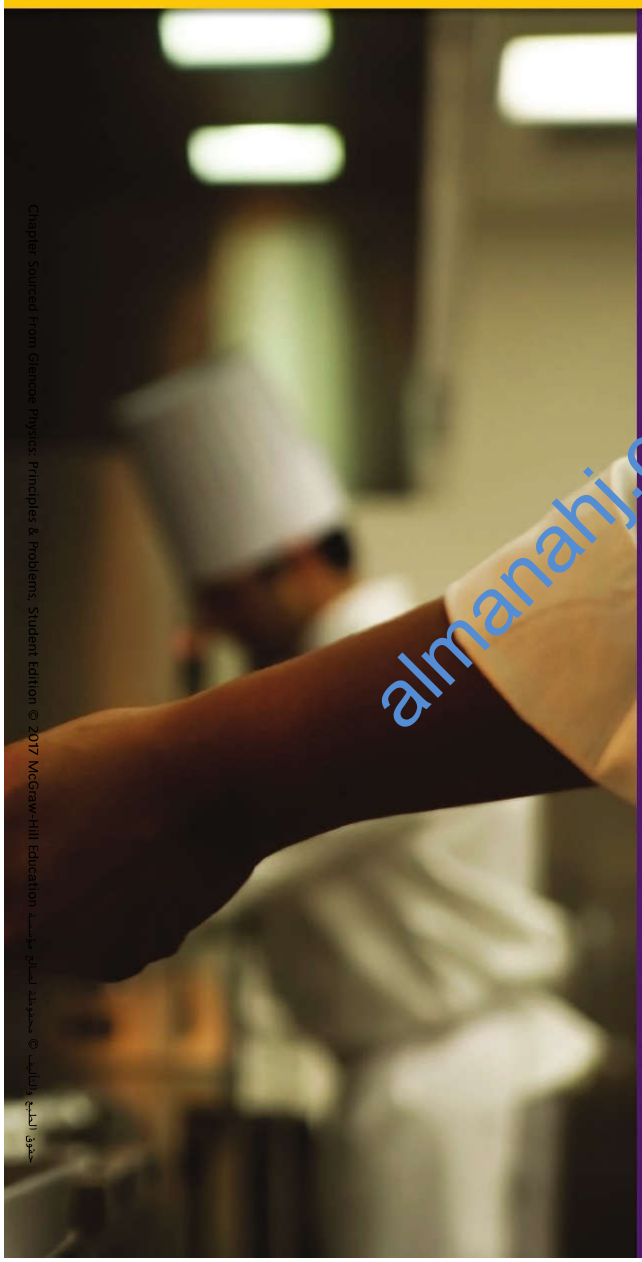
الوحدة 9

الطاقة الحرارية

الفكرة الرئيسة ترتبط الطاقة الحرارية بحركة جسيمات الجسم ويُمكن نقلها وتحويلها.



الأقسام

1 درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية

2 تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية

التجربة الاستهلالية

انتقال الطاقة الحرارية

كيف تنتقل الطاقة الحرارية من يديك إلى كوب الماء؟

almanahj.com/ae

Chapter Sourced From Glencoe Physics: Principles & Problems, Student Edition © 2017 McGraw-Hill Education

محتوى الكتاب © محتوى لمنهاج مؤسسة حقوق الطبع

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From: 9. Thermal Energy, Chapter 12, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

القسم 1

الفيزياء في حياتك

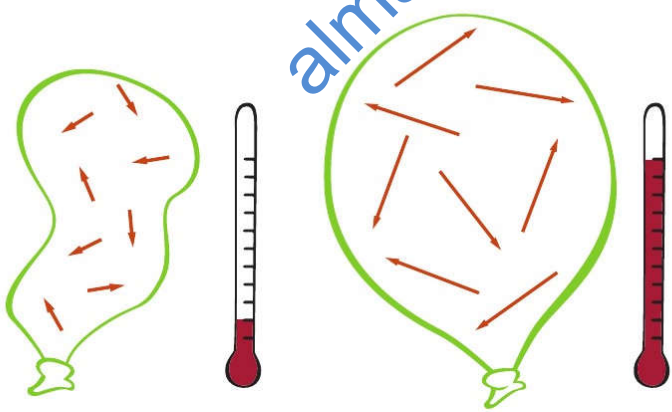
هل شاهدت بالوناً في الخارج في يومٍ بارد من قبل؟ ربما كان منكمش الحجم. ولكنه إذا أخذته إلى منزلٍ دافئ، سيعود إلى حجمه الطبيعي. لماذا تؤثر درجة الحرارة في حجم البالون؟

الطاقة الحرارية

لقد درست كيف تتصادم الأجسام. تتكون كل مادة من جسيمات مجهرية. للجسيمات العديدة فمثلاً، الجسيمات التي يتكون منها غاز تمتلك طاقة حركية خطية ودورانية. قد يكون لتلك الجسيمات طاقة كامنة بسبب الروابط الداخلية وتفاعلاتها مع بعضها البعض. أثناء تصادم جسيمات الغاز مع بعضها البعض ومع جدران الوعاء تنتقل الطاقة. بما أن الغاز يتكون من العديد من الجسيمات فإنها تتسبب في العديد من التصادمات تنتقل بينها الطاقة بشكل عشوائي.

لذا، من الملائم مناقشة الطاقة الكلية للجسيمات التي يتكون منها الغاز ومتوسط الطاقة للجُسَيم الواحد في الغاز. تذكَّر أن مجموع طاقات الجسيمات هو الطاقة الحرارية للجسم. هناك علاقة بين متوسط الطاقة الحركية للجسيم الواحد ودرجة حرارة الغاز. تصف النظرية الحركية العلاقة بين الحركات العشوائية للجسيمات والخصائص الإجمالية للمادة.

الأجسام الساخنة والأجسام الباردة ما الذي يجعل جسمًا ما ساخنًا؟ انظر إلى بالون مملوء بالهيليوم. يحتفظ البالون بانتفاخه بفعل تصادمات ذرات الهيليوم المتكررة على جدرانه. تقوم كل ذرة من ذرات الهيليوم داخل البالون التي يبلغ عددها على وجه التقريب 10^{22} بالتصادم مع جدار البالون، وترتد مرة أخرى للخلف، ثم تصدم جدار البالون مرة أخرى في مكان آخر. يتأثر كلٌ من حجم البالون ودرجة حرارته بمتوسط الطاقة الحركية لذرات الهيليوم كما هو موضح في **الشكل 1**.



الشكل 1 ترتبط درجة حرارة جسم ما بمتوسط الطاقة الحركية لجسيمات هذا الجسم. متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الجسم الساخن تُكوّن أكبر من متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الجسم البارد.

الفكرة الرئيسة

تنتقل الطاقة الحرارية تلقائيًا من الجسم الأعلى درجة حرارة إلى الجسم الأقل درجة حرارة ..

الأسئلة الرئيسة

- ما العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الحرارية؟
- ما العلاقة بين الاتزان الحراري ودرجة الحرارة؟
- كيف تنتقل الطاقة الحرارية؟
- ما الحرارة النوعية؟

مراجعة المفردات

الطاقة الحرارية thermal energy
مجموع الطاقة الحركية والكامنة للجسيمات التي يتكون منها الجسم

المفردات الجديدة

التوصيل الحراري thermal conduction

الاتزان الحراري thermal equilibrium

الحرارة heat

الحمْل الحراري convection

الإشعاع radiation

الحرارة النوعية specific heat

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

إذا وضعت بالونًا يحوي غاز الهيليوم في ضوء الشمس، فإن الطاقة التي تأتي من ضوء الشمس تجعل جميع ذرات الهيليوم داخل البالون تتحرك في اتجاهات عشوائية وترتد عن جدران البالون بصورة أسرع. يتسبب كل اصطدام مع الجدران في تسليط ضغط كبير على البالون مما يعمل على تمدد المطاط. وهكذا، يرداد حجم البالون الدافئ. من ناحية أخرى، إذا وضعت البالون داخل الثلاجة، فإن حجمه يقل. يحدث ذلك لأن الجسيمات تتحرك ببطء. فقد تسبب التبريد في إنقاص طاقتها الحرارية.

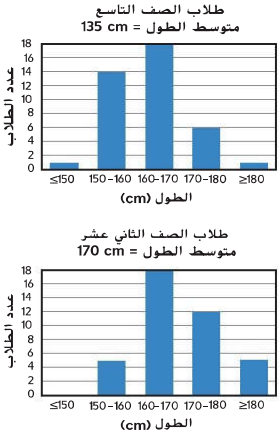
الطاقة الحرارية في المواد الصلبة إن الذرات أو الجسيمات داخل المواد الصلبة لديها طاقة حركية أيضًا ولكنها لا تتحرك في جميع الاتجاهات كما تفعل ذرات الغاز. ثمّة طريقة لتوضيح بنية المواد الصلبة وهي تصور مجموعة من الذرات ترتبط فيما بينها بقوى تشبه النوابض. لا تتمكن الذرات من الحركة بحرية، ولكنها ترتد للخلف والأمام ويمكن أن تتحرك بعض تلك الذرات أكثر من الأخرى. كل ذرة تمتلك بعض الطاقة الحركية وبعض الطاقة الكامنة. إذا كانت مادة صلبة بها عدد ذرات N، فإن الطاقة الحرارية الكلية لهذه المادة الصلبة يساوي متوسط مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة للذرة مضروبًا في N.

الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة

الجسيمات التي يتكون منها جسم ما لا تمتلك جميعها بالضرورة نفس الكمية من من الطاقة؛ فهي تمتلك نطاقًا واسعًا من الطاقة. ومع ذلك، فإن متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي يتكون منها جسم الساخن أكبر من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي يتكون منها الجسم البارد.

لاستيعاب هذا الأمر، انظر إلى طول طلاب الصف التاسع وطلاب الصف الثاني عشر. يتباين طول الطلاب كما هو موضح في **الشكل 2**، ولكن يمكنك حساب متوسط الطول لطلاب كل صف. متوسط الطول لطلاب الصف الثاني عشر أكبر من متوسط طول طلاب الصف التاسع، حتى وإن كان بعض طلاب الصف التاسع أطول من بعض طلاب الصف الثاني عشر.

تعتمد درجة الحرارة فقط على متوسط الطاقة الحركية للجسيمات في الجسم. فهي لا تعتمد على عدد الجسيمات التي يتكون منها الجسم. على سبيل المثال، انظر إلى الكعكتين الموضحتين في **الشكل 3**. توجد الكعكتان في درجة الحرارة نفسها إلا أن الكعكة الكبيرة بها عشرة أضعاف جسيمات الكعكة الصغيرة. هذا يعني أن الكعكة كبيرة الحجم تمتلك عشرة أمثال الطاقة الحرارية للكعكة صغيرة الحجم. تعتمد الطاقة الحرارية لجسمٍ ما على كلٍ من درجة الحرارة وعدد الجسيمات التي يتكون منها الجسم.

