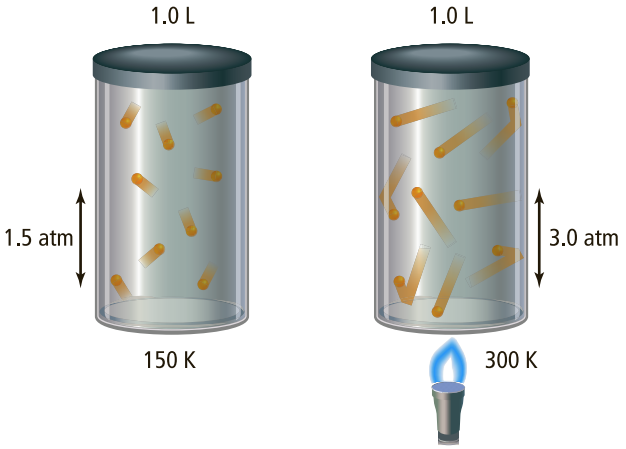
مهن

في الكيمياء

عالم الأرصاد الجوية العلاقات بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم الهواء تساعد علماء الأرصاد الجوية على فهم الطقس والتنبؤ به. على سبيل المثال، تنشأ الرياح والجبهات من تغيرات الضغط التي يسببها تسخين الشمس المتفاوت للغلاف الجوي للأرض.

■ **الشكل 3** عند تسخين الأسطوانة، تزداد الطاقة الحركية للجسيمات، مما يزيد من كل من تكرار الاصطدامات وطاقتها مع جدران الأسطوانة. حجم الأسطوانة ثابت وبالتالي فإن الضغط الذي يبذله الغاز يزداد.





$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{1.5\ \text{atm}}{150\ \text{K}} = 0.01\ \text{atm/K} = \text{ثابت}$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{3.0\ \text{atm}}{300\ \text{K}} = 0.01\ \text{atm/K} = \text{ثابت}$$

التأكد من فهم الرسم البياني

قارن بين الرسوم البيانية في الشكلين 2 و 3.

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

الكيمياء في الحياة اليومية

قانون جاي لوساك

أواني الطبخ بالضغط آنية الضغط عبارة عن وعاء بغطاء يغلق بإحكام في موضعه. ويعمل ذلك على إحكام إغلاق الوعاء والذي يحافظ على حجمه ثابتًا. ويعمل تسخين الوعاء على زيادة الضغط فيه. وكلما ازداد الضغط، تستمر درجة الحرارة في الزيادة ويتم طهي الطعام بشكل أسرع.

مثال 3

قانون جاي لوساك ضغط غاز الأكسجين داخل وعاء هو 5.00 atm عند درجة حرارة 25.0°C. ويقع الوعاء في معسكر على قمة جبل الإفرست. فإذا كانت درجة الحرارة هناك −10.0°C، فما الضغط الجديد داخل الوعاء؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون جاي لوساك على أنه إذا انخفضت درجة حرارة الغاز، فإن الضغط ينخفض عندما يكون الحجم ثابتًا. وبالتالي، فإن الضغط في وعاء الأكسجين سينخفض. يجب ضرب الضغط الأولي في نسبة درجة حرارة أقل من 1.

معلوم	مجهول
$P_1 = 5.00\ \text{atm}$	$P_2 = ?\ \text{atm}$
$T_1 = 25.0°\text{C}$	
$T_2 = -10.0°\text{C}$	

2 حساب المجهول

تحويل الدرجات السيليزية إلى كلفن.

تطبيق معامل التحويل $T_K = 273 + T_C$

عوّض في $T_1 = 25.0°\text{C}$ $T_1 = 273 + 25.0°\text{C} = 298.0\ \text{K}$

عوّض في $T_2 = -10.0°\text{C}$ $T_2 = 273 + (-10.0°\text{C}) = 263.0\ \text{K}$

استخدام قانون جاي لوساك. أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة P_2 والتعويض بالقيم المعلومة في المعادلة التي تمت إعادة ترتيبها.

اكتب قانون جاي لوساك $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة P_2 $P_2 = P_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

عوّض في $P_1 = 5.00\ \text{atm}$، $T_1 = 298.0\ \text{K}$ و $T_2 = 263.0\ \text{K}$ $P_2 = 5.00\ \text{atm}\left(\frac{263.0\ \text{K}}{298.0\ \text{K}}\right)$

اضرب واقسم الأعداد والوحدات. $P_2 = 5.00\ \text{atm}\left(\frac{263.0\ \cancel{\text{K}}}{298.0\ \cancel{\text{K}}}\right) = 4.41\ \text{atm}$

3 تقييم الإجابة

تنخفض درجة الحرارة وبالتالي ينبغي أن ينخفض الضغط. الوحدة، atm وهي وحدة قياس الضغط وتوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيق

افترض ثبات الحجم ومقدار الغاز في المسائل التالية:

8. الضغط داخل إطار سيارة 1.88 atm عند 25.0°C. كم سيصبح الضغط إذا زادت درجة الحرارة إلى 37.0°C؟
9. غاز الهيليوم في أسطوانة سعة 2.00 L يقع تحت ضغط مقداره 1.12 atm. عند درجة حرارة 36.5°C يصبح ضغط عينة الغاز نفسها يساوي 2.56 atm. ماذا كانت درجة الحرارة الأولية بالدرجات السيليزية للغاز في الأسطوانة؟
10. **تحدي** إذا كان ضغط عينة غاز 30.7 kPa عند 0.00°C. فكم يجب زيادة درجة الحرارة السيليزية لمضاعفة الضغط؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 4** الحبال المثبتة على جوانب بالون الطقس تظل في مكانها بينما تتم تعبئته بغاز الهيدروجين أو الهيليوم. تحمل بالونات الطقس الأدوات التي ترسل البيانات، مثل درجة حرارة الهواء والضغط والرطوبة، لمستقبلات على الأرض. وعندما يرتفع البالون، يستجيب حجمه للتغيرات في درجة الحرارة والضغط ويظل يتمدد حتى انفجار الجوانب. وتقوم مظلة صغيرة بإعادة الأدوات إلى الأرض.

القانون العام للغازات

في عدد من التطبيقات التي تشتمل على غازات، مثل بالون الطقس في **الشكل 4** الضغط ودرجة الحرارة والحجم قد يتغير كل ذلك. ويمكن دمج قوانين بويل وشارل وجاي لوساك في قانون واحد يسمى **القانون العام للغازات** وهو يحدد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم مقدار ثابت من الغاز. والمتغيرات الثلاثة جميعها لها نفس العلاقة مع بعضها مثلما هو الحال في قوانين الغاز الأخرى: الضغط يتناسب عكسيًا مع الحجم وطرديًا مع درجة الحرارة ويتناسب الحجم طرديًا مع درجة الحرارة. يمكن التعبير عن القانون العام للغازات رياضيًا كما يلي:

القانون العام للغازات

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

P تمثل الضغط. *V* تمثل الحجم.
T تمثل درجة الحرارة.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز، فإن الناتج من حاصل ضرب الضغط والحجم، مقسومًا على درجة الحرارة بالكلفن يكون ثابتًا.

استخدام القانون العام للغازات القانون العام للغازات يمكنك من حل المسائل التي تشتمل على تغيرات في أكثر من متغير. وهو يوفر أيضًا طريقة لتذكر القوانين الثلاثة الأخرى بدون تذكر كل معادلة. إذا أمكنك كتابة معادلة القانون العام للغازات، فإنه يمكن اشتقاق معادلات القوانين الأخرى منها وذلك بتذكر المتغير الثابت في كل حالة.

على سبيل المثال، إذا ظلت درجة الحرارة ثابتة بينما يتغير الضغط والحجم، فإن $T_1 = T_2$. بعد تبسيط القانون العام للغازات في ظل هذه الظروف، فإننا نصل إلى أن $P_1 V_1 = P_2 V_2$ والتي يجب أن تفهمها باعتبارها معادلة قانون بويل.

☑ التأكد من فهم النص **اشتق** قانوني شارل وجاي لوساك من القانون العام للغازات.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 4

القانون العام للغازات غاز عند 110 kPa ودرجة حرارة 30.0°C يملأ حاوية مرنة بحجم أولي قدره 2.00 L. فإذا زادت درجة الحرارة إلى 80.0°C والضغط إلى 440 kPa، فما هو الحجم الجديد؟

1 تحليل المسألة

يتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة وبالتالي ستحتاج إلى استخدام القانون العام للغازات. يتضاعف الضغط أربعة أضعاف ولكن درجة الحرارة لا تزداد بمثل هذا المعامل الضخم. وبالتالي، فإن الحجم الجديد سوف يكون أصغر من حجم البداية.

معلوم		مجهول
$P_1 = 110\ \text{kPa}$	$P_2 = 440\ \text{kPa}$	$V_2 = ?\ \text{L}$
$T_1 = 30.0°\text{C}$	$T_2 = 80.0°\text{C}$	
$V_1 = 2.00\ \text{L}$		

2 حساب المجهول

تحويل الدرجات السيليزية إلى كلفن.

$$T_K = 273 + T_C$$ تطبيق معامل التحويل

$$T_1 = 273 + 30.0°\text{C} = 303.0\ \text{K}$$ عوّض في $T_1 = 30.0°\text{C}$

$$T_2 = 273 + 80.0°\text{C} = 353.0\ \text{K}$$ عوّض في $T_2 = 80.0°\text{C}$

استخدام القانون العام للغازات. أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة V_2 والتعويض بالقيم المعلومة في المعادلة التي تم إعادة ترتيبها.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$ اكتب القانون العام للغازات.

$$V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$ أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة V_2

$$V_2 = 2.00\ \text{L}\left(\frac{110\ \text{kPa}}{440\ \text{kPa}}\right)\left(\frac{353.0\ \text{K}}{303.0\ \text{K}}\right)$$ عوّض في $V_1 = 2.00\ \text{L}$, $P_1 = 110\ \text{kPa}$, $P_2 = 440\ \text{kPa}$, $T_2 = 353.0\ \text{K}$, $T_1 = 303.0\ \text{K}$

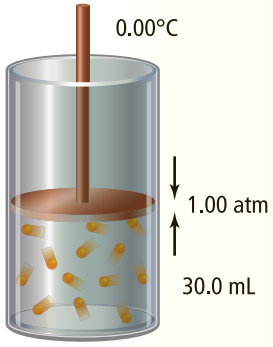
$$V_2 = 2.00\ \text{L}\left(\frac{110\ \cancel{\text{kPa}}}{440\ \cancel{\text{kPa}}}\right)\left(\frac{353.0\ \cancel{\text{K}}}{303.0\ \cancel{\text{K}}}\right) = 0.58\ \text{L}$$ اضرب واقسم الأعداد والوحدات

3 تقييم الإجابة

لأن التغير في الضغط أكبر بكثير من التغير في درجة الحرارة، فإن الحجم سيقل. الوحدة هي اللتر وهي وحدة قياس الحجم ويوجد رقمان معنويان.

تطبيق

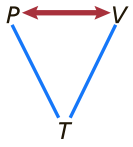
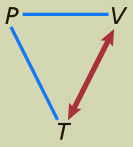
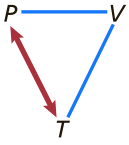
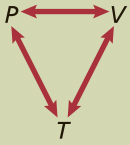
افترض أن مقدار الغاز ثابت في المسائل التالية:



11. تبذل عينة من الهواء في محقنة ضغطًا مقداره 1.02 atm عند درجة حرارة 22.0°C. يتم وضع المحقن في حمام ماء مغلي عند درجة حرارة 100.0°C. يزداد الضغط إلى 1.23 atm بالضغط على المكبس، مما يخفض الحجم إلى 0.224 mL. فكم كان الحجم الأولي؟
12. بالون يحتوي على 146.0 mL من الغاز المحصور عند ضغط 1.30 atm ودرجة حرارة 5.0°C. فإذا تضاعف الضغط وانخفضت درجة الحرارة إلى 2.0°C فكم سيكون حجم الغاز في البالون؟
13. **تحدي** إذا زادت درجة الحرارة في أسطوانة الغاز إلى اليسار إلى 30.0°C وزاد الضغط إلى 1.20 atm فهل سيتحرك مكبس الأسطوانة إلى أعلى أم إلى أسفل؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 1 قوانين الغازات

القانون	بويل	شارل	جاي لوساك	القانون العام
الصيغة	$P_1V_1 = P_2V_2$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$
ما هو الثابت؟	مقدار الغاز ودرجة الحرارة	مقدار الغاز والضغط	مقدار الغاز والحجم	مقدار الغاز
رسم تنظيمي				

مقاييس درجة الحرارة وقوانين الغازات ربما تكون قد لاحظت أن العمل الذي قام به كل من شارل وجاي-لوساك سبق تطوير مقياس كلفن. إلا أن قوانينهم تتطلب استخدام درجات الحرارة على مقياس كلفن. في القرن الثامن عشر وبداية التاسع عشر، استخدم العلماء العديد من المقاييس المختلفة. على سبيل المثال، المقياس الذي يسمى مقياس رياومور والذي كان يستعمل غالبًا في فرنسا في زمن شارل. وعلى هذا المقياس—أو أي مقياس لا يعتمد على الصفر المطلق—فإن التعبير عن قانون شارل أكثر تعقيداً ويتطلب اثنين من الثوابت بالإضافة إلى V و T. وقام مقياس كلفن بتبسيط الأمور ونتج عنه ظهور قوانين الغازات المعروفة والموجودة هنا.