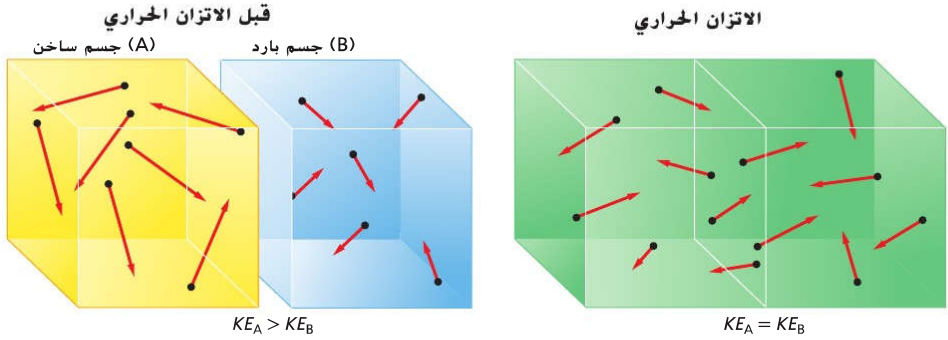


الشكل 2 متوسط طول طلاب الصف التاسع أقل من متوسط طول طلاب الصف الثاني عشر. وبالمثل، متوسط الطاقة الحركية لجسيمات جسمٍ ساخن أكبر من متوسط الطاقة الحركية لجسيمات جسمٍ بارد.

الشكل 3 قد يكون لكعكتين تحت درجة الحرارة نفسها طاقة حرارية مختلفة.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



شكل 4 عندما يتصل جسم ساخن مع آخر بارد، يكون هناك يحدث انتقال للطاقة الحرارية من الجسم الساخن إلى الجسم البارد. وعندما يصل كلا الجسمين إلى الاتزان الحراري، يكون مقدار الطاقة الحرارية المنتقلة من الجسم الساخن يساوي مقدار الطاقة المنتقلة إلى الجسم البارد بالإضافة إلى كونهما في درجة الحرارة نفسها.

الاتزان والقياس الحراري

كيف تقيس درجة حرارة جسمك؟ يمكنك وضع ثيرموميتر في فَمِك ثم انتظر برهة قبل أخذ القراءة. إن قياس درجة حرارة جسدك يتضمن اصطدامات عشوائية تنتقل الطاقة بين جسيمات الثيرموميتر وجسيمات جسمك. يكون جسمك أكثر سخونة من الثيرموميتر. وهذا يعني أن متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي يتكون منها جسمك أكبر من متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الثيرموميتر. عندما يلمس الثيرموميتر البارد جلدك، تنتقل الحرارة من جسمك إلى الثيرموميتر. **التوصيل الحراري** هو انتقال الطاقة الحرارية نتيجة التصادم بين الجسيمات. وكنتيجة لهذه التصادمات، تزداد الطاقة الحرارية لجسيمات الثيرموميتر. وفي الوقت نفسه، تنخفض الطاقة الحرارية للجسيمات في جلدك.

الاتزان الحراري أثناء انتقال الطاقة الحرارية من جسمك إلى جسيمات الثيرموميتر، تقوم هذه الجسيمات بإعادة بعض الطاقة الحرارية إلى جسمك. عند لحظة معينة، يكون معدل انتقال الطاقة من الثيرموميتر إلى جسمك مساويًا لمعدل الانتقال في الاتجاه الآخر. وفي هذه الحالة، يصل كلٌّ من جسمك والثيرموميتر إلى الاتزان الحراري. **الاتزان الحراري** هو الحالة التي يكون فيها معدلات الطاقة الحرارية التي تنتقل بين جسمين متساوية ويكون كلٌّ من الجسمين في درجة الحرارة نفسها. يوضح **شكل 4** وصول كتلتين إلى الاتزان الحراري.

التأكد من فهم النص **حدّد** حالة يصل فيها جسمان إلى الاتزان الحراري وحالة أخرى لا يصل فيها الجسمان إلى الاتزان الحراري.

الثيرموميترات لكل ثيرموميتر خاصية تتغير بتغير درجة الحرارة. فمثلًا تحتوي الثيرموميترات المنزلية غالبًا على الكحول الملون الذي يتمدد بالحرارة. كلما ازدادت درجة حرارة الثيرموميتر ازداد تمدد الكحول وارتفع داخل الأنبوب. يستخدم ثيرموميتر البلورات السائلة الموضح في **الشكل 5** مجموعة متنوعة من الجسيمات التي تعيد ترتيبها ويتغير لونها عند درجات حرارة معينة. تستخدم كلٌّ من الثيرموميترات الطبية والثيرموميترات الأخرى التي تستخدم لمراقبة درجة حرارة محركات السيارات دوائر إلكترونية صغيرة جدًا حساسة للحرارة وذلك لإجراء قياسات سريعة.

الشكل 5 يتغير لون ثيرموميتر البلورات السائلة بتغير درجة الحرارة.

لخّص ما يحدث عند وضع الثيرموميتر على جبينك.

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

حدود درجة الحرارة قد تقول إن النار ساخنة وأن المُجمّدة باردة. لكن الأجسام من حولك ما هي إلا مجموعة صغيرة من الأجسام الموجودة في الكون كما هو موضح في **الشكل 6**. لا يبدو أن درجات الحرارة لها حد أقصى. درجة الحرارة داخل الشمس تكون على الأقل $1.5 \times 10^7 °C$ أمّا مركز النجم سوبرنوفا فهو أكثر حرارة. ومن ناحية أخرى، يمكن أن تكون الغازات السائلة باردة جدًا. على سبيل المثال يسيل الهيليوم عند $269 °C-$. ويمكن الوصول إلى درجات حرارة أكثر برودة من خلال استغلال خواص المواد الصلبة، ونظائر الهيليوم والذرات والليزر.

ومع ذلك، فلدرجات الحرارة حد أدنى. وبشكل عام، تنكمش المواد أثناء تبريدها. إذا تم تبريد الغاز المثالي الموجود داخل بالون ما ليصل إلى درجة $273.15 °C-$، فسوف يتقلص حجم البالون على نحو يجعله يشغل المقدار المساوي لحجم الذرات فقط، ومن ثمّ تصبح الذرات عديمة الحركة. في درجة الحرارة هذه، هكذا يكون الغاز قد فقد كل ما يمكنه أن يفقد من الطاقة، وبالتالي لا يمكن أن تنخفض درجة حرارته أكثر من ذلك. ولذلك، لا توجد درجة حرارة أقل من $273.15 °C-$، والتي تُسمى الصفر المطلق.

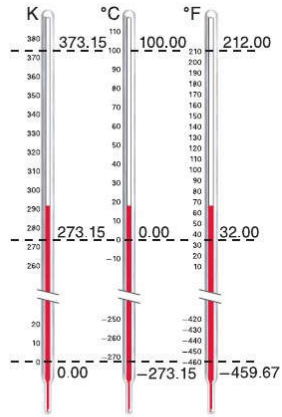
التأكد من فهم النص **فسر** لماذا يطلق اسم الصفر المطلق على أقل درجة حرارة يمكن الوصول إليها عمليًا.

الشكل 6 تتراوح درجات الحرارة في الكون من أكبر بقليل من فوق الصفر المطلق إلى أكثر من 10^{10} K.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مقارنة مقاييس درجة الحرارة



الشكل 7 يستخدم العلماء مقياس كلفن والمقياس السيليزي ويستخدم مقياس فهرنهايت في الولايات المتحدة لقياس درجة حرارة الجو ولأغراض الطبخ.

مقاييس درجة الحرارة يستخدم العلماء الثيرموميتر السيليزي ومقياس كلفن. يعتمد الثيرموميتر السيليزي على خواص الماء وقد تم اقتراح ذلك من قبل عالم الفيزياء السويدي أندرس سيلزيوس عام 1741. وفي الثيرموميتر السيليزي هذا، تكون درجة تجمد الماء النقي في مستوى سطح البحر هي صفر °C. أما درجة غليان الماء النقي في مستوى سطح البحر فهي 100°C. ويستخدم الثيرموميتر السيليزي لإجراء القياسات اليومية لدرجة الحرارة.

مقياس كلفن يمكن أن تكون درجات الحرارة في الثيرموميتر السيليزي سالبة القيمة. قد يُفهم من درجات الحرارة السالبة أنه قد يكون للجُسَيم طاقة حركية سالبة. وبما أن درجة الحرارة تُمثل متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الجسم، فمن المنطقي استخدام ثيرموميتر تكون قراءته صفرًا عندما تكون الطاقة الحركية للجسيمات صفرًا أيضًا. ولذا فقد تم تحديد درجة الصفر في مقياس كلفن لتكون مساوية للصفر المطلق. في مقياس كلفن، تبلغ درجة تجمد الماء (0°C) 273 K تقريبًا. أما درجة غليان الماء فهي 373 K تقريبًا. تسمى كل درجة على هذا المقياس بـ" كلفن " وتعادل 1°C. ولذا فإن $T_K = T_C + 273$. **الشكل 7** يقارن مقاييس الفهرنهايت والسيليزي والكلفن.

انتقال الحرارة والطاقة الحرارية

عندما يتصل جسمان ببعضهما، يُعاد توزيع الطاقة الحرارية بينهما. **الحرارة** (Q) هي مقدار الطاقة المنتقلة من أو إلى الجسم. تنتقل الطاقة تلقائيًا من الجسم الساخن إلى الجسم البارد. ولا تنتقل الطاقة الحرارية من الجسم البارد إلى الجسم الساخن دون أن يبذل شغل. وتقاس (Q) بوحدة الجول (J). انتقلت الطاقة الحرارية في مثال الثيرموميتر من الجلد الدافئ إلى الثيرموميتر البارد بسبب تصادمات الجسيمات. في حالة امتصاص جسمٍ ما للطاقة الحرارية، فإن Q تكون موجبة. أما إذا انتقلت الطاقة الحرارية من جسمٍ ما، فإن Q تكون سالبة.

التوصيل، والحمل الحراري، والإشعاع يوضح **الشكل 8** ثلاثة طرائق لانتقال الحرارة وهي التوصيل الحراري، والحمل الحراري والإشعاع الحراري. إذا وضعت طرف ساق فلزي على لهب النار، يقوم الغاز الساخن بتوصيل الحرارة إلى هذا الطرف من الساق. يصبح الطرف الآخر من الساق دافئًا وذلك لأن الجسيمات التي يتكون منها الساق توصل الطاقة الحرارية إلى الجسيمات المجاورة لها.