رأيت الآن كيف يؤثر الضغط ودرجة الحرارة والحجم على عينة من الغاز. يمكنك استخدام قوانين الغازات والتي تم تلخيصها في **الجدول 1**، طالما ظل مقدار الغاز ثابتًا. ولكن ما الذي يحدث إذا تغير مقدار الغاز؟ في القسم التالي، سوف تقوم بإضافة المتغير الرابع وهو مقدار الغاز، إلى قوانين الغازات.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- ينص قانون بويل على أن حجم مقدار ثابت من الغاز يتناسب عكسيًا مع الضغط الواقع عليه في حالة ثبات درجة الحرارة.
- ينص قانون شارل على أن حجم المقدار الثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بمقياس كلفن عند الضغط الثابت.
- ينص قانون جاي لوساك على أن الضغط الواقع على مقدار ثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن عند ثبات الحجم.
- القانون العام للغازات يربط بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم في معادلة واحدة.

14. الفكرة **الرئيسة اذكر** العلاقات القائمة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز.
15. **فسّر** أي من المتغيرات الثلاثة التي تؤثر على كمية ثابتة من الغاز يتناسب طرديًا؟ ما هي المتغيرات التي تتناسب عكسيًا؟
16. **تحليل** يتم تحرير بالون الطقس في الغلاف الجوي. معلوم لديك الحجم الأولي ودرجة الحرارة وضغط الهواء. ما المعلومات التي ستحتاج إليها للتنبؤ بحجمه عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له؟ ما القانون الذي ستستخدمه لحساب هذا الحجم؟
17. **استدل** لماذا يتم ضغط الغازات التي يتم استخدامها في المستشفيات مثل الأكسجين؟ لماذا تجب حماية الغازات المضغوطة من درجات الحرارة العالية؟ ما الذي يجب أن يحدث للأكسجين المضغوط قبل استنشاقه؟
18. **احسب** حاوية بلاستيكية صلبة فيها 1.00 L من غاز الميثان عند ضغط 660 torr عندما تكون درجة الحرارة 22.0°C. ما مقدار الضغط الذي يبذله الغاز إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 44.6°C؟
19. **صمم** خريطة مفاهيم توضح العلاقات بين الضغط،والحجم ودرجة الحرارة في قوانين بويل وشارل وجاي ولوساك.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

قانون الغاز المثالي

القسم 2

الفكرة **الرئيسة** قانون الغاز المثالي يربط بين عدد الجسيمات والضغط ودرجة الحرارة والحجم.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يربط مبدأ أفوجادرو عدد جزيئات الغاز بحجمه؟
- كيف ترتبط كمية الغاز مع ضغطه ودرجة حرارته وحجمه في قانون الغاز المثالي؟
- ما خصائص الغازات الحقيقية والغازات المثالية؟

مراجعة المفردات

المول mole: وحدة قياسية دولية تستخدم لقياس كمية المادة؛ وتساوي كمية المادة النقية التي تحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات

المفردات الجديدة

مبدأ أفوجادرو	Avogadro's principle
الحجم المولي	molar volume
درجة الحرارة والضغط القياسيان (STP)	standard temperature and pressure (STP)
ثابت الغاز المثالي (R)	ideal gas constant (R)
قانون الغاز المثالي	ideal gas law

الكيمياء في حياتك

تعلم أن إضافة الهواء إلى إطارات السيارات يزيد الضغط داخلها. لكن هل تعلم أن الضغط الموصى به لإطارات السيارات هو المحدد في ظروف الطقس البارد؟ حيث إن الإطارات تتحرك بسرعة على الطريق، فإن الاحتكاك يسبب ارتفاع درجة حرارتها. وذلك يسبب أيضًا ارتفاع الضغط داخل الإطارات.

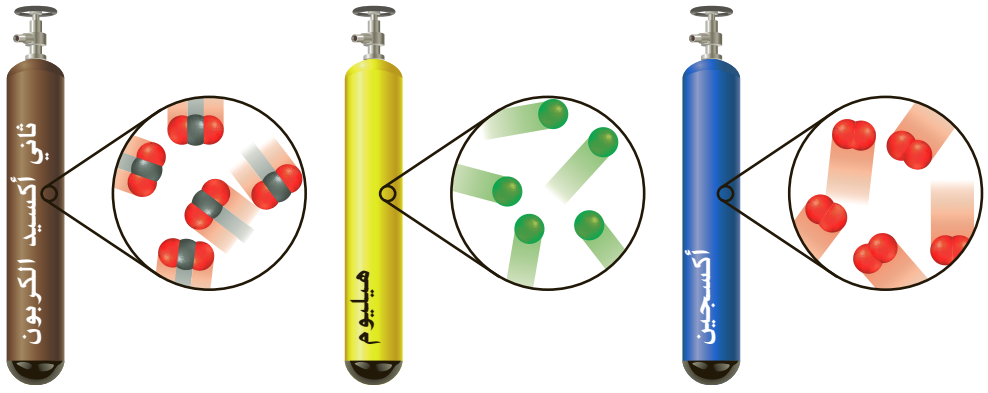
مبدأ أفوجادرو

الجسيمات التي تكوّن غازات مختلفة يمكن أن تتباين في الحجم كثيراً. ومع ذلك، فإن نظرية الحركة الجزيئية تفترض أن الجسيمات في عينة غاز تكون متباعدة بشكل كبير بحيث يصبح حجمها ذو تأثير ضئيل جداً على الحجم الذي يشغله الغاز. على سبيل المثال، 1000 جسيم ضخم نسبيًا من غاز الكريبتون تشغل نفس الحجم مثل 1000 جسيم أصغر حجمًا من غاز الهيليوم عند نفس درجة الحرارة والضغط. ولقد كان أفوجادرو أول من افترض هذه الفكرة عام 1811. ينص **مبدأ أفوجادرو** على أن الأحجام المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي على أعداد متساوية من الجسيمات. **الشكل 5** يوضح أحجامًا متساوية من ثاني أكسيد الكربون والهيليوم والأكسجين.

الحجم والمولات تذكر أن المول الواحد من المادة يحتوي على 6.02×10^{23} جسيمًا. **الحجم المولي** للغاز عبارة عن الحجم الذي يشغله 1 mol عند درجة حرارة 0.00°C وضغط 1.00 atm. ظروف 0.00°C و 1.00 atm تعرف باسم **الضغط ودرجة الحرارة القياسيين (STP).** ولقد أوضح أفوجادرو تجريبيًا أن 1 mol من أي غاز يشغل حجمًا قدره 22.4 L عند الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP. ولأن الحجم 1 mol من الغاز عند الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP هو 22.4 L فإنه يمكنك استخدام 22.4 L/mol باعتباره معامل تحويل متى أصبح الغاز عند الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP.

على سبيل المثال، افترض أنك تريد إيجاد عدد المولات في عينة ما من الغاز حجمها 3.72 L عند الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP. استخدم الحجم المولي للتحويل من الحجم إلى مولات.

$$3.72\ \text{L} \times \frac{1\ \text{mol}}{22.4\ \text{L}} = 0.166\ \text{mol}$$



■ **الشكل 5** صهاريج الغاز ذات الأحجام المتساوية والتي توجد عند الضغط ودرجة الحرارة نفسهما تحتوي على العدد نفسه من جسيمات الغاز، بغض النظر عن نوع الغاز الذي تحتويه.

استدل لماذا لا ينطبق مبدأ أفوجادرو على السوائل والأجسام الصلبة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 5

الحجم المولي المكون الرئيسي للغاز الطبيعي المستخدم في أغراض التسخين والطبخ المنزلي هو الميثان (CH_4). احسب الحجم الذي سيشغله 2.00 kg من غاز الميثان عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

1 تحليل المسألة

يمكن حساب عدد المولات بقسمة كتلة العينة m، على الكتلة المولية M. الغاز عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP (0.00°C, 1.00 atm) وبالتالي يمكنك استخدام الحجم المولي للتحويل من عدد المولات إلى الحجم.

معلوم

$m = 2.00\ \text{kg}$

$T = 0.00°\text{C}$

$P = 1.00\ \text{atm}$

مجهول

$V = ?\ \text{L}$

2 حساب المجهول

حدد الكتلة المولية للميثان.

حدد الكتلة الجزيئية.

$$M = 1\ \text{C atom}\left(\frac{12.01\ \text{amu}}{1\ \text{C atom}}\right) + 4\ \text{H atoms}\left(\frac{1.01\ \text{amu}}{1\ \text{H atom}}\right)$$

$$= 12.01\ \text{amu} + 4.04\ \text{amu} = 16.05\ \text{amu}$$

عبّر عن الكتلة الجزيئية بوحدة g/mol للوصول إلى الكتلة المولية.

$$= 16.05\ \text{g/mol}$$

حدد عدد مولات الميثان.

تحويل الكتلة من kg إلى g.

$$2.00\ \text{kg}\left(\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\right) = 2.00 \times 10^3\ \text{g}$$

قسمة الكتلة على الكتلة المولية لتحديد عدد المولات.

$$\frac{m}{M} = \frac{2.00 \times 10^3\ \text{g}}{16.05\ \text{g/mol}} = 125\ \text{mol}$$

استخدم الحجم المولي لتحديد حجم الميثان عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

استخدم الحجم المولي، 22.4 L/mol، للتحويل من مولات إلى الحجم.

$$V = 125\ \text{mol} \times \frac{22.4\ \text{L}}{1\ \text{mol}} = 2.80 \times 10^3\ \text{L}$$

3 تقييم الإجابة

مقدار الميثان الحالي أكثر بكثير من 1 mol. وبالتالي يجب عليك أن تتوقع حجمًا كبيراً، بالتطابق مع الإجابة. الوحدة هي اللترات وحدة الحجم ويوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيق

20. ما حجم الحاوية الذي تحتاجه لحفظ 0.0459 mol من غاز N_2 عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟

21. ما كمية غاز ثاني أكسيد الكربون بالجرامات الموجودة في بالون حجمه 1.0 L عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟

22. ما الحجم (mL) الذي سيشغله 0.00922 g من غاز H_2 عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟

23. ما الحجم الذي سيشغله 0.416 g من غاز الكريبتون عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟

24. احسب الحجم الذي سيشغله 4.5 kg من غاز الإيثيلين (C_2H_4) عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

25. تحدي يحتوي وعاء بلاستيكي مرن على 0.860 g من غاز الهيليوم في حجم 19.2 L. فإذا تم التخلص من 0.205 g من الهيليوم عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين، فما مقدار الحجم الجديد؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

قانون الغاز المثالي

يمكن دمج مبدأ أفوجادرو وقوانين بويل وشارل وجاي ولوساك في علاقة رياضية واحدة تصف العلاقات بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز. وهذه الصيغة تعمل على أفضل ما يكون مع الغازات التي تتبع افتراضات نظرية الحركة الجزيئية. الغازات المعروفة باسم الغازات المثالية، تشغل جسيماتها حجمًا صغيرًا جدًا يمكن إهماله وتكون متباعدة عن بعضها بشكل كبير جدًا بحيث تكون قوى التجاذب والتنافر بينها أقل ما يمكن.

من القانون العام للغازات إلى قانون الغاز المثالي فإن القانون العام للغازات يقيم علاقة بين المتغيرات الضغط والحجم ودرجة الحرارة لمقدار معلوم من الغاز.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

بالنسبة لعينة محددة من الغاز، فإن هذه العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة هي نفسها دائمًا. يمكنك إعادة كتابة العلاقة الممثَّلة في قانون الغازات العام كما يلي:

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت}$$

كما يشرح **الشكل 6**، فإن زيادة مقدار الغاز الموجود في عينة سترفع الضغط في حالة ثبات درجة الحرارة والحجم. وبالمثل إذا ظل الضغط ودرجة الحرارة ثابتين، فإن الحجم سيزداد كلما تم إضافة المزيد من جسيمات الغاز. وفي الواقع، فإننا نعلم أن كلاً من الحجم والضغط يتناسبان طرديًا مع عدد المولات (n) وبالتالي فإن n يمكن تضمينه في قانون الغازات العام كما يلي:

$$\frac{PV}{nT} = \text{ثابت}$$

حددت التجارب باستخدام القيم المعروفة من P, T, V و n قيمة هذا الثابت. وهو يسمى **ثابت الغاز المثالي** وهو ممثَّل بالرمز R. وإذا كان الضغط بوحدة atm، فإن قيمة R هي 0.0821 L•atm/mol•K. لاحظ أن وحدات التعبير عن R هي ببساطة تجمع وحدات المتغيرات الأربعة. **الجدول 2** يوضح القيم العددية للثابت R في وحدات مختلفة من الضغط.

التأكد من فهم النص **فسّر** لماذا تمت إضافة عدد المولات، n، إلى خانة المقام في المعادلة أعلاه.

التعويض بالثابت R في المعادلة أعلاه وإعادة ترتيب القيم يعطي قانون الغاز المثالي الصيغة الأكثر شيوعًا. يصف **قانون الغاز المثالي** السلوك الفيزيائي لغاز مثالي من حيث الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز الموجودة.

قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

P تمثل الضغط، V تمثل الحجم،
n تمثل عدد المولات، R تمثل ثابت الغاز المثالي،
T تمثل درجة الحرارة.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز محفوظ في درجة حرارة ثابتة، فإن حاصل ضرب الضغط في الحجم يساوي مقدارًا ثابتًا.

إذا كنت تعلم أي ثلاثة متغيرات من الأربعة، فإنه يمكنك إعادة ترتيب المعادلة لإيجاد المتغير المجهول.

■ **الشكل 6** الحجم ودرجة الحرارة لهذا الإطار تظل هي نفسها كلما أضفنا الهواء. ومع ذلك، فإن الضغط في الإطار يزداد كلما ازدادت كمية الهواء في الإطار.

المطويات®
اكتب معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الجدول 2 قيم الثابت R

قيمة الثابت R	وحدات الثابت R
0.0821	$\frac{\text{L•atm}}{\text{mol•K}}$
8.314	$\frac{\text{L•kPa}}{\text{mol•K}}$
62.4	$\frac{\text{L•mm Hg}}{\text{mol•K}}$

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

مثال 6

قانون الغاز المثالي احسب عدد مولات غاز الأمونيا (NH_3) التي يحتوي عليها وعاء حجمه 3.0 L عند درجة حرارة 3.00×10^2 K وضغط 1.50 atm.

1 تحليل المسألة

معلوم لديك الحجم ودرجة الحرارة والضغط لعينة من الغاز. استخدم قانون الغاز المثالي واختر قيمة R التي تحتوي على وحدات الضغط المعلومة في المسألة. ولأن الضغط ودرجة الحرارة يقتربان في القيمة من الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP، إلا أن الحجم أصغر بكثير من 22.4 L وسيبدو الأمر منطقيًا إذا كانت الإجابة المحسوبة أصغر بكثير من 1 mol.

معلوم

$V = 3.0\ \text{L}$

$T = 3.00 \times 10^2\ \text{K}$

$P = 1.50\ \text{atm}$

$R = 0.0821\ \frac{\text{L•atm}}{\text{mol•K}}$

مجهول

$n = ?\ \text{mol}$

2 حساب المجهول

استخدام قانون الغاز المثالي. أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة *n* والتعويض بالقيم المعلومة.

اكتب قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة *n*

$$n = \frac{PV}{RT}$$

عوّض $V = 3.0\ \text{L}$، $T = 3.00 \times 10^2\ \text{K}$، $P = 1.50\ \text{atm}$، $R = 0.0821\ \text{L•atm/mol•K}$.

$$n = \frac{(1.50\text{atm})\ (3.0\text{L})}{(0.0821\ \frac{\text{L•atm}}{\text{mol•K}})\ (3.00 \times 10^2\text{K})}$$

اضرب واقسم الأعداد والوحدات.

$$n = \frac{(1.50\cancel{\text{atm}})\ (3.0\cancel{\text{L}})}{(0.0821\ \frac{\cancel{\text{L•atm}}}{\text{mol•}\cancel{\text{K}}})\ (3.00 \times 10^2\cancel{\text{K}})} = 0.18\text{mol}$$

3 تقييم الإجابة

تتفق الإجابة مع التوقعات بأن عدد المولات الحالي سوف يكون أقل من 1 mol بشكل ملحوظ. الوحدة المذكورة في الإجابة هي المول ويوجد اثنان من الأرقام المعنوية.

تطبيق

26. حدد درجة الحرارة السيليزية لكمية من الغاز مقدارها 2.49 mol موجودة في وعاء حجمه 1.00 L عند ضغط يساوي 143 kPa.

27. احسب حجم 0.323 mol من الغاز عند 265 K و 0.900 atm.

28. ما الضغط (بوحدة atm) لعينة مقدارها 0.108 mol من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 20.0°C إذا كان حجمها هو 0.505 L؟

29. إذا كان الضغط المبذول من غاز عند درجة حرارة 25°C في حجم مقداره 0.044 L يساوي 3.81 atm فكم عدد مولات الغاز الموجودة؟

30. تحدي غاز مثالي حجمه 3.0 L. فإذا تضاعف كل من عدد مولات الغاز ودرجة الحرارة بينما بقي الضغط ثابتًا كما هو، فما هو الحجم الجديد؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

المفردات

أصل الكلمة

المول (Mole)

يأتي من الكلمة الألمانية الأصل Mol وهي اختصار الكلمة Molekularge-wicht، بمعنى الوزن الجزيئي

قانون الغاز المثالي— الكتلة المولية والكثافة

يمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد قيمة أي من المتغيرات الأربعة P, V, T, n. إذا كانت قيم المتغيرات الثلاثة الأخرى معلومة. كما يمكنك أيضًا إعادة ترتيب المعادلة $PV = nRT$ لحساب الكتلة المولية وكثافة عينة من الغاز.

الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية لعينة من الغاز، فإنه يجب معرفة الكتلة ودرجة الحرارة والضغط والحجم للغاز. تذكر أن عدد مولات غاز ما (n) تساوي الكتلة (m) مقسومة على الكتلة المولية (M). وبالتالي، فإن n في المعادلة يمكن استبداله بواسطة m/M.

$$PV = nRT \qquad n = \frac{m}{\mathrm{M}} \qquad PV = \frac{mRT}{\mathrm{M}}$$

يمكنك إعادة ترتيب المعادلة الجديدة لإيجاد الكتلة المولية.

$$\mathrm{M} = \frac{mRT}{PV}$$

الكثافة وقانون الغاز المثالي تذكر أن الكثافة (D) لمادة ما تُعرّف بأنها الكتلة (m) لكل وحدة حجم (V). بعد إعادة ترتيب معادلة الغاز المثالي لإيجاد قيمة الكتلة المولية، يمكنك التعويض بالقيمة D بدلاً من m/V.

$$\mathrm{M} = \frac{mRT}{PV} \qquad \frac{m}{V} = D \qquad \mathrm{M} = \frac{DRT}{P}$$

يمكنك إعادة ترتيب المعادلة الجديدة لإيجاد قيمة الكثافة.

$$D = \frac{\mathrm{M}P}{RT}$$

لماذا قد تحتاج إلى معرفة كثافة غاز معين؟ فكر في متطلبات مكافحة الحريق. من إحدى طرق مكافحة الحريق هو منع الأكسجين من الوصول إليها وذلك بتغطيتها بغاز آخر لا يحرق ولا يساعد على الاحتراق، كما هو موضح في **الشكل 7**. يجب أن تكون كثافة هذا الغاز أكبر من الأكسجين بحيث يحل محل الأكسجين في مصدر النيران. يمكنك ملاحظة تطبيق مماثل للكثافة عن طريق المُختبر المُصغّر في الصفحة التالية.

■ **الشكل 7** لإطفاء الحريق،عليك إبعاد الوقود والأكسجين والحرارة. طفاية الحريق إلى اليسار تحتوي على ثاني أكسيد الكربون والذي يحل محل الأكسجين ولكنه لا يحترق. وهو أيضًا له تأثير مبرّد بسبب الانتشار السريع لثاني أكسيد الكربون بمثل خروجه من الأنف.

فسر لماذا يحل ثاني أكسيد الكربون محل الأكسجين؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر مصغّر

نموذَج لطفاية الحريق

لماذا يستخدم ثاني أكسيد الكربون في طفايات مكافحة الحريق؟

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. قم بقياس درجة الحرارة باستخدام **الثيرموميتر**. قم بقراءة الضغط الجوي باستخدام **بارومیتر**. سجِّل بياناتك.
3. لف قطعة من **رقائق الألمنيوم** حول أسطوانة طولها 30 cm وقطرها لا يقل عن 6 cm. لف الحواف باستخدام **شريط لاصق**.
4. استخدم **أعواد الثقاب** لإشعال **الشمعة**. **تحذير: قم بإطفاء عود الثقاب المشتعل بالماء قبل التخلص منه. اجعل الشعر والملابس بعيداً عن اللهب.**
5. ضع 30 g من **كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$)** في **كأس كبير**. أضف 40 mL من **الخل (5% CH_3COOH)**.
6. ضع الأسطوانة بسرعة بعيداً عن لهب الشمعة بزاوية 45°. **تحذير: لا تجعل طرف الأسطوانة يلامس المشتعلة.**
7. بينما التفاعل في الكأس ينشط في إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، بحرص قم بإمرار الغاز وليس السائل، من الكأس في فوهة أنبوب الألمنيوم. سجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **تطبيق** احسب الحجم المولي لغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي.
2. **احسب** الكثافة في درجة حرارة الغرفة بالجرام لكل لتر لكل من ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والنيتروجين. تذكر أنك ستحتاج إلى حساب الكتلة المولية للغاز من أجل حساب كثافته.
3. **فسّر** هل ملاحظاتك وحساباتك تدعم استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون في إخماد الحرائق؟ فسر إجابتك.

الغازات الحقيقية مقابل المثالية

ما الذي يعنيه المصطلح غاز مثالي ؟ الغازات المثالية تتبع فرضيات نظرية الحركة الجزيئية. ووفقًا لهذه النظرية، فإن الغاز المثالي هو الغاز الذي لا تشغل جسيماته حيزاً من الفراغ. الغازات المثالية ليس لديها قوى تجاذب بين جسيماتها ولا تنجذب أو تتنافر مع جدران الأوعية الموجودة فيها. تتحرك جسيمات الغاز المثالي بسرعة ثابتة وبعشوائية في خطوط مستقيمة حتى تصطدم ببعضها أو مع جدران الوعاء. وبالإضافة إلى ذلك، فإن هذه التصادمات تكون مرنة بشكل مثالي، ما يعني أن الطاقة الحركية للنظام لا تتغير. يتبع الغاز المثالي قوانين الغازات في جميع ظروف درجة الحرارة والضغط.

وفي الواقع، لا يوجد غاز مثالي تمامًا. كل جسيمات الغازات لها حجم معين ومع ذلك فهو حجم صغير والجسيمات تتجاذب فيما بينها. أيضًا، التصادمات التي تحدثها الجسيمات مع بعضها البعض ومع الحاوية ليست مرنة بشكل مثالي. ورغمًا عن ذلك، فإن معظم الغازات ستسلك سلوك الغازات المثالية على نطاق واسع من درجات الحرارة والضغط. وفي ظل الظروف المناسبة، فإن الحسابات التي جرت باستخدام قانون الغاز المثالي تقترب جداً من القياسات التجريبية.

التأكد من فهم النص **فسّر** العلاقة بين نظرية الحركة الجزيئية والغاز المثالي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

استراتيجيات حل المسائل

اشتقاق قوانين الغازات

إذا أتقنت الإستراتيجية التالية، فستحتاج إلى تذكر قانون واحد فقط للغاز—وهو قانون الغاز المثالي. تذكر مثال : إذا كانت كمية الغاز ثابتة وعند ضغط ثابت؛ فأنت بحاجة إلى قانون شارل لحل مسائل تشتمل على الحجم ودرجة الحرارة.

1. استخدم قانون الغاز المثالي في كتابة معادلتين تصفان عينة من الغاز عند حجمين ودرجتي حرارة مختلفين. (الكميات التي لا تتغير موضّحة باللون الأحمر).
2. اجعل الحجم ودرجة الحرارة—الظرفان اللذان يختلفان—على نفس الطرف من كل معادلة.
3. حيث أن n و R و P ثوابت في ظل هذه الظروف، فإنه يمكنك اشتقاق قانون شارل.

$$PV_1 = nRT_1 \qquad PV_2 = nRT_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{nR}{P} \qquad \frac{V_2}{T_2} = \frac{nR}{P}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

تطبيق الإستراتيجية

اشتق قانوني بويل وجاي لوساك والقانون العام للغازات بناءً على المثال أعلاه.