التوصيل

الحمْل الحراري

الإشعاع

الشكل 8 يُمكن نقل الطاقة الحرارية عن طريق التوصيل أو الحمل أو الإشعاع.

حدّد بعض الحالات الأخرى الشائعة التي يحدث فيها التوصيل، والحمل، والإشعاع.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر الفيزياء

أجهزة تجميع الطاقة الشمسية

مختبر برمجيات الجُسات **ما مدى كفاءة أجهزة تجميع الطاقة الشمسية في تجميع الطاقة الإشعاعية من الشمس؟**

هل لاحظت من قبل الحركة التي تحدث على سطح إناء من الماء عندما يُوشك الماء على الغليان؟ يتم تسخين الماء في قاع الإناء عن طريق التوصيل مما يجعله يتمدد وتقل كثافته ويصعد إلى الأعلى، بينما ينزل الماء البارد الأكثر كثافة من السطح إلى القاع. تنتقل الحرارة عن طريق حركة الماء الساخن من قاع الإناء إلى أعلى سطح الماء. يسمى التسخين عن طريق حركة الجسيمات في سائلٍ ما أو غاز نتيجة اختلافات درجة الحرارة **الحمل الحراري**. تحدث الاضطرابات الجوية بفعل الحمل الحراري للغازات في الغلاف الجوي. تمثل العواصف الرعدية والأعاصير أمثلةً جيدة للحمل الحراري الذي يحدث في نطاق واسع في الغلاف الجوي. يُسهم الحمل الحراري أيضًا في تكون تيارات المحيطات التي تُحرّك المياه والمواد لمسافات كبيرة.

على عكس الطريقتين السابقتين، لا تعتمد الطريقة الثالثة للانتقال الحراري على وجود المادة. تقوم الشمس بتدفئة الأرض من مسافة 150 مليون كيلومتر عن طريق **الإشعاع**، وهو انتقال الطاقة عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية. تحمل هذه الموجات الطاقة من الشمس الحارة عبر الفراغ في الفضاء إلى الأرض التي هي أبرد منها بكثير.

الحرارة النوعية

تتميز بعض الأجسام بسهولة تسخينها عند مقارنتها بأجسام أخرى. في أحد أيام الصيف المشمسة، تُشعّ الشمس الطاقة الحرارية إلى الرمال على الشواطئ وإلى مياه المحيط. تصبح الرمال على الشواطئ دافئة إلى حدٍ ما، بينما تظل المياه في المحيط باردة نسبيًا. عندما يتم تسخين جسم ما، فإن طاقته الحرارية تزداد وبالتالي يمكن أن ترتفع درجة حرارته. يعتمد مقدار الزيادة في درجة الحرارة على كتلة الجسم وتركيبه.

الحرارة النوعية لمادةٍ ما هي مقدار الطاقة التي يجب أن تكتسبها وحدة الكتل من هذه المادة لكي تزداد درجة حرارتها بمقدار درجة واحدة. في النظام الدولي للوحدات، يتم قياس الحرارة النوعية (*C*) بوحدة J/(kg·K).

التأكد من فهم النص **عرّف** الحرارة النوعية.

الجدول 1 يعرض قيم الحرارة النوعية لبعض المواد الشائعة. على سبيل المثال، يجب أن يكتسب 1 kg من الألمنيوم 897 J لرفع درجة حرارتها بمقدار 1 K. لذلك فإن الحرارة النوعية للألمنيوم 897 J/(kg·K). تُستخدم المواد ذات الحرارة النوعية المختلفة لأغراض متنوعة. الفلزات، مثل تلك التي تستخدم في صنع الأواني الموضحة في **الشكل 9**، لها حرارة نوعية منخفضة وتتميز بكونها موصلات جيدة للحرارة. لاحظ أن الماء في له حرارة نوعية عالية مقارنةً بالمواد الأخرى. وبالمثل، فإن الحرارة النوعية للجليد وبخار الماء مرتفعة نسبيًا. تؤثر هذه الحرارة النوعية المرتفعة في مناخنا وأجسامنا تأثيرًا كبيرًا.

الشكل 9 هذه الأواني مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ أما القاع فمصنوع من النحاس والمقابض بلاستيكية.

فسّر كيف يعتمد اختيار هذه المواد على الحرارة النوعية لها.

الجدول 1 الحرارة النوعية للمواد الشائعة

المادة	الحرارة النوعية (J/(kg·C))	المادة	الحرارة النوعية (J/(kg·C))
الألمنيوم	897	الرصاص	130
النحاس الأصفر	376	الميثانول	2450
الكربون	710	الفضة	235
النحاس	385	بخار الماء	2020
الزجاج	840	الماء	4180
الجليد	2060	الخارصين	388
الحديد	450		

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر الفيزياء

التسخين والتبريد
كيف تؤثر الطاقة الحرارية في درجة حرارة الماء؟

قياس الطاقة الحرارية المنتقلة من أو إلى الجسم عند تسخين مادةٍ ما، فإن درجة حرارة تلك المادة يمكن أن تتغير. يعتمد تغيير درجة الحرارة (ΔT) على الطاقة الحرارية التي انتقلت إلى المادة (Q)، وكتلة المادة والحرارة النوعية للمادة. من خلال استخدام المعادلة التالية، يمكنك حساب (Q) المطلوبة لتغيير درجة حرارة جسمٍ ما.

الطاقة الحرارية المنتقلة من أو إلى جسم

تساوي كتلة الجسم مضروبة في الحرارة النوعية لهذا الجسم مضروبة في الفرق بين درجات الحرارة النهائية والأولية.

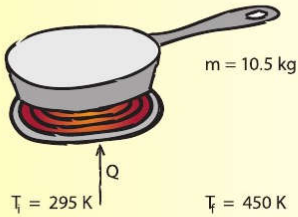
$$Q = mC\Delta T = mC(T_f - T_i)$$

على سبيل المثال، عندما ترتفع درجة حرارة 10.0 kg من الماء من 80 K إلى 85 K، فإن $Q = (10.0\text{ kg})(4180\text{ J/(kg·K)})(85\text{ K} - 80\text{ K}) = 2.1\times10^5\text{ J}$.

تذكر أن التدريج الواحد في مقياس كلفن يعادل تدريجًا واحدًا في المقياس السيليزي. ولهذا السبب، يمكنك حساب ΔT على مقياس كلفن والمقياس السيليزي.

مثال 1

انتقال الحرارة يتم تسخين مقلاة من حديد الزهر كتلتها 5.10 kg على الموقد من 295 K إلى 373 K. كم مقدار الطاقة الحرارية التي يجب نقلها إلى الحديد؟



1 تحليل المسألة

ارسم مخططًا للطاقة الحرارية المنقولة إلى المقلاة من سطح الموقد.

المجهول	المعلوم	
Q = ?	C = 450 J/(kg·K)	m = 5.10 kg
	T_f = 373 K	T_i = 295 K

2 إيجاد القيمة المجهولة

عوض ◄ $m = 5.10\text{ kg}$, $C = 450\text{ J/(kg·K)}$, $T_f = 373\text{ K}$, $T_i = 295\text{ K}$.

$$\begin{aligned} Q &= mC(T_f - T_i) \\ &= (5.10\text{ kg})(450\text{ J/(kg·K)})(373\text{ K} - 295\text{ K}) \\ &= 1.8\times10^5\text{ J} \end{aligned}$$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس تغاس الطاقة الحرارية المنتقلة بوحدة الجول.
- **هل الإشارة منطقية؟** ترتفع درجة الحرارة ولذا فإن Q تكون موجبة.

تطبيق

1. عندما تفتح الماء الساخن لغسل الأطباق، ترتفع درجة حرارة أنابيب المياه. كم مقدار الطاقة الحرارية التي يكتسبها أنبوب ماء نحاسي كتلته 2.3 kg عندما ترتفع درجة حرارته من 20.0°C إلى 80.0°C؟
2. تقدر شركة الكهرباء ثمن استهلاك الطاقة الكهربائية بوحدة الكيلو واط.ساعة، حيث إن $1\text{ kWh} = 3.6\times10^6\text{ J}$. افترض أن تكلفة الكيلو واط.ساعة هي 0.30 AED. كم تكلفة عملية تسخين 75 kg من الماء من 15°C إلى 43°C لتملأ حوض الاستحمام؟
3. **تحدي** يحتوي نظام التبريد لمحرك سيارة على 20.0 L من الماء (تبلغ كتلة 1 L من الماء 1 kg).
   a. ما التغير الذي يحدث لدرجة حرارة الماء إذا اكتسب 836.0 kJ من الطاقة الحرارية؟
   b. افترض أن نظام التبريد في سيارة مملوء بالميثانول. كثافة الميثانول 0.80 g/cm^3. ما الزيادة التي كانت ستحدث في درجة حرارة الميثانول إذا امتص 836.0 kJ من الطاقة الحرارية؟
   c. أي السائلين أفضل للاستخدام في نظام التبريد الماء أم الميثانول؟ فسِّر إجابتك.

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

قياس الحرارة النوعية

الكالوريميتر (المسعر). مثل الجهاز البسيط الموضح في **الشكل 10**، هو جهاز لقياس التغيرات في الطاقة الحرارية. يتم عزل الكالوريميتر بعناية لتقليل انتقال الحرارة من داخل الجهاز إلى المحيط الخارجي إلى أقل قدر ممكن. يتم وضع كتلة محددة من المادة التي تم تسخينها لدرجة حرارة عالية (T_A) في الكالوريميتر. يحتوي الكالوريميتر على كتلة معلومة من الماء البارد تحت درجة حرارة معلومة أيضًا (T_B). تنتقل الطاقة الحرارية من المادة الساخنة إلى الماء البارد إلى أن يصلا إلى اتزان حراري وتصبح لهما نفس درجة الحرارة (T_f). من خلال قياس درجات الحرارة الثلاثة، يمكن حساب الحرارة النوعية للمادة المجهولة.

حفظ الطاقة يعتمد مبدأ عمل الكالوريميتر على مبدأ حفظ الطاقة في نظام مغلق ومعزول يتكون من الماء والمادة التي يراد تعيين حرارتها النوعية. لا يمكن للطاقة الحرارية أن تنتقل من وإلى النظام، ولكن يمكنها أن تنتقل من أحد أجزاء النظام إلى آخر. ولذلك، إذا تغيرت الطاقة الحرارية للمادة المختبرة بمقدار (ΔE_A) فإن التغير في الطاقة الحرارية للماء (ΔE_B) وتكون العلاقة بينهما $\Delta E_A + \Delta E_B = 0$. يمكن إعادة ترتيب ذلك لتكوين المعادلة التالية:

$$\Delta E_A = -\Delta E_B$$

التغير في الطاقة الحرارية للماء البارد موجب، بينما التغير في الطاقة الحرارية للمادة المختبرة الساخنة سالب. يشير التغير الموجب في الطاقة إلى ارتفاع في درجة الحرارة، بينما يشير التغير السالب في الطاقة إلى انخفاض في درجة الحرارة.