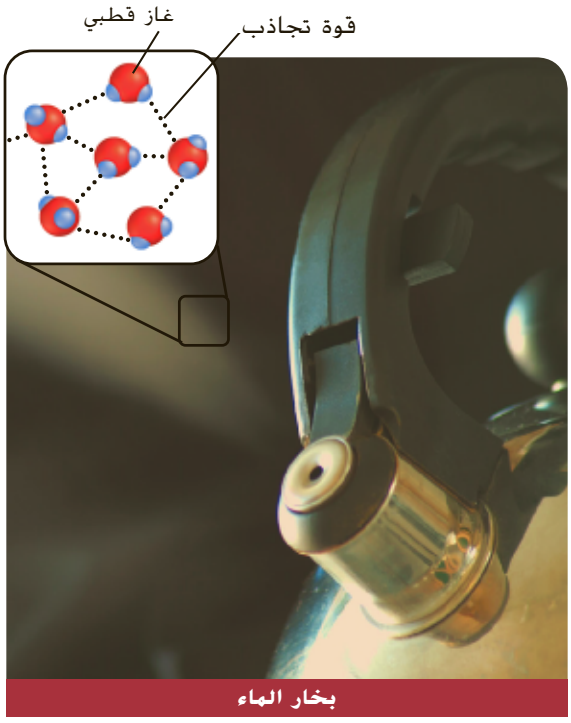
ضغط ودرجة حرارة مرتفعان متى لا ينطبق قانون الغاز المثالي على الأرجح على الغاز الحقيقي؟ تنحرف الغازات الحقيقية كثيراً عن سلوك الغاز المثالي عند الضغوط العالية ودرجات الحرارة المنخفضة. غاز النيتروجين في الصهاريج الموضحة في **الشكل 8** يسلك سلوك الغاز الحقيقي. ينتج عن خفض درجة حرارة غاز النيتروجين طاقة حركية أقل لجسيمات الغاز، ما يعني أن قوى التجاذب بين الجزيئات تصبح قوية كفاية للتأثير على سلوكها. عندما تكون درجة الحرارة منخفضة كفاية، فإن هذا الغاز الحقيقي يتكثف ليشكل سائلاً. غاز البروبان في الصهاريج والموضّح في **الشكل 8** يسلك أيضًا سلوك الغاز الحقيقي. زيادة الضغط على غاز ما يجبر جسيمات الغاز من الاقتراب من بعضها البعض حتى يصبح الحجم الذي تشغله جسيمات الغاز أنفسها معتبرًا أي لا يمكن إهماله. الغازات الحقيقية مثل البروبان تتحول إلى سوائل إذا أثر عليها ضغط كافٍ.

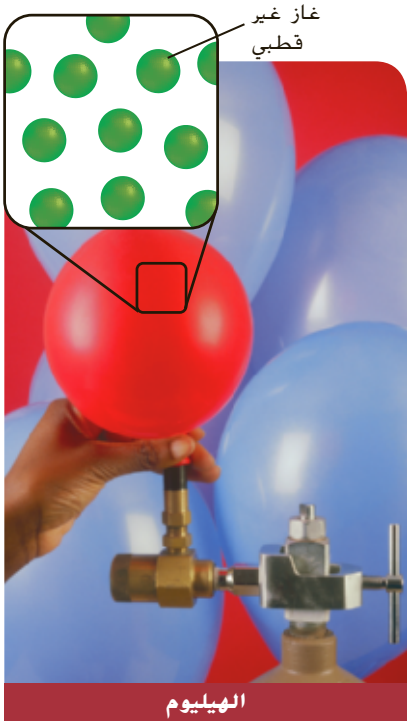
يتحول غاز النيتروجين إلى سائل عند درجة حرارة 196°C−. وعند درجة الحرارة هذه، يمكن للعلماء حفظ العينات البيولوجية، مثل أنسجة الجسم، للأبحاث المستقبلية أو الإجراءات الطبية.

يمكن تخزين 270 ضعفًا من الكمية الغازية من البروبان على شكل سائل في الحجم نفسه.
قد تستخدم أسرتك أسطوانات صغيرة من البروبان السائل على شكل وقود لأغراض الشواء في الهواء الطلق أو أسطوانات أكبر حجمًا للتسخين والطبخ.

■ **الشكل 8** لا تتبع الغازات الحقيقية قانون الغاز المثالي في كل الضغوط ودرجات الحرارة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education





■ **الشكل 9** في الغاز غير القطبي، يوجد حد أدنى من التجاذب بين الجسيمات. بينما في الغازات القطبية، مثل بخار الماء، توجد قوى تجاذب قوية بين جسيماتها.

استدل بافتراض أن حجم الجسيمات مهمل، فكيف يمكن مقارنة الضغط المقاس لعينة من الغاز بين جسيماته قوى تجاذب قوية بالضغط المتوقع بتطبيق قانون الغاز المثالي

القطبية وحجم الجزيئات طبيعة الجسيمات المكونة للغاز تؤثر أيضًا على الكيفية التي يتصرف بها الغاز بطريقة مثالية. على سبيل المثال، جزيئات الغاز القطبية، مثل بخار الماء، عمومًا يكون لها قوى تجاذب أقوى بين جسيماتها من الغازات غير القطبية، مثل الهيليوم. تنجذب الأطراف المختلفة في الشحنة للجزيئات القطبية نحو بعضها من خلال قوى كهروستاتيكية، كما هو موضح في **الشكل 9**. وبالتالي، فإن الغازات القطبية لا تسلك سلوك الغازات المثالية. أيضًا، فإن جسيمات الغازات المكونة من جزيئات غير قطبية أكبر حجمًا، مثل البيوتان (C_4H_{10})، تشغل حجمًا فعليًا أكبر من العدد نفسه من جسيمات أصغر حجمًا في غازات مثل الهيليوم (He). وبالتالي، فإن جسيمات الغاز الأكبر حجمًا تميل إلى أن تظهر انحرافًا أكبر عن السلوك المثالي من جسيمات الغاز الأصغر حجمًا.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الأحجام المتساوية من الغازات تحتوي عند نفس الضغط ودرجة الحرارة على أعداد متساوية من الجسيمات.
- يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز مع ضغطة ودرجة حرارته وحجمه.
- يمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معلومة أو حساب كثافة الغاز إذا كانت الكتلة المولية معلومة.
- في ظل الضغوط المرتفعة جداً ودرجات الحرارة المنخفضة جداً، تسلك الغازات الحقيقية سلوكًا مختلفًا عن الغازات المثالية.

31. الفكرة **الرئيسة فسّر** لماذا يعتبر مبدأ أفوجادرو صحيحًا مع الغازات المثالية التي لها جسيمات صغيرة والغازات المثالية التي لها جسيمات كبيرة.
32. **اكتب** معادلة قانون الغاز المثالي.
33. **حلل** كيف ينطبق قانون الغاز المثالي على الغازات الحقيقية باستخدام نظرية الحركة الجزيئية.
34. **تنبأ** الظروف التي قد ينحرف فيها الغاز الحقيقي عن السلوك المثالي.
35. **اكتب** الوحدات الشائعة لكل متغير في قانون الغاز المثالي.
36. **احسب** دورق حجمه 2.00 L مملوءة بغاز البروبان (C_3H_8) عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة 15.0°C−. فما كتلة البروبان في الدورق؟
37. **ارسم رسمًا بيانيًا واستخدمه** مع كل انخفاض قدره 6°C في درجة الحرارة، ينخفض ضغط الهواء في إطارات السيارة بمقدار 1 psi (1.00 atm = 14.7 psi). قم بعمل رسم بياني يوضح التغير في الضغط من 20°C إلى 20°C− (افترض أن الضغط يساوي 30.0 psi عند 20°C).

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الحسابات الكيميائية للغازات

القسم 3

الفكرة الرئيسة عندما تتفاعل الغازات فإن معاملات المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة الكيميائية الموزونة تحدد كميات المولات ونسبها والنسب الحجمية لتلك المواد.

الأسئلة الرئيسة

- ما هي النسب التي يمكن تحديدها للمتفاعلات والنواتج الغازية من المعادلات الكيميائية الموزونة؟
- كيف يتم حساب كميات المتفاعلات والنواتج الغازية في تفاعل كيميائي؟

مراجعة المفردات

المعامل coefficient: الرقم المكتوب أمام المواد المتفاعلة أو الناتجة في معادلة كيميائية موزونة والذي يدل على أصغر عدد من جسيمات المادة الموجودة في التفاعل

الكيمياء في حياتك

لصنع الكعك، يجب إضافة المكونات بالنسب الصحيحة. وبطريقة مماثلة، فإن النسب الصحيحة للمواد المتفاعلة مطلوبة في التفاعل الكيميائي للحصول على النواتج المطلوبة.

الحسابات الكيميائية للتفاعلات المشتملة على غازات

يمكن تطبيق قوانين الغازات في الحسابات الكيميائية للتفاعلات التي تكون فيها الغازات مواد متفاعلة أو نواتج. تذكر أن المعاملات في المعادلات الكيميائية تمثل الكميات المولية من المواد المشاركة في التفاعل. على سبيل المثال، يمكن أن يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين لإنتاج بخار الماء.

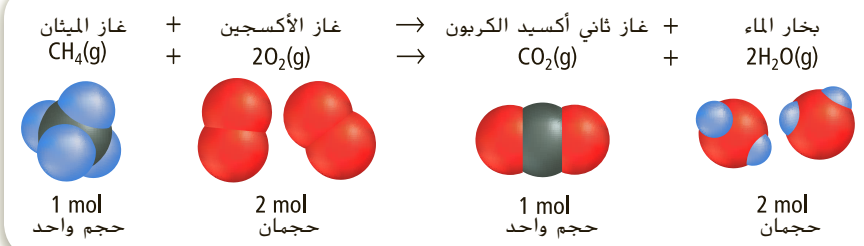
$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

من المعادلة الكيميائية الموزونة، تعلم أن 2 mol من غاز الهيدروجين يتفاعل مع 1 mol من غاز الأكسجين وينتج عنه 2 mol من بخار الماء. وهذا يخبرك بالنسب المولية للمواد في هذا التفاعل. ينص مبدأ أفوجادرو على أن الأحجام المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات. وبالتالي، فإنه بالنسبة للغازات، المعاملات في معادلة كيميائية موزونة لا تمثل الكميات المولية فقط، بل أيضًا الأحجام النسبية. وبالتالي، فإن 2 L من غاز الهيدروجين تتفاعل مع 1 L من غاز الأكسجين لإنتاج 2 L من بخار الماء.

حسابات الحجم-الحجم

لإيجاد حجم مادة متفاعلة غازية في تفاعل أو أحد نواتجه، يجب أن تعلم المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل وحجم غاز واحد آخر على الأقل مشترك في التفاعل. تحقق من التفاعل في **الشكل 10** والذي يوضح احتراق الميثان ويحدث هذا التفاعل في كل مرة تشغل فيها موقد بنزن.

ولأن المعاملات التي تمثل نسب الحجم للغازات المشاركة في التفاعل، يمكنك تحديد أنه يلزم 2 L من الأكسجين لتتفاعل بالكامل مع 1 L من الميثان. احتراق 1 L بالكامل من الميثان سينتج عنه 1 L من ثاني أكسيد الكربون و 2 L من بخار الماء.



■ **الشكل 10** المعاملات في معادلة موزونة توضح العلاقات بين أعداد المولات لكل المواد المتفاعلة والنواتج والعلاقات بين أحجام أي مواد متفاعلة أو نواتج غازية. ومن هذه المعاملات، يمكن حساب نسب الحجم لأي زوج من الغازات في التفاعل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تذكّر أن ظروف درجة الحرارة والضغط غير مذكورة. ونحن لسنا بحاجة إليها ونحن بصدد إجراء الحسابات لأنه بعد الخلط، يكون كلا الغازين عند درجة الحرارة والضغط نفسيهما. قد تتغير درجة الحرارة بالكامل أثناء التفاعل ولكن التغير في درجة الحرارة سيؤثر على كل الغازات في التفاعل بنفس الطريقة. ولذلك، فأنت لست بحاجة إلى مراعاة ظروف الضغط ودرجة الحرارة.

مثال 7

مسائل الحجم – الحجم ما الحجم المطلوب من غاز الأكسجين لاحتراق 4.00 L من غاز البروبان بالكامل (C_3H_8)؟ افترض ثبات الضغط ودرجة الحرارة.

1 تحليل المسألة

معلوم لديك حجم المادة المتفاعلة الغازية في تفاعل كيميائي. تذكر أن المعامل في معادلة كيميائية موزونة يوفر علاقات الحجم بين المواد المتفاعلة والنواتج.

معلوم
$V_{C_3H_8} = 4.00\ L$

مجهول
$V_{O_2} = ?\ L$

2 حساب المجهول

استخدم المعادلة الموزونة لاحتراق C_3H_8. جد النسبة الحجمية بين C_3H_8 و O_2، ثم احسب حجم الأكسجين.

اكتب المعادلة الموزونة

$$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$$

أوجد النسبة الحجمية بين C_3H_8 و O_2

$$\frac{5 \text{ أحجام } O_2}{\text{حجم واحد } C_3H_8}$$

ضرب الحجم المعلوم من C_3H_8 في النسبة الحجمية لإيجاد حجم O_2.

$$V_{O_2} = (4.00\ L\ \cancel{C_3H_8}) \times \frac{5\ \cancel{\text{أحجام}}\ O_2}{\text{واحد}\ \cancel{\text{حجم}}\ \cancel{C_3H_8}}$$

$$= 20.0\ L\ O_2$$

3 تقييم الإجابة

المعاملات في معادلة الاحتراق توضح أن حجم O_2 أكبر كثيرًا من حجم C_3H_8 وهذا يتوافق مع الإجابة. الوحدة المذكورة في الإجابة هي اللترات وهي وحدة الحجم ويوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيق

38. كم عدد لترات غاز البروبان (C_3H_8) التي سيتم احتراقها بالكامل بوجود 34.0 L من غاز الأكسجين؟

39. حدد حجم غاز الهيدروجين المطلوب للتفاعل تمامًا مع 5.00 L من غاز الأكسجين لتكوين الماء.

40. ما حجم الأكسجين المطلوب لاحتراق 2.36 L من غاز الميثان بالكامل (CH_4)؟

41. تحدي يتفاعل غاز النيتروجين مع غاز الأكسجين لتكوين غاز أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O). ما حجم O_2 المطلوب لإنتاج 34 L من N_2O؟

الكيمياء في الحياة اليومية

استخدام الحسابات الكيميائية

أفران النسب الصحيحة من الغازات مطلوبة لكثير من التفاعلات الكيميائية. وعلى الرغم من استخدام الميثان في إشعال الكثير من أفران الخزف، فإنه يمكن استخدام خليط دقيق من البروبان والهواء لإشعال الفرن في حالة عدم توفر الميثان.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

■ **الشكل 11** تعد الأمونيا أساسية في إنتاج الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين. المستويات الملائمة من النيتروجين في التربة تؤدي إلى زيادة إنتاج المحاصيل.

حسابات الحجم-الكتلة

الربط بعلم الأحياء ما تعلمته عن الحسابات الكيميائية يمكن تطبيقه على إنتاج الأمونيا (NH_3) من غاز النيتروجين (N_2). يستخدم مصنعو الأسمدة الأمونيا في صناعة الأسمدة النيتروجينية، فالنيتروجين عنصر أساسي لنمو النبات. الموارد الطبيعية للنيتروجين في التربة، مثل تثبيت النيتروجين بواسطة النباتات وتفكك المادة العضوية وفضلات الحيوانات، لا توفر دائمًا نيتروجين كافيًا للحصول على محاصيل زراعية مثالية. **الشكل 11** يوضح مزارعًا يستخدم سماداً غنيًا بالنيتروجين في التربة. وهذا يمكّن المزارع من إنتاج محصول ذات إنتاجية عالية.

مثال 8 يوضح كيفية استخدام حجم من غاز النيتروجين لإنتاج كمية معينة من الأمونيا. وفي حل هذا النوع من المسائل، تذكر أن المعادلة الكيميائية الموزونة تسمح لك بإيجاد نسب المولات والحجوم النسبية للغازات وليس الكتل. يجب تحويل كل الكتل المعلومة إلى مولات أو حجوم قبل استخدامها كجزء من نسبة. أيضًا، تذكر أن وحدات درجة الحرارة المستخدمة يجب أن تكون الكلفن.

المفردات

المفردات الأكاديمية

النسبة

هي العلاقة بين شيئين من حيث الكمية. في جزيء الماء، نسبة الهيدروجين إلى الأكسجين 2:1.

مثال 8

مسائل الحجم-الكتلة يتم تصنيع الأمونيا من الهيدروجين والنيتروجين.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

إذا كان 5.00 L من النيتروجين يتفاعل بالكامل مع الهيدروجين عند ضغط مقداره 3.00 atm ودرجة حرارة 298 K، فما هو مقدار الأمونيا، بالجرامات، الناتج؟

1 تحليل المسألة

معلوم لديك حجم وضغط ودرجة حرارة عينة من الغاز. نسب المول والحجم للمواد المتفاعلة والنواتج الغازية معلومة من خلال المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة. يمكن تحويل الحجم إلى مولات ومن ثم إيجاد علاقة مع الكتلة باستخدام الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي.

معلوم

$V_{N_2} = 5.00\ L$

$P = 3.00\ atm$

$T = 298\ K$

مجهول

$m_{NH_3} = ?\ g$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

2 حساب المجهول

حدد عدد لترات الأمونيا الغازية الناتجة من 5.00 L غاز النيتروجين.

أوجد النسبة الحجمية بين N_2 و NH_3 باستخدام المعادلة الموزونة.

$$\frac{\text{حجم واحد } N_2}{\text{حجمان } NH_3}$$

ضرب الحجم المعلوم من N_2 في النسبة الحجمية لإيجاد حجم NH_3.

$$5.00\ \text{L } \cancel{N_2}\left(\frac{\text{حجمان } NH_3}{\text{واحد حجم } \cancel{N_2}}\right) = 10.0\ \text{L } NH_3$$

استخدام قانون الغاز المثالي. أوجد قيمة n واحسب عدد مولات NH_3.

اكتب قانون الغاز المثالي.

$$PV = nRT$$

أوجد قيمة n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

عوّض $P = 3.00\ \text{atm}$, $V_{NH_3} = 10.0\ \text{L}$, $T = 298\ \text{K}$

$$n = \frac{(3.00\ \text{atm})(10.0\ \text{L})}{\left(0.0821\ \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}}\right)(298\ \text{K})}$$

$$n = \frac{(3.00\ \cancel{\text{atm}})(10.0\ \cancel{\text{L}})}{\left(0.0821\ \frac{\cancel{\text{L}}\cdot\cancel{\text{atm}}}{\text{mol}\cdot\cancel{\text{K}}}\right)(298\ \cancel{\text{K}})} = 1.23\ \text{mol } NH_3$$

أوجد الكتلة المولية للمركب NH_3

$$M = \left(\frac{1\ \cancel{\text{N ذرات}} \times 14.01\ \text{amu}}{1\ \cancel{\text{N ذرات}}}\right) + \left(\frac{3\ \cancel{\text{H ذرات}} \times 1.01\ \text{amu}}{1\ \cancel{\text{H ذرات}}}\right)$$

$$= 17.04\ \text{amu}$$

عبّر عن الكتلة المولية بوحدات g/mol

$$M = 17.04\ \text{g/mol}$$

تحويل مولات الأمونيا إلى جرامات من الأمونيا.

استخدم الكتلة المولية للأمونيا باعتبارها معامل تحويل.

$$1.23\ \cancel{\text{mol } NH_3} \times \frac{17.04\ \text{g } NH_3}{1\ \cancel{\text{mol } NH_3}} = \mathbf{21.0\ \text{g } NH_3}$$

3 تقييم الإجابة

للتحقق من إجابتك، احسب حجم النيتروجين المتفاعل عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP. ثم، استخدم الحجم المولي والنسبة المولية بين N_2 و NH_3 لتحديد عدد مولات NH_3 التي تم إنتاجها. الوحدة في الإجابة هي الجرامات وهي وحدة الكتلة. يوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيق

42. نيترات الأمونيوم مكون شائع الاستخدام في الأسمدة الكيميائية. استخدم التفاعل الموضّح لحساب كتلة نيترات الأمونيوم الصلبة التي يجب استخدامها للحصول على 0.100 L من غاز أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(g)$$

43. عند تسخين كربونات الكالسيوم الصلبة ($CaCO_3$) فإنها تتفكك لتكون أكسيد الكالسيوم الصلب (CaO) وغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2). كم عدد لترات ثاني أكسيد الكربون التي سيتم إنتاجها عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP إذا كان 2.38 kg من كربونات تتفكك بالكامل؟

44. عندما يصدأ الحديد، فإنه يمر بتفاعل مع الأكسجين لتكوين أكسيد الحديد(III).

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

احسب حجم غاز الأكسجين عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP اللازم ليتفاعل تمامًا مع 52.0 g من الحديد.

45. تحدي تم إضافة كمية وافرة من حمض الأسيتيك إلى 28 g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية عند درجة حرارة 25°C وضغط مقداره 1 atm. وأثناء التفاعل، يبرد الغاز ليصل إلى 20°C. فما هو حجم ثاني أكسيد الكربون الناتج؟ المعادلة الموزونة للتفاعل موضّحة أدناه.

$$NaHCO_3(aq) + CH_3COOH(aq) \rightarrow NaCH_3COO(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

■ **الشكل 12** لصناعة منتج بفاعلية، مثل كثير من هذه المواد البلاستيكية،فإنه من الضروري الإجابة على الأسئلة التالية: ما هي الكمية التي ينبغي شراؤها من المادة المتفاعلة؟ ما هي الكمية التي سيتم إنتاجها من المنتج؟

مسائل الحسابات الكيميائية، مثل المذكورة في هذا القسم، تعتمد عليها العمليات الصناعية. على سبيل المثال، غاز الإيثان (C_2H_4)، يسمى أيضًا بالإيثيلين وهو المادة الخام لصناعة بوليمرات البولي إيثيلين. يتم إنتاج البولي إيثيلين عندما يرتبط عدد كبير من جزيئات الإيثين مع بعضها في سلاسل متكررة من وحدات $—CH_2–CH_2—$. ويتم استخدام هذه البوليمرات في صناعة الكثير من مستلزمات الحياة اليومية، مثل الموضّحة في **الشكل 12**. الصيغة العامة لتفاعل البلمرة هذا موضّح أدناه. في هذه الصيغة n هو عدد الوحدات المستخدمة.

$$n(C_2H_4)(g) \rightarrow —(CH_2 –CH_2)n—(s)$$

إذا كنت مهندس إنتاج في مصنع لتصنيع البولي إيثيلين، فستحتاج إلى معرفة خصائص غاز الإيثين وتفاعل البلمرة. معرفة قوانين الغازات ستساعدك في حساب كل من كتلة وحجم المادة الخام المطلوبة تحت ظروف الحرارة والضغط المختلفة لصناعة أنواع مختلفة من البولي إيثيلين.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- المعاملات في معادلة كيميائية موزونة تحدد النسب الحجمية للمواد المتفاعلة والنواتج الغازية.
- يمكن استخدام قوانين الغازات سويًا مع المعادلات الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة في أحد التفاعلات.

46. الفكرة **الرئيسة احسب** عندما يتحد غاز الفلور مع بخار الماء، يحدث التفاعل التالي:

$$2F_2(g) + 2H_2O(g) \rightarrow O_2(g) + 4HF(g)$$

إذا بدأ التفاعل بمقدار 2 L من غاز الفلور، فكم عدد لترات بخار الماء المتفاعلة معه وكم عدد لترات الأكسجين وفلوريد الهيدروجين الناتجين؟

47. حلل هل يتناسب حجم الغاز طرديًا أم عكسيًا مع عدد مولات الغاز في حالة ثبات درجة الحرارة والضغط؟ فسر إجابتك.

48. احسب المول الواحد من الغاز يشغل حجمًا قدره 22.4 L عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP. احسب ظروف درجة الحرارة والضغط المطلوبة لوضع 2 mol من الغاز في حجم مقداره 22.4 L.

49. فسّر البيانات غاز الإيثين (C_2H_4) يتفاعل مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل، ثم أوجد النسب المولية للمواد على كل طرف من طرفي المعادلة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

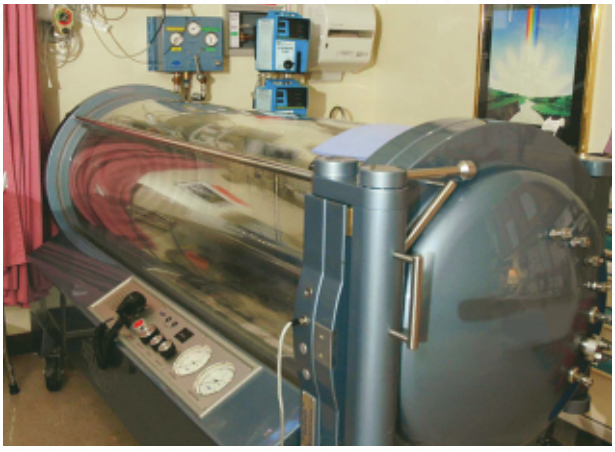
الكيمياء والصحة

الصحة والضغط

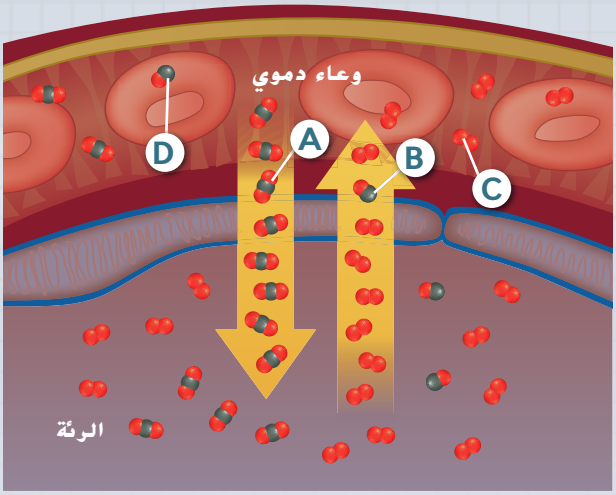
أنت تعيش وتعمل وتلعب في الهواء الذي ضغطه عمومًا 1 atm ونسبة الأكسجين فيه 21%. فهل تساءلت يومًا ما الذي يمكن أن يحدث إذا كان مقدار الضغط والأكسجين في الهواء أكبر من ذلك؟ هي ستتعافى من المرض أو الإصابة أسرع بكثير؟ تقع هذه الأسئلة في الصميم من طب المعالجة بالضغط العالي.

المعالجة بالضغط العالي البادئة (*hyper*–) تعني عاليًا أو مفرطًا والبار هو وحدة قياس الضغط وتساوي 100 kPa وهي تمثل الضغط الجوي العادي. وبالتالي فإن المصطلح *hyperbaric* (عالي الضغطية) يشير إلى الضغط الأعلى من العادي. المرضى الخاضعون للمعالجة بالضغط العالي يتعرضون لضغوط أعلى من الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر.