لا يتم بذل شغل في نظام الطاقة المعزول والمغلق ولذلك فإن التغير في الطاقة الحرارية لكل ما يمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

$$\Delta E = Q = mC\Delta T = mC(T_f - T_i)$$

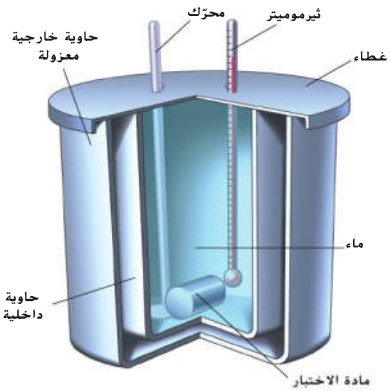
بالتعويض في المعادلة $\Delta E_A = -\Delta E_B$ ينتج:

$$m_A C_A (T_f - T_A) = -m_B C_B (T_f - T_B)$$

درجات الحرارة النهائية للمادتين متساوية لأنهما في حالة اتزان حراري. لإيجاد القيمة المجهولة للحرارة النوعية (C_A) تستخدم المعادلة:

$$C_A = \frac{-m_B C_B \Delta T_B}{m_A \Delta T_A}$$

الكالوريميتر (المسعر)



الشكل 10 في جهاز كالوريميتر بسيط، يتم وضع مادة الاختبار الساخنة ومقدار معروف من الماء البارد في نظام معزول ومن ثم الوصول إلى الاتزان الحراري. الكالوريميتر المثالي معزول تمامًا ولا ينقل الطاقة الحرارية إلى أو من الوسط المحيط به. تُستخدم أنواع أخرى من الكالوريميتر لقياس التفاعلات الكيميائية والطاقة والمحتوى الحراري لبعض الأطعمة المختلفة.

مختبر الفيزياء

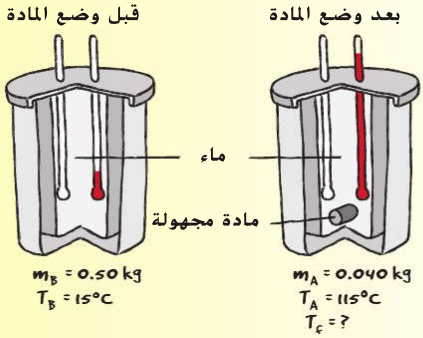
كم عدد السعرات الحرارية الموجودة؟
كيف يمكن استخدام الكالوريميتر لتحديد انتقالات الطاقة؟

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 2

انتقال الحرارة في الكالوريميتر يحتوي كالوريميتر على 0.50 kg من الماء عند درجة حرارة 15°C. يتم وضع كتلة مقدارها 0.10 kg لمادة غير معلومة عند درجة 62°C في الماء. درجة الحرارة النهائية للنظام هي 16°C. ما هي المادة؟



1 تحليل المسألة

- اجعل العينة A هي المجهول والعينة B هي الماء.
- ارسم مخططًا لانتقال الطاقة الحرارية من العينة المجهولة الساخنة إلى الماء البارد.

المعلوم	والمجهول
$m_A = 0.10$ kg	$C_A = ?$
$T_A = 62°C$	
$m_B = 0.50$ kg	
$C_B = 4180$ J/(kg·K)	
$T_B = 15°C$	
$T_f = 16°C$	

2 إيجاد القيمة المجهولة

حدّد درجة الحرارة النهائية باستخدام المعادلة التالية. انتبه إلى إشارات السالب.

$$C_A = \frac{-m_B C_B \Delta T_B}{m_A \Delta T_A}$$

عوّض ◄ $m_A = 0.10$ kg, $T_A = 62°C$, $m_B = 0.50$ kg, $C_B = 4180$ J/(kg·K), $T_B = 15°C$, $T_f = 16°C$.

$$= \frac{-(0.50\text{ kg})(4180\text{ J/(kg·K)})(16°C - 15°C)}{(0.10\text{ kg})(16°C - 62°C)}$$

$$= 450\text{ J/(kg·K)}$$

حسب **الجدول 1** الحرارة النوعية للمادة المجهولة تساوي الحرارة النوعية للحديد.

3 تقييم الإجابة

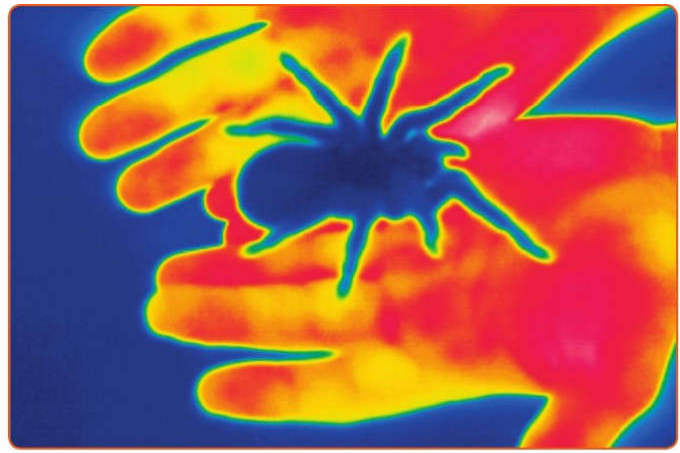
- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس الحرارة النوعية بوحدة J/(kg·K).
- **هل الإجابة واقعية؟** الإجابة واقعية مثل معظم الفلزات المدرجة في **الجدول 1**.

almanahj.com/ae

تطبيق

4. توضع قطعة ألمنيوم كتلتها 1.00×10^2 g A درجة حرارتها 100.0°C في 1.00×10^2 g من الماء تحت درجة حرارة 10.0°C. تبلغ درجة الحرارة النهائية للخليط 26.0°C. ما هي الحرارة النوعية للألمنيوم؟
5. ثلاثة أثقال فلزية، كتلة كل منها 1.00×10^2 g وعند درجة حرارة 100.0°C، تم وضعها في 1.00×10^2 g من الماء عند درجة حرارة 35.0°C. درجة الحرارة النهائي للخليط 45.0°C. ما الحرارة النوعية للفلز المستخدم في الأثقال.
6. يتم خلط عينة من الماء كتلتها 2.00×10^2 g عند 80.0°C مع 2.00×10^2 g من الماء عند 10.0°C في الكالوريميتر. ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟
7. توضع قطعة من الزجاج كتلتها 1.50×10^2 g درجة حرارتها 70.0°C في وعاءٍ مع 1.00×10^2 g من الماء عند درجة حرارة 16.0°C. ما درجة حرارة المزيج النهائية؟
8. **تحدي** 4.00×10^2 g من الماء درجة حرارتها 15.0°C تم خلطها مع 4.00×10^2 g من الماء درجة حرارتها 85.0°C. بعد وصول النظام إلى الاتزان الحراري. يتم إضافة 4.00×10^2 g من الميثانول درجة حرارتها 15°C. افترض عدم فقدان طاقة حرارية إلى البيئة المحيطة. ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 11 تعتمد الحيوانات ذات الدم البارد على مصادر خارجية للطاقة الحرارية للحفاظ على درجة حرارة أجسامها. على النقيض من الحيوانات ذات الدم الحار، فهي تحافظ على درجة حرارة أجسامها داخليًا. في هذه الصورة الحرارية، درجة حرارة العنكبوت هي نفسها درجة حرارة الهواء المحيط به، بينما تكون يدا الإنسان أكثر دفئًا من الهواء المحيط به.

الحيوانات والطاقة الحرارية

الربط بعلم الأحياء يمكن تقسيم الحيوانات إلى مجموعتين على حسب كيفية تحكمها في درجة حرارة أجسامها. معظم الحيوانات ذات الدم البارد، مثل العنكبوت في **الشكل 11**. تعتمد درجة حرارة أجسامها على البيئة المحيطة بها. يتحكم الحيوان ذو الدم البارد في انتقال الطاقة الحرارية إلى جسمه عن طريق تصرّفه وسلوكه، كالاختباء تحت صخرة للاحتفاظ ببرودة جسمه أو البقاء تحت ضوء الشمس للاحتفاظ بالدفء.

أمّا الحيوانات الأخرى فهي ذات الدم الحار وتتحكم في درجة حرارتها داخليًا. هذا يعني أن درجة حرارة الحيوانات ذات الدم الحار تظل مستقرة بغض النظر عن درجة حرارة البيئة المحيطة بهم. على سبيل المثال، البشر من ذوات الدم الحار وتشرب درجة حرارة أجسامهم من 36°C إلى 37°C. تضبط درجة حرارة الحيوان ذي الدم الحار، فهو يعتمد على الاستجابات الجسدية التي ينتجها المخ مثل الارتعاش والتعرق وذلك لمواجهة أي ارتفاع أو انخفاض في درجة حرارة الجسم.

almanahj.com/ae

القسم 1 مراجعة

9. **الفكرة الرئيسة** تشعر دائمًا ببرودة أرضية الحمام المغطاة بالبلاط عندما تقف حافي القدمين على الرغم من دفء باقي الحجرة. هل الأرضية أكثر برودة من باقي الحجرة؟
10. **درجة الحرارة** قم بإجراء التحويلات الآتية:
    a. 5°C إلى كلفن
    b. 34 K إلى درجات سيليزية
    c. 212°C إلى كلفن
    d. 316 K إلى درجات سيليزية
11. **الوحدات** هل الوحدات هي نفسها للطاقة الحرارية المنتقلة (Q) والحرارة النوعية (C)؟ فسّر.
12. **أنواع الطاقة** صف الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية لكرة سلة متحركة.
13. **الطاقة الحرارية** هل يمكن أن تكون الطاقة الحرارية لكمية من الماء الساخن مساوية للطاقة الحرارية لكمية من الماء البارد؟ فسّر إجابتك.
14. **التبريد** في وجبة العشاء، تحتفظ البطاطا المطبوخة بحرارتها أكثر من أي طعام آخر. لماذا؟
15. **الحرارة والطعام** يستغرق طبخ البطاطا الكاملة مدة أطول مما تستغرقه عند تقطيعها. لماذا؟
16. **الطبخ** تُصنع الأواني التي تستخدم للطبخ على الموقد من الفلزات مثل النحاس، والحديد، والألمنيوم. لماذا تستخدم مثل هذه الفلزات
17. **الحرارة النوعية** إذا أخرجت ملعقة بلاستيكية من كوب من الكاكاو الساخن ووضعتها في فمك، قد لا تلسع لسانك. ومع ذلك، يمكنك أن تحرق لسانك بسهولة جدًا إذا وضعت مشروب الكاكاو في فمك. لماذا؟
18. **التفكير الناقد** عندما يتم تسخين الماء في إناء على الموقد، قد تتكون غشاوة (ضباب) على سطح الماء قبل أن يبدأ الماء في الحركة والغليان. فما الذي يحدث؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفيزياء في حياتك