العلاقة بالأكسجين الضغط الأعلى في أغلب الأحيان يكون مصحوبًا بزيادة في تركيز الأكسجين الذي يتلقاه المريض. والمعالجة بالأكسجين المضغوط (HBOT) يشير إلى المعالجة بنسبة 100% أكسجين. **الشكل 1** يبين غرفة يمكن استخدامها في HBOT. يمكن أن تصل الضغوط في غرفة الضغط العالي من خمسة إلى ستة أضعاف الضغط الجوي العادي. وفي مراكز المعالجة بالضغط العالي، يتم استخدام HBOT لعلاج قطاع عريض من الحالات، بما في ذلك الحروق ومرض تخفيف الضغط أو مرض الغواص والجروح بطيئة الالتئام وفقر الدم وبعض الأمراض المعدية.



الشكل 1 أثناء HBOT يرقد المريض في غرفة الضغط العالي. يتحكم الفني في مستويات الضغط والأكسجين.



الشكل 2 تبادل الغازات بين الرئتين والجهاز الدوري.

علاج التسمم بغاز أول أكسيد الكربون الشكل2 يساعدك على فهم الكيفية التي يساعد بها HBOT في الاستشفاء من التسمم بأول أكسيد الكربون.

تبادل غاز طبيعي الأكسجين (O_2) ينتقل من الرئتين إلى الدم ويتحد مع الهيموجلوبين في خلايا الدم الحمراء. ثاني أكسيد الكربون (CO_2) يتحرر، كما هو موضّح في الشكل **A**.

تبادل غاز غير طبيعي إذا دخل أول أكسيد الكربون (CO) إلى الدم، كما هو موضّح في الشكل **B**، فإنه يتحد مع الهيموجلوبين بدلاً من الأكسجين. ويبدأ موت الخلايا في الجسم نتيجة انعدام الأكسجين.

الأكسجين في بلازما الدم بالإضافة إلى الأكسجين الذي ينقله الهيموجلوبين، يذوب الأكسجين في بلازما الدم، كما هو موضّح في الشكل **C**. يزيد HBOT من تركيز الأكسجين المذاب ليصل إلى كمية يمكنها أن تدعم الجسم.

التخلص من أول أكسيد الكربون يساعد الأكسجين المضغوط أيضًا في التخلص من أول أكسيد الكربون المتحد مع الهيموجلوبين، كما هو موضّح في الشكل **D**.

الكتابة في ◀ الكيمياء

ابحث وأعد كتيبًا معلوماتيًا عن استخدام HBOT في علاج الجروح بطيئة الالتئام.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تجارب كيميائيّة

تحديد الضغط في حبات الذرة

الخلفية: **عندما يصبح ضغط بخار الماء داخل حبة الذرة كبيراً بما يكفي، تتفجر الحبة وينطلق بخار الماء خارجًا منها. يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الضغط في الحبة وقت تفجرها.**

السؤال: ما هو مقدار الضغط المطلوب لتنفجر حبة من الفشار؟

المواد

حبات من الذرة الصفراء (18-20)
زيت نباتي (1.5 mL)
شبكة تسخين مربعة (2)
موقد بنزن
حامل حلقي
حلقة حديدية صغيرة
مخبار مدرج 10mL
كأس 50mL
ماسك كأس
ميزان
ماء مقطّر
مناشف ورقية

احتياطات السلامة

الإجراءات

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. أنشئ جدولاً لتسجيل بياناتك.
3. ضع تقريبًا 5 mL من الماء المقطّر في المخبار المدرج وسجل الحجم.
4. ضع 18-20 من حبات الذرة في المخبار المدرج مع الماء. أحكم إغلاق المخبار بسدادة لمنع خروج أي فقاعات هواء من الحبوب. سجل الحجم الجديد.
5. قم بإزالة الحبات من المخبار المدرج وجففها.
6. ضع الحبات المجففة و 1.0–1.5 mL من الزيت النباتي في الكأس.
7. قم بقياس إجمالي كتلة الكأس والزيت والحبات.
8. قم بتنصيب موقد بنزن مع حامل حلقي وحلقة وشبكة التسخين.
9. ضع الكأس على سبكة التسخين والحلقة. ضع قطعة أخرى من شبكة التسخين على فوهة الكأس كما يظهر في الصورة.
10. قم برفق بتسخين الكأس بواسطة الموقد. حرك الموقد إلى الخلف وإلى الأمام لتسخين الزيت على نسق واحد.
11. لاحظ التغيرات في حبات الذرة والزيت أثناء التسخين. ثم قم بإطفاء الموقد عند تفجر الحبات وقبل أن تحترق.
12. باستخدام ماسك الكأس، قم بإزالة الكأس عن الحلقة واتركه يبرد تمامًا.

13. قم بقياس الكتلة النهائية للكأس والزيت والحبات بمجرد أن تبرد تمامًا.
14. **التنظيف والتخلص** تخلص من الحبات والزيت بحسب توجيهات المعلم. نظف وأعد كل معدات المختبر إلى مكانها الصحيح.

التحليل والنتائج

1. **احسب** حجم حبات الذرة باللترات، بإيجاد الفرق في حجم الماء المقطّر قبل وبعد إضافة الحبات.
2. **احسب** إجمالي كتلة بخار الماء المنطلق باستخدام قياسات كتلة الكأس والزيت والحبات قبل وبعد التسخين.
3. **حول** استخدم الكتلة المولية للماء لإيجاد عدد مولات الماء المتحرر.
4. **استخدام الصيغ** استخدم درجة حرارة الزيت المغلي (225°C) باعتبارها درجة حرارة الغاز وحجم حبات الذرة واحسب ضغط الغاز باستخدام قانون الغاز المثالي.
5. **قارن** بين الضغط الجوي وضغط بخار الماء في الحبات.
6. **استدل** لماذا لم تتفجر كل حبات الذرة؟
7. **تحليل الأخطاء** حدد مصدراً محتملاً لوقوع الخطأ في هذا المختبر واقترح طريقة لتصحيحه.

التوسع في الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار مقدار الضغط اللازم لتفجر أنواع مختلفة من حبوب الذرة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفكرة **الرئيسة** **تستجيب الغازات بطرق متوقعة للتغيرات في الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات.**

القسم 1 قوانين الغازات

الفكرة **الرئيسة** بالنسبة لمقدار ثابت من الغاز، التغير في متغير واحد—سواء كان الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم—يؤثر على المتغيرين الآخرين.

- ينص قانون بويل على أن حجم المقدار الثابت من الغاز يتناسب عكسيًا من الضغط الواقع عليه في حالة ثبات درجة الحرارة.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

- ينص قانون شارل على أن حجم المقدار الثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن في حالة ثبات الضغط.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- ينص قانون جاي لوساك على أن ضغط المقدار الثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن في حالة ثبات الحجم.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

- القانون العام للغازات يربط بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم في علاقة واحدة.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

المفردات

- **قانون بويل (Boyle's law)**
- **الصفر المطلق (absolute zero)**
- **قانون شارل (Charles's law)**
- **قانون جاي لوساك (Gay-Lussac's law)**
- **القانون العام للغازات (combined gas law)**

القسم 2 قانون الغاز المثالي

الفكرة **الرئيسة** يربط قانون الغاز المثالي عدد الجسيمات بالضغط ودرجة الحرارة والحجم.

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الأحجام المتساوية من الغازات تحتوي عند نفس الضغط ودرجة الحرارة على أعداد متساوية من الجسيمات.
- يربط قانون الغاز المثالي مقدار من غاز معين بالضغط الواقع عليه ودرجة الحرارة والحجم.

$$PV = nRT$$

- يمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معلومة أو حساب كثافة الغاز إذا كانت الكتلة المولية معلومة.

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad D = \frac{MP}{RT}$$

- تحت الضغوط المرتفعة جداً وعند درجات الحرارة المنخفضة جداً، تسلك الغازات الحقيقية سلوكًا مختلفًا عن الغازات المثالية.

المفردات

- **مبدأ أفوجادرو (Avogadro's principle)**
- **الحجم المولي (molar volume)**
- **الضغط ودرجة الحرارة القياسيان (standard temperature and pressure (STP))**
- **ثابت الغاز المثالي (R) (ideal gas constant)**
- **قانون الغاز المثالي (ideal gas law)**

القسم 3 الحسابات الكيميائية للغاز

الفكرة **الرئيسة** عندما تتفاعل الغازات فإن معاملات المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة الكيميائية الموزونة تحدد كميات المولات ونسبها والنسب الحجمية لتلك المواد.

- المعاملات في معادلة كيميائية موزونة تحدد النسب الحجمية للمتفاعلات والنواتج الغازية.
- يمكن استخدام قوانين الغاز سويًا مع المعادلات الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة في تفاعل ما.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

إتقان المفاهيم

50. اكتب نصوص قوانين بويل وشارل وجاي لوساك والقانون العام للغازات واكتب المعادلة التي تمثل كل منها.

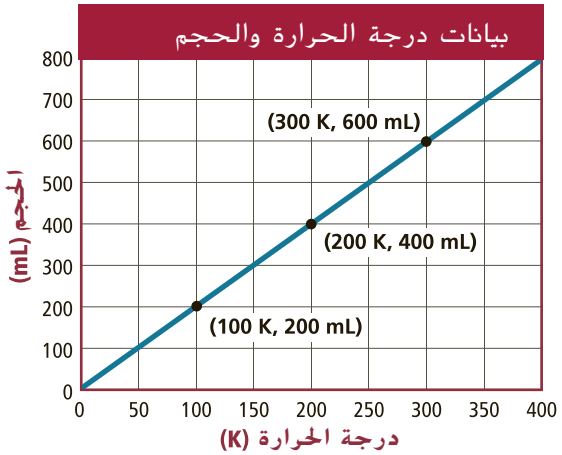
51. إذا كان متغيران يتناسبان عكسيًا، فما الذي يحدث لقيمة أحدهما إذا زادت قيمة الآخر؟

52. إذا كان متغيران يتناسبان طرديًا، فما الذي يحدث لقيمة أحدهما إذا زادت قيمة الآخر؟

53. اذكر الظروف القياسية لإجراء حسابات الغازات.

54. حدد الوحدات الشائعة لكل من، V و P و T.

إتقان حل المسائل



■ **الشكل 13**

55. استخدم قانون شارل لتحديد دقة البيانات الموجودة في **الشكل 13.**

56. **بالونات الطقس** يتم تعبئة بالون الطقس بغاز الهيليوم والذي يشغل حجمًا مقداره 5.00×10^4 L عند ضغط جوي 0.995 atm ودرجة حرارة 32.0°C. وبعد إطلاقه، يصل إلى ارتفاع يكون الضغط الجوي فيه 0.720 atm ودرجة الحرارة −12.0°C. فما حجم البالون عند الارتفاع الجديد؟

57. استخدم قانون بويل أو قانون شارل أو قانون جاي لوساك في حساب القيمة المفقودة في كل مما يلي:

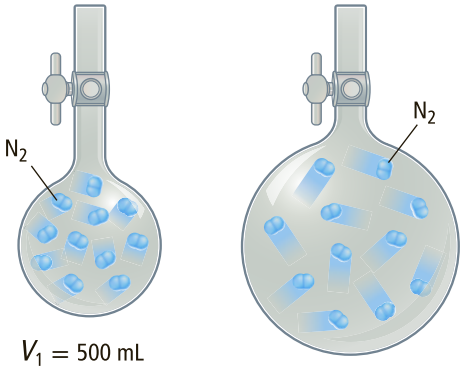
a. $V_1 = 2.0$ L, $P_1 = 0.82$ atm, $V_2 = 1.0$ L, $P_2 = ?$

b. $V_1 = 250$ mL, $T_1 = ?$, $V_2 = 400$ mL, $T_2 = 298$ K

c. $V_1 = 0.55$ L, $P_1 = 740$ mm Hg, $V_2 = 0.80$ L, $P_2 = ?$

58. **بالونات الهواء الساخن** عينة من الهواء تشغل 2.50 L عند درجة حرارة 22.0°C. فما الحجم الذي ستشغله هذه العينة داخل بالون من الهواء الساخن عند درجة حرارة 43.0°C؟ افترض استمرار ثبات الضغط داخل البالون.

59. ما ضغط حجم ثابت من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 30.0°C إذا كان ضغطه 1.11 atm عند درجة حرارة 15.0°C؟



■ **الشكل 14**

60. عينة من غاز النيتروجين تنقل إلى دورق أكبر حجمًا، كما هو موضّح في **الشكل 14.** فما ضغط النيتروجين في الدورق الثاني؟

القسم 2

61. اكتب نص مبدأ أفوجادرو.

62. اكتب نص قانون الغاز المثالي.

63. ما الحجم الذي يشغله 1 mol من الغاز عند الحرارة والضغط القياسيين STP؟ ما الحجم الذي يشغله 2 mol عند الحرارة والضغط القياسيين STP؟

64. عرّف المصطلح الغاز المثالي وفسّر سبب عدم وجود غازات مثالية حقيقية في الطبيعة.

65. اذكر شرطين يسلك فيهما الغاز سلوكًا مختلفًا كليًا عن سلوك الغاز المثالي.

66. ما هي الوحدات التي يجب استخدامها للتعبير عن درجة الحرارة في معادلة قانون الغاز المثالي؟ فسر جابتك.

إتقان حل المسائل

67. **الوقود المنزلي** البروبان (C_3H_8) هو غاز يشيع استخدامه كوقود منزلي لأغراض الطبخ والتسخين.

a. احسب الحجم الذي يشغله 0.540 mol من البروبان عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

b. فكر في مقدار هذا الحجم ومقدار ما يحتويه من بروبان. لماذا في اعتقادك تتم إسالة البروبان عادةً قبل نقله؟

68. **مهن في الكيمياء** قام عالم كيمياء فيزيائية بقياس أقل ضغط محقق في المختبر ووجد أنه يساوي — حوالي 1.0×10^{-15} mm Hg. كم عدد جزيئات الغاز الموجودة في عينة حجمها 1.00 L عند هذا الضغط إذا كانت درجة حرارة العينة 22.0°C؟

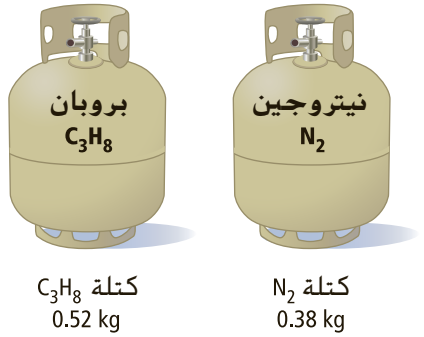
69. احسب عدد مولات غاز O_2 المحفوظ في صهريج مغلق حجمه 2.00 L وضغطه 3.50 atm ودرجة حرارة 25.0°C. كم عدد المولات في الصهريج إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 49.0°C مع ثبات الضغط؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

70. **العطور** الجيرانيول عبارة عن مركب يوجد في الزهور ويستخدم في صنع العطور. ما هي الكتلة المولية للجيرانيول إذا كانت كثافة بخاره 0.480 g/L عند درجة حرارة 260.0°C وعند ضغط 0.140 atm؟

71. أوجد الحجم الذي يشغله 42 g من غاز أول أكسيد الكربون عند STP.

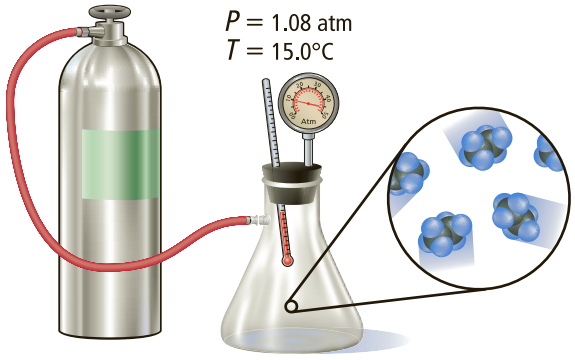
72. حدد كثافة غاز الكلور عند درجة حرارة 22.0°C وضغط 1.00 atm.



■ **الشكل 15**

73. أي الغازين في الشكل 15 يشغل الحجم الأكبر في الظروف القياسية STP؟ فسر إجابتك.

74. إذا كان الوعاءان في **الشكل 15** بكل منهما 4.00 L فما الضغط داخل كل منهما؟ افترض السلوك المثالي.



■ **الشكل 16**

75. ملئ دورق حجمه 2.00 L بغاز الإيثان (C_2H_6) من أسطوانة صغيرة، كما هو موضّح في **الشكل 16**. ما كتلة الإيثان في الدورق؟

76. ما كثافة عينة من غاز النيتروجين (N_2) والتي تبذل ضغطًا قدره 5.30 atm في حاوية سعة 3.50 L عند درجة حرارة 125°C؟

77. كم عدد مولات غاز الهيليوم (He) المطلوبة لتعبئة حاوية سعة 22 L عند درجة حرارة 35°C وضغط 3.1 atm؟

78. قبل حدوث تفاعل وضع غازين في وعاء عند درجة حرارة 200 K. وبعد التفاعل، بقي الناتج في الوعاء نفسه عند درجة حرارة 400 K. فإذا كان كلاً من V و P ثابتين، فما هي قيمة n؟

القسم 3

إتقان المفاهيم

79. لماذا يجب وزن المعادلة قبل استخدامها في تحديد حجوم الغازات الموجودة في التفاعل؟

80. ليس من الضروري أن يؤخذ في الاعتبار درجة الحرارة والضغط عند استخدام معادلة موزونة لتحديد حجم الغاز النسبي. لماذا؟

81. ما المعلومات التي تحتاج إليها لحل مسألة الحجم–الكتلة والتي تتضمن غازات؟

82. فسّر السبب وراء كون المعاملات في معادلة كيميائية موزونة لا تمثل الكميات المولية فقط، بل أيضًا الأحجام النسبية للغازات.

83. هل المعاملات في معادلة كيميائية موزونة تمثل الحجوم النسبية للمواد الصلبة والسوائل؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

84. **إنتاج الأمونيا** تتشكل الأمونيا غالبًا من تفاعل غازيّ الهيدروجين والنيتروجين. كم عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن أن تتشكل من 13.7 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 93.0°C وضغط 40.0 kPa؟

85. عينة حجمها 6.5 L من كبريتيد الهيدروجين يتم معالجتها بحفاز لتسريع التفاعل الموضّح أدناه.

$$2H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 2S(s)$$

فإذا كان H_2S يتفاعل تمامًا عند ضغط 2.0 atm ودرجة حرارة 290 K، فما مقدار بخار الماء الناتج بالجرامات؟

86. لإنتاج 15.4 L من ثاني أكسيد النيتروجين عند درجة حرارة 310 K وضغط 2.0 atm، فكم عدد اللترات المطلوبة من غازيّ النيتروجين والأكسجين؟

87. استخدم التفاعل الموضّح للإجابة عن الأسئلة التي تليه:

$$2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow N_2(g) + 2CO_2(g)$$

a. ما نسبة حجم أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون في المعادلة الموزونة؟

b. إذا كان 42.7 g من CO يتفاعل تمامًا عند الحرارة والضغط القياسيين STP، فما هو حجم غاز N_2 الناتج؟

88. عند احتراق 3.00 L من غاز البروبان تمامًا لتشكل بخار ماء وثاني أكسيد كربون عند درجة حرارة 350°C وضغط 0.990atm، فما هي كتلة بخار الماء الناتج؟

89. عند تسخينه، يتفكك كلورات البوتاسيوم الصلبة ($KClO_3$) ليشكل كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين. إذا تفككت 20.8 g من كلورات البوتاسيوم، فكم سيتكون من لترات غاز الأكسجين عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟

90. **اللحام** غاز الأستيلين، يستخدم غالبًا في أعمال اللحام ويحترق وفقًا للمعادلة التالية:

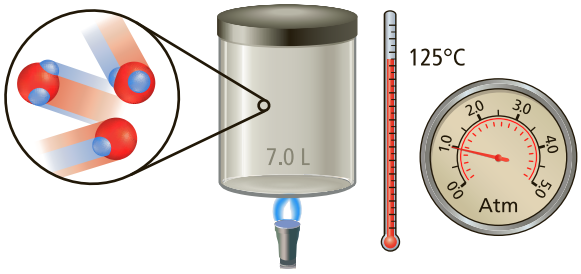
$$2C_2H_2(g) + 5O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 4CO_2(g)$$

إذا كان لديك صهريج سعته 10.0 L من الأستيلين عند درجة حرارة 25.0°C وضغط 1.00 atm، فكم عدد مولات CO_2 الناتجة إذا أحرقت كل الأستيلين الموجود في الأسطوانة؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مراجعة شاملة

91. غاز الميثان (CH_4) يحترق تمامًا بالتفاعل مع غاز الأكسجين ليشكل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.
a. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.
b. ما هي نسبة حجم الميثان إلى الماء في هذا التفاعل؟



■ **الشكل 17**

92. احسب مقدار بخار الماء، بالجرامات، الذي يحتوي عليها الوعاء الموضّح في **الشكل 17**.

93. **التلفاز** حدد الضغط داخل أنبوب عرض الصورة التلفزيونية حجمه 3.50 L ويحتوي على 2.00×10^{-5} g من غاز النيتروجين عند درجة حرارة 22.0°C.

94. احسب عدد اللترات التي يمكن أن يشغلها 8.80 g من غاز ثاني أكسيد الكربون في كل من الظروف التالية:
a. STP
b. 3.00 atm و 160°C
c. 118 kPa و 288 K

95. **استهلاك الأكسجين** إذا كان 5.00 L من غاز الهيدروجين، تم قياسها عند درجة حرارة 20.0°C وضغط 80.1 kPa واحترقت في جو مشبّع من الأكسجين لتكون ماء، فما هي كتلة الأكسجين المستهلكة؟ افترض ثبات درجة الحرارة والضغط.

96. مقدار ثابت من غاز الأكسجين محفوظ في صهريج سعة 1.00 L عند ضغط مقداره 3.50 atm. والصهريج متصل بصهريج فارغ سعة 2.00 L بواسطة أنبوب بصمام. وبعدها تم فتح الصمام وتم السماح بانتقال الأكسجين بحرية بين الصهريجين مع ثبات درجة الحرارة، فما الضغط النهائي في النظام؟

97. إذا كان 2.33 L من البروبان عند درجة حرارة 24°C وضغط 67.2 kPa تم إحراقها تمامًا في جو مشبّع بالأكسجين، فكم عدد مولات ثاني أكسيد الكربون الناتجة؟

98. **التنفس** يتنفس الإنسان حوالي 0.50 L من الهواء أثناء التنفس الطبيعي. افترض أن ظروف التنفس تقع في درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.
a. ما حجم النفس الواحد في يوم بارد على قمة إيفرست؟ افترض أن درجة الحرارة −60°C والضغط 253 mm Hg.
b. يحتوي الهواء عادةً على 21% أكسجين تقريبًا. إذا كان محتوى الهواء من O_2 تقريبًا 14% على قمة إيفرست، فما هو حجم الهواء الذي يحتاج أن يتنفسه الشخص لإمداد الجسم بنفس القدر من الأكسجين؟

التفكير الناقد

99. **تطبيق** بالون هيليوم ضخم في محل لبيع الزهور يجب ألا يقل حجمه عن 3.8 L لكي يرتفع في الهواء. عند إضافة 0.1 mol إلى البالون الفارغ، يصبح حجمه 2.8 L. كم عدد جرامات He التي يجب إضافتها لكي يجعله يرتفع في الهواء؟ افترض ثبات T و P.

100. **حساب** مصنع ألعاب يستخدم رباعي فلورو الإيثان ($C_2H_2F_4$) عند درجات حرارة عالية لتعبئة قوالب العرائس البلاستيكية.
a. ما كثافة $C_2H_2F_4$ (g/L) عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟
b. احسب عدد الجزيئات في اللتر الواحد من $C_2H_2F_4$ عند درجة حرارة 220°C وضغط 1.0 atm.

101. **تحليل** مكعب صلب من الثلج المجفف (CO_2) كتلته 0.75 kg. وبمجرد تسامي المكعب تمامًا إلى غاز CO_2، كم سيكون حجمه عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟

102. **تطبيق** احسب ضغط 4.67×10^{22} جزيئًا من غاز CO مختلطة مع 2.87×10^{24} جزيئًا من غاز N_2 في حاوية سعة 6.00L عند درجة حرارة 34.8°C.

103. **تحليل** عندما ينفجر النيتروجليسرين ($C_3H_5N_3O_9$)، فإنه يتفكك إلى الغازات التالية: CO_2, N_2, O_2, H_2O. إذا انفجر 239 g من النيتروجليسرين، فما هو حجم خليط الغازات الناتجة الذي سيتكون عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة 2678°C؟

104. **رسم الرسوم البيانية واستخدامها** البيانات في **الجدول 3** توضح حجم غاز الهيدروجين المجمّع في عدة درجات حرارة مختلفة. اشرح هذه البيانات بأحد الرسوم البيانية. استخدم الرسم البياني لاستكمال الجدول. حدد درجة الحرارة التي عندها سيصل الحجم إلى قيمة 0 mL. ما اسم درجة الحرارة هذه؟

الجدول 3 حجم H_2 المجمّع

تجربة	T(°C)	V (mL)
1	300	48
2	175	37
3	110	
4	0	22
5		15
6	−150	11

105. **تطبيق** ما القيمة العددية لثابت الغاز المثالي عند استخدام الوحدات التالية: $\frac{cm^3 \cdot Pa}{mol \cdot K}$؟

106. **استدل** عند درجات الضغط المرتفعة جداً، هل سيكون الضغط المحسوب بقانون الغاز المثالي ضغط أعلى أو أقل من الضغط الفعلي المبذول على عينة من الغاز؟ كيف سيتم مقارنة الضغط المحسوب بالضغط الفعلي عند درجات الحرارة المنخفضة؟ فسر إجاباتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مسألة تحفيزية

107. الخَبْز يستخدم الخبّاز كربونات الصوديوم الهيدروجينية باعتبارها عامل نفخ لوصفته لخبز الخبز المنتفخ. تتفكك كربونات الصوديوم الهيدروجينية وفقًا للتفاعلات المحتملة التالية:

$$2NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$$
$$NaHCO_3(s) + H^+(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g) + Na^+(aq)$$

احسب حجم CO_2 الذي يتشكل لكل جرام من $NaHCO_3$ في كل من التفاعلين. افترض أن التفاعلات تحدث عند درجة حرارة 210°C وضغط 0.985 atm.