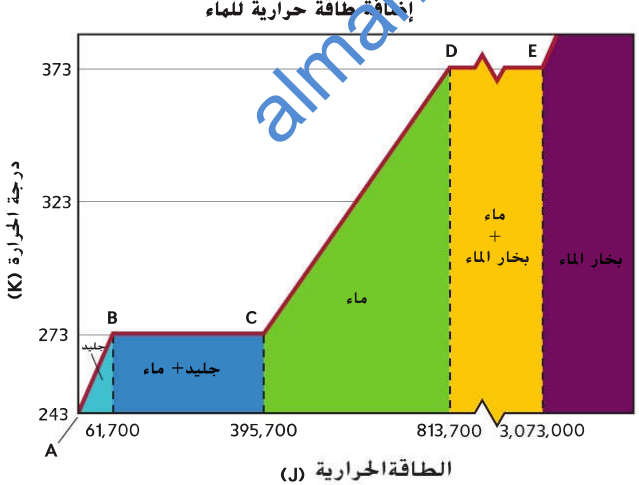
يمكن أن تكون قد سمعت عن الآلات الدائمة الحركة. هذه الآلات يُفترض نظريًا أنه بمجرد تشغيلها ستستمر بالحركة إلى الأبد، و هذا في الواقع لا يمكن أن يحدث ، ولو حدث فإنه سيمثل خرقاً لقوانين الديناميكا الحرارية.

تغيرات الحالة

في المحرك البخاري، تُحوّل الحرارة الماء السائل إلى بخار ماء. يقوم بخار الماء بدفع المكبس لتشغيل المحرك ثم يبرد بخار الماء ويتحول إلى سائل مرة أخرى. عندما يكتسب الماء طاقة حرارية فإن تغيرًا يطرأ على بُنيته بالإضافة إلى التغير في درجة حرارته.

إن أكثر حالات المواد شيوعًا على سطح الأرض هي الصلبة والسائلة والغازية. عند تسخين المادة الصلبة ترتفع درجة حرارتها وباستمرار التسخين تبدأ المادة بالتحول إلى الحالة السائلة. ومع زيادة الارتفاع في درجة الحرارة، تتحول إلى الحالة الغازية. عندما يبرد الغاز يعود إلى الحالة السائلة مرة أخرى. وإذا استمر التبريد سوف يعود السائل إلى الحالة الصلبة. فكيف يمكن تفسير هذه التغيرات؟ تذكر أنه عندما تتغير الطاقة الحرارية للمادة فإن حركة جسيمات المادة تتغير أيضًا وكذلك درجة حرارتها.

الشكل 12 يبين التغير الذي يطرأ على حالة 1.0 kg من الجليد عند درجة حرارة 243 K أثناء اكتسابها طاقة حرارية عن طريق التسخين حتى تصل درجة حرارتها إلى 473 K (بخار ماء). بين النقطتين A و B ترتفع حرارة الجليد وصولاً إلى 273 K. عند هذه الدرجة تعطي الطاقة الحرارية المضافة طاقة كافية لجسيمات المادة تمكنها من التغلب جزئيًا على الروابط التي تربطها ببعضها. تظل الجسيمات مرتبطة ببعضها و لكنها تكتسب مزيدًا من الحرية للحركة إلى أن تمتلك القدر الكافي من الحرية التي تصبح قادرة على الابتعاد عن بعضها البعض.



الشكل 12 يمكن أن ترفع الطاقة الحرارية المُضافة إلى مادة من درجة حرارتها أو تغير حالتها. لاحظ أن المقياس قد اختلف بين النقطتين D و E.

الفكرة الرئيسة

عند انتقال الطاقة الحرارية، تبقى الطاقة محفوظة وتزداد الإنتروبي (الفوضى)

الأسئلة الرئيسة

- كيف ترتبط حرارة الانصهار وحرارة التبخير بتغيرات الحالة؟
- ما القانون الأول للديناميكا الحرارية؟
- كيف تبرهن المحركات ومضخات الحرارة والثلاجات القانون الأول للديناميكا الحرارية؟
- ما القانون الثاني للديناميكا الحرارية؟

مراجعة المفردات

جول (J) وحدة قياس الشغل والطاقة. 1 J هو مقدار الشغل المبذول عندما تؤثر قوة مقدارها 1 N في جسم لتحريكه مسافة 1 m

المفردات الجديدة

- حرارة الانصهار heat of fusion
- حرارة التبخير heat of vaporization
- القانون الأول للديناميكا الحرارية first law of thermodynamics
- المحرك الحراري heat engine
- القانون الثاني للديناميكا الحرارية second law of thermodynamics
- الإنتروبي entropy

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 13 تنتقل الطاقة الحرارية من الهواء الأكثر دفئًا إلى الرجل الجليدي مما يجعله ينصهر.

درجة الانصهار عند هذه الدرجة، يتحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، تمامًا كما يحدث للرجل الجليدي في **الشكل 13**.درجة الحرارة التي يحدث عندها الانصهار هي درجة انصهار المادة. عندما تنصهر المادة فإن الطاقة الحرارية المُضافة تسمح لجسيمات المادة بالانتقال والدوران والاهتزاز بطرائق لم تكن متاحة لها في الحالة الصلبة. فكل نوع من أنواع الحركة تلك يمكن أن يضيف نمطًا جديدًا من الطاقة الحركية أو الطاقة الكامنة. فهذه الطاقة الحرارية المُضافة لا تُغير درجة حرارة المادة. يمكن ملاحظة ذلك بين النقطتين B و C في **الشكل 12**.حيث تتسبب الطاقة الحرارية في انصهار الجليد بأكمله عند درجة حرارة ثابته 273 K.

درجة الغليان بمجرد أن ينصهر الجليد بالكامل وباستمرار اكتساب الجزيئات المزيد من الطاقة الحرارية فتزداد طاقة حركة الجزيئات بشكل أكبر و ترتفع درجة حرارتها بين النقطتين C و D كما هو موضح في **الشكل 12**. فعندما ترتفع درجة الحرارة تكتسب بعض جُسيمات السائل طاقة كافيه تمكنها من أن تتحرر من ارتباطها بباقي الجسيمات.

وعند درجة حرارة معينة تُعرف بدرجة الغليان، فإن إضافة المزيد من الطاقة إلى المادة، يجعلها تتحول إلى حالة أخرى. تُستغل جميع الطاقة الحرارية لتحويل المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. وعلى غرار الانصهار، لا ترتفع درجة الحرارة عند الغليان، كما هو موضح بين النقطتين D و E في **الشكل 12**. وبعد أن يتحول الماء جميعه إلى الحالة الغازية فإن أي طاقة حرارية أخرى تعمل على زيادة حركة الجزيئات مما يتسبب في زيادة درجة الحرارة. بعد النقطة E. يسخن بخار الماء إلى درجات حرارة أعلى من 373 K.

حرارة الانصهار وحرارة التبخير كمية الطاقة الحرارية المطلوبة لصهر 1 kg من المادة تسمى **حرارة الانصهار** (H_f). تبلغ حرارة الانصهار بالنسبة للجليد 3.34×10^5 J/kg. فإذا اكتسبت كتلة من الجليد مقدارها 1 kg عند درجة 273 K، طاقة حرارية مقدارها 3.34×10^5 J. فإنها تتحول إلى 1 kg من الماء عند درجة الحرارة نفسها التي تبلغ 273 K. لذا فإن الطاقة المضافة تؤدي إلى تغيير الحالة وليس درجة الحرارة.

الطاقة الحرارية اللازمة لتبخير 1 kg من السائل تسمى **حرارة التبخير** (Hv). تبلغ حرارة التبخير للماء 2.26×10^6 J/kg. كل مادة لها حرارة الانصهار وحرارة التبخير الخاصة بها. قيم حرارة الانصهار (H_f) وحرارة التبخير (Hv) لبعض المواد موضحة في **جدول 2**.

الجدول 2 حرارة الانصهار وحرارة التبخير للمواد الشائعة

المواد	حرارة الانصهار (H_f) (J/kg)	حرارة التبخير (Hv) (J/kg)
النحاس	2.05×10^5	5.07×10^6
الزئبق	1.15×10^4	2.72×10^5
الذهب	6.30×10^4	1.64×10^6
الميثانول	1.09×10^5	8.78×10^5
الحديد	2.66×10^5	6.29×10^6
الفضة	1.04×10^5	2.36×10^6
الرصاص	2.04×10^4	8.64×10^5
الماء (الجليد)	3.34×10^5	2.26×10^6

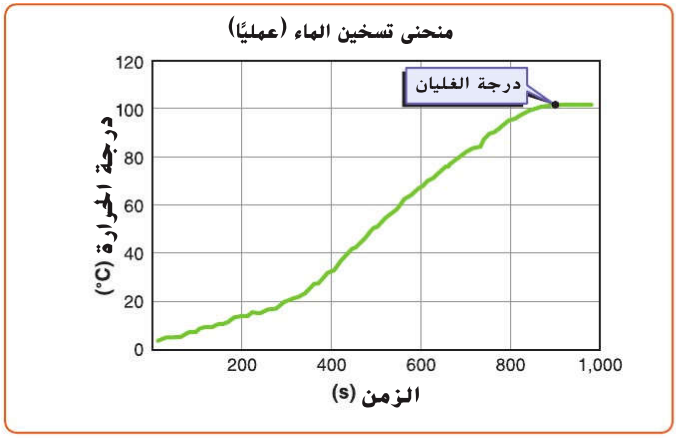
تجربة مُصغّرة

الانصهار

كيف يؤثر التسخين على حالة الماء ودرجة حرارته؟

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 14 إحدى طرق قياس امتصاص الطاقة لأي مادة هي تزويدها بالطاقة الحرارية بمعدل ثابت باستخدام مصدر حراري ثم قياس التغير الحادث في درجة الحرارة بمرور الزمن يُطلق على الرسم البياني لدرجة الحرارة مقابل الزمن اسم منحنى التسخين. بالنسبة هذا الشكل يبين منحنى التسخين لكمية من الماء البارد وضعت داخل كأس ثم وضعت على موقد ساخن

فسِّر لماذا يجب أن يتم تزويد الماء بالطاقة الحرارية بمعدل ثابت لكي يمكننا حساب الحرارة النوعية للماء من خلال هذا الرسم البياني.