مراجعة تراكمية

108. حوِّل كل قياسات الكتل إلى ما يكافئها بـ kg.:
- **a.** 247 g
- **b.** 53 mg
- **c.** 7.23 mg
- **d.** 975 mg

109. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل ذرة.
- **a.** اليود
- **b.** البورون
- **c.** الكروم
- **d.** الكريبتون
- **e.** الكالسيوم
- **f.** الكادميوم

110. بالنسبة لكل عنصر من العناصر التالية، حدد عدد الإلكترونات في كل مستوى من مستويات الطاقة وارسم الترميز النقطي للإلكترون. الإلكترون النقطي.
- **a.** Kr
- **b.** Sr
- **c.** P
- **d.** B
- **e.** Br
- **f.** Se

111. كم عدد ذرات كل عنصر في خمس وحدات صيغة لبرمنجنات البوتاسيوم؟

112. لديك محلولين شفافين، يحتوي أحدهما على مركب أيوني ويحتوي الآخر على مركب تساهمي. كيف يمكنك أن تحدد المحلول الأيوني والمحلول التساهمي؟

113. اكتب معادلة موزونة للتفاعلات التالية:
- **a.** يحل الخارصين محل الفضة في كلوريد الفضة.
- **b.** يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم وحمض الكبريتيك لتكوين كبريتات الصوديوم والماء.

114. حمض التيريفثاليك مركب عضوي يستخدم في تكوين البولي إسترات. وهو يضم 57.8% من C و 3.64% من H و 38.5% من O. كتلته المولية هي 166 g/mol تقريبًا. ما هي الصيغة الجزيئية لحمض التيريفتاليك؟

115. ما الغاز الذي تتميز جسيماته بأعلى سرعة؟ وما الغاز الذي تتميز جسيماته بأقل سرعة؟
- **a.** أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة 90°C
- **b.** ثلاثي فلوريد النيتروجين عند درجة حرارة 30°C
- **c.** الميثان عند درجة حرارة 90°C
- **d.** أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة 30°C

الكتابة في الكيمياء

116. مناطيد الهواء الساخن لطالما حلم الكثير من رواد الطيران بمناطيد الهواء الساخن للقيام برحلة طيران حول العالم وهو هدف لم يتحقق حتى العام 1999. اكتب عن رحلة تخيلتها بالمنطاد وكيف ستبدو، مع وصف لكيفية معالجة درجة الحرارة وكيف ستسمح لك بالتحكم في الارتفاع.

117. جهاز الغوص تحت الماء ابحث عن وظيفة المنظمات على صهاريج الهواء والتي يستخدمها الغواصون واشرحها.

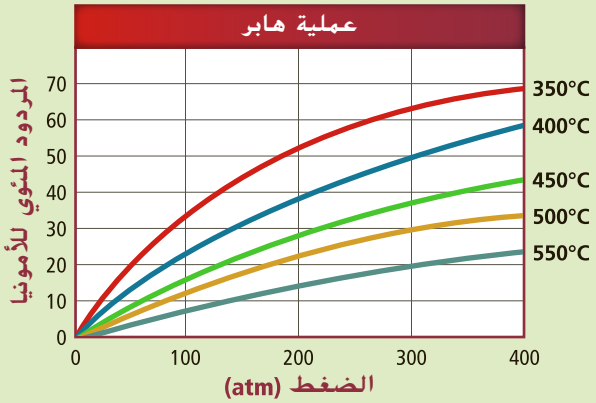
DBQ أسئلة مبنية على الوثائق

عملية هابر تستخدم الأمونيا (NH_3) في إنتاج الأسمدة والمبردات والطلاء والمواد البلاستيكية. عملية هابر هي طريقة لإنتاج الأمونيا من خلال تفاعل بين النيتروجين والهيدروجين. التفاعل انعكاسي وتمثله المعادلة التالية:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92\ kJ$$

الشكل 18 يوضح تأثير درجة الحرارة والضغط على مقدار الأمونيا الناتج من عملية هابر.

بيانات مأخوذة من: Smith, M. 2004. Science 1021:1034–39.



■ **الشكل 18**

118. فسّر كيف تتأثر النسبة المئوية لمردود الأمونيا بالضغط ودرجة الحرارة.

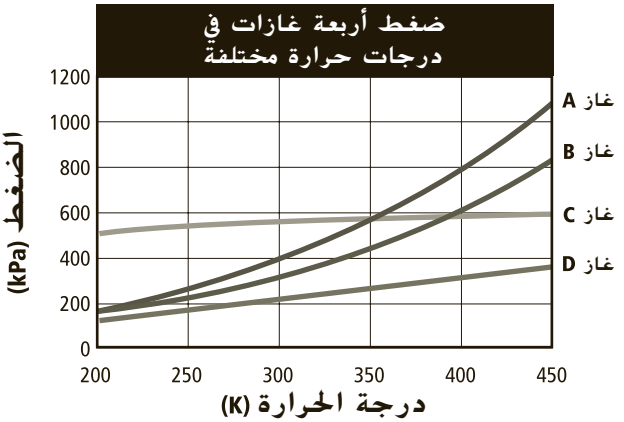
119. تجري عملية هابر في العادة عند ضغط 200 atm ودرجة حرارة 450°C وهي ظروف ثبت أنها تنتج كمية كبيرة من الأمونيا في وقت قصير.
- **a.** إذا كانت درجة الحرارة تتغير من 450°C إلى 500°C، ما هو الضغط اللازم للحفاظ على نسبة المردود النموذجية؟
- **b.** كيف ترى أن خفض درجة حرارة هذا التفاعل تحت درجة 450°C سوف يؤثر على مقدار الزمن المطلوب لإنتاج الأمونيا؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تمرين على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

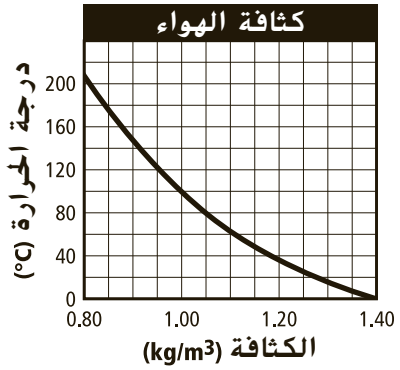
استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين *1* و *2*.



1. ما الذي يوضحه الرسم البياني أعلاه؟
- **A.** كلما زادت درجة الحرارة، انخفض الضغط.
- **B.** كلما زاد الضغط، انخفض الحجم.
- **C.** كلما زادت درجة الحرارة، نقص عدد المولات.
- **D.** كلما انخفض الضغط، انخفضت درجة الحرارة.

2. أي غاز يسلك سلوك الغاز المثالي؟
- **A.** الغاز A
- **B.** الغاز B
- **C.** الغاز C
- **D.** الغاز D

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة على السؤال *3*.

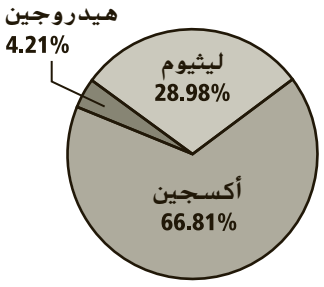


3. يوضح الرسم البياني بيانات من إحدى التجارب لدراسة العلاقة بين درجة الحرارة وكثافة الهواء. ما هو المتغير المستقل في التجربة؟
- **A.** الكثافة
- **B.** الكتلة
- **C.** درجة الحرارة
- **D.** الزمن

4. حمض الهيدروفلوريك (HF) يستخدم في تصنيع معدات الإلكترونيات. وهو يتفاعل مع سيليكات الكالسيوم ($CaSiO_3$)، أحد مكونات الزجاج. ما نوع الخاصية التي تمنع نقل حمض الهيدروفلوريك أو تخزينه في حاويات زجاجية؟
- **A.** خاصية كيميائية
- **B.** خاصية فيزيائية موسعة (تعتمد على كمية المادة)
- **C.** خاصية فيزيائية مكثفة (لا تعتمد على كمية المادة)
- **D.** خاصية كمية

5. هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) عبارة عن قاعدة قوية يتواجد في المنتجات المستخدمة في تنظيف مصارف الصرف الصحي المغلقة. ما النسبة المئوية للتركيب في هيدروكسيد الصوديوم؟
- **A.** 57.48% Na, 60.00% O, 2.52% H
- **B.** 2.52% Na, 40.00% O, 57.48% H
- **C.** 57.48% Na, 40.00% O, 2.52% H
- **D.** 40.00% Na, 2.52% O, 57.48% H

استخدم التمثيل البياني الدائري أدناه للإجابة عن السؤال *6*.



6. ما الصيغة الأولية لهذا المركب؟
- **A.** LiOH
- **B.** Li_2OH
- **C.** Li_3OH
- **D.** $LiOH_2$

7. وهو على الأرض، يكون المنطاد مملوءًا بمقدار 5.66×10^6 L من غاز الهيليوم He. وكان الضغط داخل المنطاد على الأرض، حيث درجة الحرارة 25°C، هو 1.10 atm. المناطيد الحديثة ليست متصلبة، ما يعني أن أحجامها قابلة للتغيير. إذا ظل الضغط داخل المنطاد هو نفسه، فما هو حجم المنطاد عند ارتفاع 2300 m، حيث درجة الحرارة 12°C؟
- **A.** 2.72×10^6 L
- **B.** 5.40×10^6 L
- **C.** 5.66×10^6 L
- **D.** 5.92×10^6 L

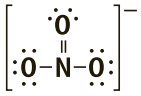
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابة مختصرة

8. اذكر الملاحظات التي توفر دليلاً على حدوث تغير كيميائي.

9. حدد خمسة جزيئات ثنائية الذرة موجودة في الطبيعة وفسر سبب مشاركة الذرات في هذه الجزيئات فيما بينها زوجًا، أو أزواجًا من الإلكترونات.

10. الرسم أدناه يوضح بنية لويس لأيون النيترات متعدد الذرات (NO_3^-). عرّف المصطلح أيون متعدد الذرات واذكر أمثلة على أيونات أخرى من هذا النوع.



أسئلة ذات إجابة مفتوحة

استخدم الجدول أدناه للإجابة على السؤال 11.

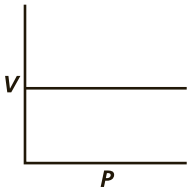
مستويات الرادون من أغسطس 2004 حتى يوليو 2005

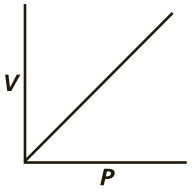
التاريخ	مستوى الرادون (pCi/L)	التاريخ	مستوى الرادون (pCi/L)
8/04	0.26	2/05	0.087
9/04	0.052	3/05	0.087
10/04	0.087	4/05	0.10
11/04	0.052	5/05	0.22
12/04	0.069	6/05	0.087
1/05	0.035	7/05	0.16

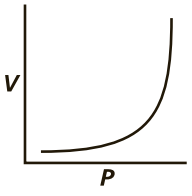
11. الرادون غاز مشع ينتج عند تحلل الراديوم في التربة والصخور. وهو مادة مسرطنة معروفة. البيانات أعلاه توضح مستويات الرادون التي تم قياسها في وسط افتراضي. حدد طريقة تمثيل هذه البيانات بيانيًا. اشرح أسباب اختيارك وقم بتمثيل البيانات بيانيًا.

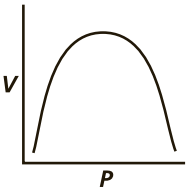
اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة : الكيمياء

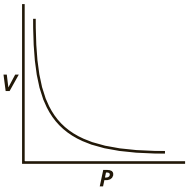
12. ما المخطط الذي يوضح العلاقة بين حجم وضغط الغاز عند درجة حرارة ثابتة؟

A.


B.


C.


D.


E.


13. التفاعل الذي يمد مواقد اللحام باللهب الشديد هو عبارة عن احتراق الأستيلين (C_2H_2) مع الأكسجين لتشكيل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. وبافتراض أن الضغط ودرجة حرارة المواد المتفاعلة هي نفسها، فما هو حجم غاز الأكسجين المطلوب لإحراق 5.60 L بالكامل من الأستيلين؟

A. 2.24 L
B. 5.60 L
C. 8.20 L
D. 11.2 L
E. 14.0 L

14. بافتراض السلوك المثالي، فما مقدار الضغط الذي يبذله 0.0468 g من غاز الأمونيا (NH_3) على جدران حاوية 4.00L عند 35.0°C؟

A. 0.0174 atm
B. 0.296 atm
C. 0.0126 atm
D. 0.00198 atm
E. 0.278 atm

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education