الطاقة وتغير الحالة: في **الشكل 14** ميل الخط البياني بين النقطتين 300 s و 800 s ثابت تقريبًا. وبما أنه يتم تزويد الماء بالطاقة الحرارية بمعدل ثابت فإن ميل الخط يتناسب مع مقلوب الحرارة النوعية للماء. الميل بين النقطتين A و B في **الشكل 12** يتناسب طرديًا مع مقلوب الحرارة النوعية للجليد أما ميل الخط أعلى النقطة E فهو يتناسب مع مقلوب الحرارة النوعية لبخار الماء. فالميل بالنسبة للماء أقل منه بالنسبة لكل من الجليد وبخار الماء. وذلك لأن الحرارة النوعية للماء أكبر منها للجليد أو بخار الماء. كمية الحرارة (Q) اللازمة لانصهار كتلة صلبة (m) يمكن حسابها من خلال المعادلة التالية.

الحرارة اللازمة لانصهار كتلة صلبة

الحرارة اللازمة لانصهار مادة صلبة تساوي كتلة المادة مضروبة في حرارة انصهار المادة.

$$Q = mH_f$$

وكذلك، فإن كمية الحرارة (Q) اللازمة لتبخير كتلة من السائل (m) يمكن حسابها من خلال المعادلة التالية.

الحرارة اللازمة لتبخير مادة سائلة

الحرارة اللازمة لتبخير مادة سائلة تساوي كتلة السائل مضروبة في حرارة تبخير هذا السائل.

$$Q = mH_v$$

عندما يتجمد سائل ما، فلا بد أن يفقد كمية من الحرارة تساوي ($Q = -mH_f$) لكي يتحول إلى صلب. الإشارة السالبة، تدل على أن الطاقة الحرارية قد انتقلت من المادة إلى المحيط الخارجي. وبنفس الطريقة، عندما يتكثف البخار إلى سائل فلا بد أن يفقد كمية من الحرارة تساوي ($Q = -mHv$) .

يكتسب الجليد كميات كبيرة من الطاقة الحرارية عندما ينصهر ويكتسب الماء كميات كبيرة من الطاقة الحرارية كي يتبخر. ولذلك استخدامات كثيرة في حياتك اليومية. فكل جرام عرق يتبخر من جلدك يكتسب من جسمك حوالي 2.3 kJ من الطاقة الحرارية. وهذه هي إحدى عمليات التبريد التي تستخدمها العديد من الحيوانات ذات الدم البارد لتعديل درجة حرارة أجسامها. وبالمثل، فإن عملية انصهار مكعب من الجليد كتلته 24 g تمتص طاقة حرارية مقدارها، 8 kJ، كافية لخفض درجة حرارة كوب ماء بمقدار 30°C تقريبًا.

مختبر الفيزياء

حرارة الانصهار

كيف يمكنك قياس حرارة انصهار الجليد؟

almanahj.com/ae

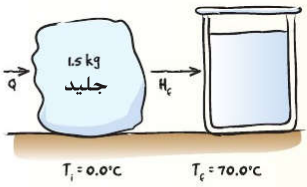
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 3

الحرارة افترض أنك تخيم في الجبال. لديك 1.5 kg من الجليد في درجة حرارة 0.0°C تود تسخينه حتى يصل إلى درجة 70.0°C لكي تتمكن من عمل كوب من الكاكاو الساخن. فما مقدار الطاقة الحرارية التي تحتاجها؟

1 تحليل المسألة.

- ارسم مخططًا يبين انتقال الحرارة من الجليد لكي يتحول إلى ماء.



معلوم		مجهول
$H_f = 3.34\times10^5$ J/kg	$m = 1.50$ kg	$Q_{\text{انصهار الجليد}} = ?$
$T_f = 70.0°C$	$T_i = 0.0°C$	$Q_{\text{تسخين الماء}} = ?$
$C = 4180$ J/(kg·K)		$Q_{\text{الكلية}} = ?$

2 أوجد قيمة المجهول

احسب الحرارة اللازمة لانصهار الجليد.

$$Q_{\text{انصهار الجليد}} = mH_f$$
$$= (1.50\text{ kg})(3.34\times10^5\text{ J/kg})$$
$$= 5.01\times10^5\text{ J} = 5.01\times10^2\text{ kJ}$$

► عوض $m = 1.50$ kg, $H_f = 3.34\times10^5$ J/kg.

احسب التغير الحادث في درجة الحرارة.

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$= 70.0°C - 0.0°C = 70.0°C$$

► عوض $T_f = 70.0°C$, $T_i = 0.0°C$.

احسب الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الماء.

$$Q_{\text{تسخين الماء}} = mC\Delta T$$
$$= (1.50\text{ kg})(4180\text{ J/(kg·K)})(70.0°C)$$
$$= 4.39\times10^5\text{ J} = 4.39\times10^2\text{ kJ}$$

► عوض $m = 1.50$ kg, $C = 4180$ J/(kg·K), $\Delta T = 70.0°C$.

احسب كمية الحرارة اللازمة.

$$Q_{\text{الكلية}} = Q_{\text{انصهار الجليد}} + Q_{\text{تسخين الماء}}$$
$$= 5.01\times10^2\text{ kJ} + 4.39\times10^2\text{ kJ}$$
$$= 9.40\times10^2\text{ kJ}$$

► عوض $Q_{\text{انصهار الجليد}} = 5.01\times10^2$ kJ, $Q_{\text{تسخين الماء}} = 4.39\times10^2$ kJ.

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** يتم حساب وحدات الطاقة بالجول.
- **هل الإشارة منطقية؟** Q تكون موجبة عندما يتم اكتساب الطاقة الحرارية.
- **هل هذه القيمة واقعية؟** عليك بإجراء تقييم سريع للتحقق من هذه القيمة:

$$Q = (1.5\text{ kg})(300{,}000\text{ J/kg}) + (1.5\text{ kg})(4000\text{ J/(kg·K)})(70\text{ K}) = 9\times10^2\text{ kJ}.$$

almanahj.com/ae

تطبيق

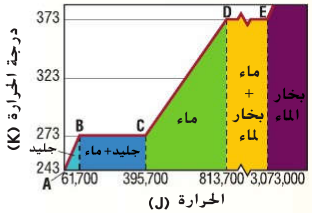
19. ما كمية الطاقة التي يمكن امتصاصها من خلال 1.00×10^2 g من الجليد في $-20.0°C$ لتتحول إلى ماء عند درجة حرارة 0.0°C؟

20. عينة قدرها 2.00×10^2 g من الماء في درجة حرارة 60°C يتم تسخينها حتى تتبخر عند درجة حرارة 140°C فما مقدار الطاقة الحراريةالتي يتم اكتسابها؟

21. استخدم الرسم البياني في **الشكل 15** لحساب حرارة انصهار الجليد وحرارة تبخير الماء بالجول لكل كيلو جرام.

22. يرغب مشغل مصنع للصلب أن يحول 100 kg من الحديد في درجة حرارة 25°C إلى حديد منصهر (درجة انصهار الحديد = 1538°C). فما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة؟

23. مسألة تحفيزية ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 3.00×10^2 g من الجليد عند درجة حرارة $-30.0°C$ إلى بخار ماء عند درجة حرارة 130.0°C؟



الشكل 15

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القانون الأول للديناميكا الحرارية

تم بناء أول محرك بخاري في القرن الثامن عشر وقد استُخدم لتشغيل المصانع والقطارات. المحرك البخاري كالذي يظهر في **الشكل 16** يحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية. ساهم اختراع المحرك البخاري بشكل كبير في الثورة الصناعية وفي دراسة العلاقة بين الحرارة والشغل. دراسة كيفية تحول الطاقة الحرارية إلى أشكال أخرى مختلفة من الطاقة تسمى الديناميكا الحرارية.

لم يستطع العلماء حتى عام 1900 إدراك أن مفاهيم الديناميكا الحرارية مرتبطة بحركة جسيمات المادة واعتبروا أن الديناميكا الحرارية موضوعًا منفصلاً ولا علاقة له بالميكانيكا. أما الآن فيقوم المهندسون بتطبيق مفاهيم الديناميكا الحرارية لإنتاج أجيال عالية الأداء من الثلاجات ومحركات السيارات والطائرات وغيرها من الآلات الأخرى.

القانون الأول للديناميكا الحرارية عبارة عن تعريف ماهية الطاقة الحرارية وأين يمكن أن تنتقل. وكما تعلم، يمكن رفع درجة حرارة كوب من الماء البارد عن طريق وضعه على سخان وتحريك الماء. وهذا يعني أنه يمكنك زيادة الطاقة الحرارية للماء عن طريق تسخينها أو بذل شغل عليها. إذا اعتبرنا أن النظام هو الماء، فإن الشغل الذي يبذله النظام عليك يعادل الشغل السالب الذي تبذله على النظام.

ينص **القانون الأول للديناميكا الحرارية** على أن التغير في الطاقة الحرارية (ΔU) لجسم ما يساوي الطاقة الحرارية التي يكتسبها الجسم (Q) مطروحًا منها الشغل (W) الذي يبذله الجسم. لاحظ أن Q و ΔU و W تقاس جميعها بالجول الذي هو وحدة قياس الطاقة.

القانون الأول للديناميكا الحرارية
التغير في الطاقة الحرارية لجسم ما يساوي الطاقة الحرارية التي يكتسبها الجسم مطروحًا منها الشغل الذي يبذله الجسم.

$$\Delta u = q - w$$

القانون الأول للديناميكا الحرارية هو مجرد إعادة صياغة لقانون حفظ الطاقة والذي ينص على أن الطاقة لا تستحدث من العدم ولا تفنى ولكن تتحول إلى أشكال أخرى.

ومثال آخر لتغيير كمية الطاقة الحرارية في نظام ما، هو المضخة اليدوية (المنفاخ) التي تستخدم في نفخ إطار الدراجة. فعند قيام الشخص بالضغط، ترتفع درجة حرارة الهواء والمضخة اليدوية. الطاقة الميكانيكية في المكبس المتحرك تتحول إلى طاقة حرارية يكتسبها الغاز. وبالمثل، يمكن أن تتحول أشكال الطاقة الأخرى مثل الضوء والصوت والطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. على سبيل المثال: محمصة الخبز تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية عند تحميص الخبز. يمكنك أن تفكر في بعض أمثلة الطاقة الأخرى في حياتك اليومية.

الشكل 16 تقوم محركات البخار بتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية مفيدة.

تجربة مُصغّرة

تحويل الطاقة
كيف يرتبط الشغل بالطاقة الحرارية؟

تطبيق

24. يكتسب بالون الغاز 75 J من الطاقة الحرارية. يتمدد البالون ولكن تظل درجة الحرارة كما هي. ما مقدار الشغل الذي يبذله البالون عند التمدد؟

25. يعمل المثقاب ثقبًا صغيرًا في كتلة من الألمنيوم مقدارها 0.40 kg. ويُسخّن الألمنيوم بمقدار 5.0°C. فما مقدار الشغل المبذول من المثقاب لعمل هذا الثقب؟

26. كم مرة يجب أن تقوم فيها بإسقاط حقيبة من الرصاص كتلتها 0.50 kg من ارتفاع 1.5 m لتسخين الرصاص بمقدار 1.0°C؟

27. عندما تحرك كوبًا من الشاي فإنك تبذل شغلا مقداره 0.050 J في كل مرة تحرك فيها المعلقة حركة دائرية في الكوب. كم مرة يجب أن تُحرك فيها الملعقة لتسخين كوب من الشاي كتلته 0.15 kg بمقدار 2.0°C؟

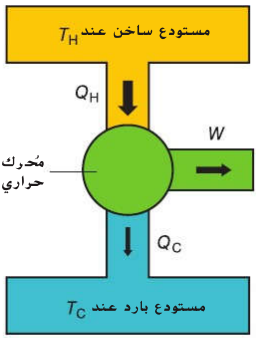
28. مسألة تحفيزية يتم بذل شغل على 100 g من الماء. النظام معزول، ويستخدم جميع الشغل المبذول لتحويل الماء عند درجة حرارة 90°C إلى بخار ماء عند درجة 110°C. فما مقدار الشغل المبذول على الماء؟

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

المحركات الحرارية عندما تقوم بفرك يديك مع بعضها البعض، فإنك تحول الطاقة الحركية إلى طاقة حرارية. تحويل الطاقة بهذا الشكل هو أمر سهل، ولكن تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية، ليس بهذه السهولة. **المحرك الحراري** هو جهاز يستطيع تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية على نحو مستمر. ويتطلب المحرك الحراري مصدرًا ذو درجة حرارة عالية (مستودع ساخن) ووعاء ذي درجة حرارة منخفضة (مستودع بارد) يمتص الحرارة يسمى الحوض (المصرف) وطريقة لتحويل الطاقة الحرارية إلى شغل. **الشكل 17** يوضح أن بعضًا من هذه الطاقة الحرارية الصادرة من المصدر تستخدم في بذل شغل والبعض الآخر ينتقل إلى الحوض.

رسم تخطيطي لمحرك حراري



$$Q_H = W + Q_C$$

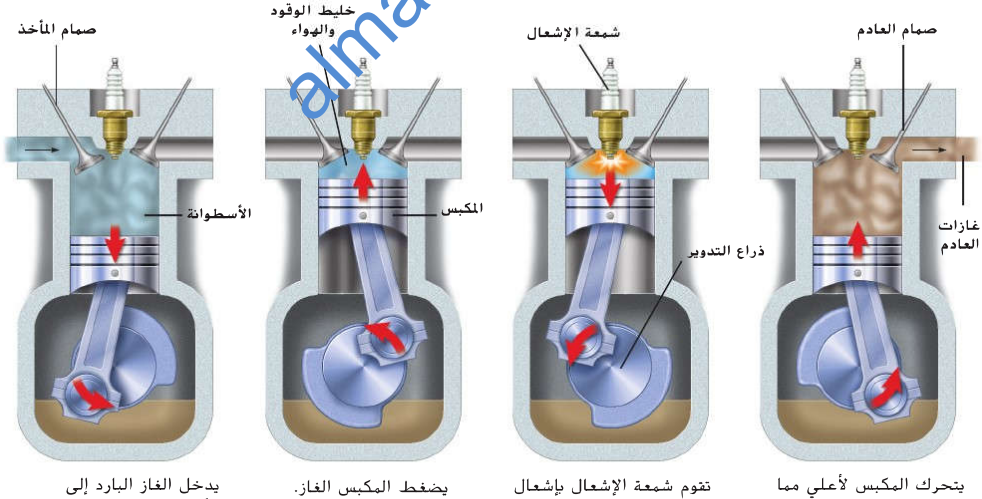
الشكل 17 تحوّل المحركات الحرارية الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية وحرارة مهدرة (عادم). يوضح هذا المخطط عمليات انتقال الطاقة وتحولاتها.

محركات الاحتراق الداخلي هو أحد الأمثلة على المحركات الحرارية، محرك الاحتراق الداخلي للسيارة يُمثله **الشكل 18**. في هذا النوع من المحركات، تنتقل كمية من الطاقة الحرارية (Q_H) من شعلة ذات درجة حرارة عالية إلى خليط من الهواء وبخار الماء في الأسطوانة. يتمدد الهواء الساخن ويضغط على المكبس، وبهذا تتحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية. ثم يتم طرد الهواء الساخن. فيعود المكبس إلى أعلى الأسطوانة. تكرر محركات السيارة هذه الدورة مرات عديدة في الدقيقة الواحدة. تتحول الطاقة الحرارية من الشعلة إلى طاقة ميكانيكية تعمل على دفع السيارة.

الطاقة الحرارية المُهدرة (الضائعة). لا تتحول جميع الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية. فعند دوران المحرك تصطدم الغازات وأجزاء المحرك ساخنة. ينطلق العادم من السيارة ويختلط مع الهواء الخارجي وترفع من حرارته. بالإضافة إلى ذلك، تنتقل الطاقة الحرارية من المحرك إلى مبرد السيارة (الراديتور). يمر الهواء الخارجي خلال المبرد فترتفع درجة حرارته. كل هذه الطاقة (Q_C) التي تُنقل إلى خارج محرك السيارة تسمي الحرارة المُهدرة. عندما يستمر المحرك بالعمل، فإن الطاقة الداخلية للمحرك لا تتغير. بمعنى أن، $\Delta U = 0 = Q - W$. والطاقة الحرارية الكلية التي يكتسبها المحرك هي $Q = Q_H - Q_C$. لذا فإن الشغل الذي يقوم به المحرك يساوي $W = Q_H - Q_C$. في جميع المحركات الحرارية يتم إهدار بعض الطاقة الحرارية، ولذا لا يمكن لأي محرك تحويل جميع الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية يمكن الاستفادة منها..

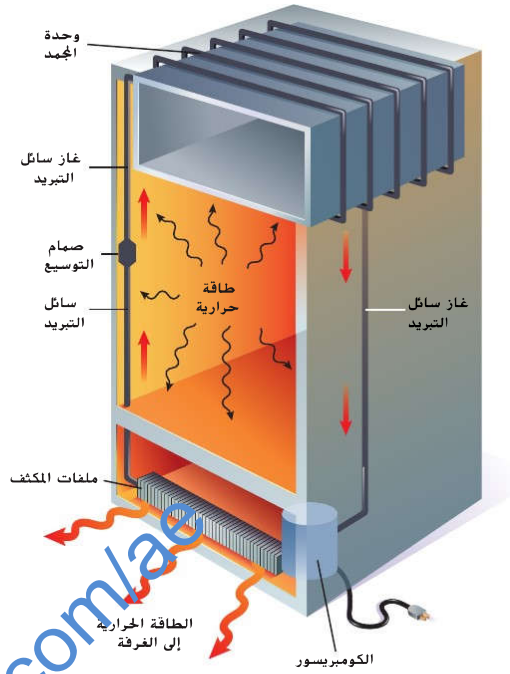
الشكل 18 محركات الاحتراق الداخلي هي نوع من المحركات الحرارية. وهي تستخدم في السيارات.

محرك الاحتراق الداخلي



almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



شكل 19 يتم ضخ السائل المبرد في صمام التوسيع حيث يمتص الطاقة من الأجزاء المحيطة ويتحول إلى غاز. يسخن الغاز تدريجيًا ويمتص الطاقة الحرارية من داخل الثلاجة. يبذل ضاغط الغاز شغلًا على الغاز لتبريده وتحويله إلى سائل وتبدأ الدورة مرة أخرى.

الكفاءة يناقش المهندسون ومندوبو مبيعات السيارات كفاءة استهلاك الوقود في محركات السيارات. وهم يشيرون إلى كمية الطاقة الحرارية الداخلة (Q_H) التي تتحول إلى شغل يمكن الاستفادة منه (W). الكفاءة الفعلية للمحرك يمكن إيجادها بحساب النسبة W/Q_H. إذا أمكن تحويل الطاقة الحرارية بالكامل إلى شغل مفيد فإن كفاءة المحرك تصبح 100 بالمئة. وبسبب وجود حرارة مهدرة دائمًا (Q_C)، فإن أكثر المحركات كفاءة لن تصل إلى نسبة 100 بالمئة.

التأكد من فهم النص **توقع** هل تقوم المحركات ذات الكفاءة العالية بحرق وقود أكثر أم أقل من المحركات الأقل كفاءة لبذل نفس القدر من الشغل؟

في واقع الأمر، كفاءة معظم المحركات الحرارية تقل كثيرًا عن 100 بالمئة. فعلى سبيل المثال، كفاءة أفضل محركات السيارات التي تعمل بالجازولين أقل من 40 بالمئة. أما محرك السيارة العادي فكفاءته أقرب إلى 20 بالمئة.

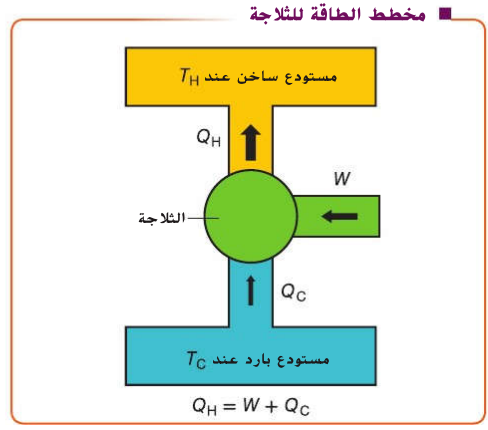
تنتقل كمية لا بأس بها من الطاقة الحرارية من محرك السيارة الساخن إلى الوسط المحيط الأقل في درجة الحرارة. فهل يوجد جهاز يستطيع نقل الطاقة الحرارية من وسط بارد إلى وسط أعلى في درجة الحرارة؟

الثلاجات تنتقل الطاقة الحرارية من جسم دافئ إلى جسم بارد بشكل تلقائي. ويمكن أيضًا أن تنتقل الطاقة الحرارية من جسم بارد ونضيفها إلى جسم دافئ إذا تم بذل شغل. فالثلاجة كتلك التي تظهر في **الشكل 19** هي مثال شائع على الأجهزة التي تقوم بمثل هذا العمل. الطاقة الكهربائية تشغل المحرك الذي بدوره يبذل شغلًا على الغاز ويضغطه.

يقوم الغاز باكتساب الطاقة الحرارية من داخل الثلاجة ويمر من ضاغط الغاز عبر ملفات المكثف وصولًا إلى خارج الثلاجة وقد تحول ليتحول إلى سائل. وتنتقل الطاقة الحرارية إلى الغرفة. السائل يكتسب الطاقة الحرارية من المنطقة المحيطة به فيتبخر مرة أخرى ويعود الغاز إلى ضاغط الغاز مرة أخرى وتتكرر العملية. يساوي إجمالي التغير الحادث في الطاقة الحرارية للغاز صفرًا. وهكذا، ووفقًا للقانون الأول للديناميكا الحرارية فإن مجموع الطاقة الحرارية الخارجة من مكونات الثلاجة والشغل الذي بذله المحرك يساوي الطاقة الحرارية الخارجة. انتقال الطاقة والتحولات موضحة في **الشكل 20**.

المضخات الحرارية المضخة الحرارية هي جهاز تبريد يعمل في اتجاهين. في الصيف تقوم المضخة بالتخلص من الطاقة الحرارية من المنزل وتبرده. في الشتاء تقوم باكتساب الطاقة الحرارية من الهواء الخارجي وتحوله إلى هواء أكثر دفئًا داخل المنزل. في كلتا الحالتين فإن الطاقة الميكانيكية مطلوبة لنقل الطاقة الحرارية من جسم بارد إلى جسم دافئ.

■ **مخطط الطاقة للثلاجة**



الشكل 20 عندما يتم بذل شغل في الثلاجة تنتقل الطاقة الحرارية من المستودع البارد إلى المستودع الساخن.

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

الشكل 21 وفقًا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية فإن الطاقة الحرارية دائمًا ما تنتشر إذا توفرت لها الفرصة. الأسهم الحمراء تمثل تدفق الطاقة الحرارية. تتدفق الطاقة الحرارية بشكل تلقائي من الجسم الأكبر في درجة الحرارة إلى الجسم الأقل في درجة الحرارة.

القانون الثاني للديناميكا الحرارية

العديد من الأحداث اليومية تحدث في اتجاه معين بشكل تلقائي. ومن المؤكد أنك ستصاب بصدمة لو أنها حدثت تلقائيًا في الاتجاه المعاكس. مثلًا، لن تندهش عندما تصبح ملعقة مصنوعة من مادة فلزية ساخنة بأكملها عندما يتم تسخين أحد طرفيها. لكن، انظر إلى رد فعلك، إذا وضعت الملعقة على الطاولة فأصبحت من تلقاء نفسها ساخنة لدرجة الاحمرار عند أحد طرفيها وباردة كالثلج عند الطرف الآخر. هذه العملية العكسية لا تخالف القانون الأول للديناميكا الحرارية ــ حيث إن الطاقة الحرارية للملعقة سوف تظل كما هي. كثير من العمليات التي لا تتعارض مع القانون الأول للديناميكا الحرارية لا تحدث تلقائياً. فهذا الأمر لا يتوقف على قانون حفظ الطاقة فحسب.

انتشار الطاقة تأمل كيف تنصهر المثلجات و تبرد البيتزا في **الشكل 21**. القانون الأول للديناميكا الحرارية لا يُعارض انتقال الطاقة الحرارية من قطعة الثلج الباردة للهواء أو من الهواء إلى قطعة البيتزا الساخنة. لكن يتعارض مع القانون الثاني للديناميكا الحرارية. عندما يوضع جسم ساخن في محيط أبرد منه، تصبح هنالك فرصة لتشتت الطاقة الحرارية للجسم الساخن أو لانتشارها بصورة أكبر. فينتقل بعض من الطاقة الحرارية للجسم البارد، لتدفئته وبالتالي لتبريد الجسم الساخن الأصلي. ينص **القانون الثاني للديناميكا الحرارية** على أن الطاقة الحرارية تنتشر طالما توفرت الفرصة لانتشارها.

فكر في قطعة البيتزا الساخنة. متوسط الطاقة الحركية للجسيمات في البيتزا أكبر من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات الموجودة في الهواء. تتشتت بعض الطاقة الحرارية للبيتزا في الهواء. ونتيجة لذلك، تقل درجة حرارة البيتزا وتزيد درجة حرارة الهواء بنسبة بسيطة. وعندما تكون درجتا حرارة الهواء والبيتزا متساوية يكون متوسط الطاقة الحركية للجسيمات في البيتزا والهواء متساوٍ. بمعنى أن الطاقة تنتشر بين الجسيمات. وكذلك، إذا تركت قطعة مثلجات على الطاولة، فإن الطاقة الحرارية للهواء سوف تنتشر وتنتقل إلى قطعة المثلجات. تسخن قطعة المثلجات وتنصهر بينما تنخفض درجة حرارة الهواء بنسبة بسيطة.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الإنتروبي يُعرف مقياس تشتت الطاقة باسم **الإنتروبي** (S). النظام الذي تتركز فيه الطاقة الحرارية في مكان واحد يعتبر نظامًا منخفض الإنتروبي. أما النظام الذي تنتشر فيه الطاقة الحرارية فيعتبر نظامًا عالي الإنتروبي.

صيغة أخرى للقانون الثاني للديناميكا الحرارية هي أن العمليات الطبيعية تجري دائمًا بحيث يتم المحافظة على الإنتروبي الكلية للكون أو زيادتها. بمعنى أن الطاقة تميل للانتشار ما لم يتم اتخاذ أي إجراء يحد من انتشارها. عندما يصبح النظام في حالة عالية الإنتروبي فمن المستبعد أن يعود إلى حالة قليلة الإنتروبي من تلقاء نفسه. فالأمور التي تحدث بشكل تلقائي مثل إنصهار قطعة المثلجات أو تبريد البيتزا هي حالات يزيد فيه الإنتروبي الخاص بالنظام. أما الحالات التي يقل فيها الإنتروبي لنظام ما، فإنها لا تحدث هكذا بصورة تلقائية ولكنها تحتاج إلى شغل يبذله مؤثر خارجي.

التأكد من فهم النص **اذكر** القانون الثاني للديناميكا الحرارية مستخدمًا مصطلح الإنتروبي.

الإنتروبي والمحركات الحرارية ما هي علاقة الإنتروبي بالمحركات الحرارية؟ إذا حولت المحركات الحرارية الطاقة الحرارية بشكل كامل إلى طاقة ميكانيكية بدون هدر للحرارة، فإنه يمكن الحفاظ على الطاقة، وعليه يمكن تطبيق القانون الأول للديناميكا الحرارية. إلا أنه دائمًا يتم اهدار قدر من الطاقة، إذ تنتشر الطاقة الحرارية بعيدًا عن المحرك. في القرن التاسع عشر، قام المهندس الفرنسي سادي كارنو Sadi Carnot بدراسة قدرة المحركات على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية. وقدم دليلًا منطقيًا على أن المحرك الحراري لا بد أن يهدر قدرًا من الطاقة الحرارية حتى لو كان مثاليًا. وكانت نتائج كارنو واحدة من أولى التحليلات الرسمية التي أدت بعد ذلك لتطوير مفهوم الإنتروبي.

التغيرات في الإنتروبي على غرار الطاقة، فالإنتروبي هي خاصية من خصائص النظام. إذا اكتسب النظام طاقة حرارية، زادت الإنتروبي. أما إذا فقد النظام الطاقة الحرارية، قلت الإنتروبي. وإذا بذل النظام شغلًا على المحيط بدون أي انتقال للطاقة الحرارية، فلا تغير الإنتروبي. بالنسبة لعملية المعكوسة، فإن التغير في الإنتروبي (ΔS) تعبر عنه المعادلة التالية، حيث وحدة الإنتروبي هي J/K وتكون درجة الحرارة ثابتة وتقاس بالكلفن.

التغير في الإنتروبي

في العملية المعكوسة، يكون التغير في الإنتروبي للنظام ما يساوي الطاقة الحرارية المنتقلة من أو إلى النظام مقسومة على درجة حرارة النظام بالكلفن.

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

تحدي

الإنتروبي خاصية مثيرة للاهتمام. احسب التغير الحادث في الإنتروبي في الحالات التالية. فسّر كيف ولماذا تختلف تغيرات الإنتروبي هذه عن بعضها البعض.

1. تسخين 1.0 kg من الماء من درجة حرارة 273 K إلى 274 K.
2. تسخين 1.0 kg من الماء من درجة حرارة 353 K إلى 354 K.
3. تسخين 1.0 kg من الرصاص من درجة حرارة 273 K إلى 274 K.
4. صهر 1.0 kg من الجليد تمامًا عند درجة حرارة 273 K.

amanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الإنتروبي وأزمة الطاقة أضاف القانون الثاني للديناميكا الحرارية وزيادة الإنتروبي معنى جديدًا لما يُعرف باسم أزمة الطاقة. ترتبط أزمة الطاقة بالاستخدام المستمر للمصادر القابلة للنفاذ مثل البترول والغاز الطبيعي. فعندما تستخدم أيًا من هذه الموارد فإنك لا تستخدم جميع الطاقة الموجودة في هذا المورد. فعندما تقود سيارة على سبيل المثال، كتلك التي تظهر في **الشكل 22**، يشتعل الجازولين وتتحول الطاقة الكيميائية التي تحتويها جزيئات الجازولين إلى طاقة حركية تُدير السيارة بالإضافة طاقة حرارية تقوم بتسخين المحرك. وحتى عندما يحّول الاحتكاك الطاقة الحركية للسيارة إلى طاقة حرارية فإن الطاقة لا تفنى ولكن لا يتم الاستفادة منها بالكامل.

على ذلك فإن الإنتروبي تزداد، إذ أن الطاقة الكيميائية للجازولين غير المحترق تنتشر في المحيط عن طريق التحول إلى أشكال أخرى من الطاقة. في حين يمكن بسهولة حساب مجموع الطاقة لكن لا يمكن عمليًا أن يتم تجميعها مرة أخرى. ولهذا السبب تستخدم الإنتروبي كمقياس لعدم توافر الطاقة التي يمكن الاستفادة منها. طاقة الهواء الدافئ الموجود في المنزل لا يمكن الاستفادة منها لبذل شغل ميكانيكي كما لا يمكن أن تنتقل الطاقة الحرارية بالكامل من جسيمات الهواء إلى أجسام أخرى. عدم توفر الطاقة القابلة للاستخدام، يدل في الواقع على زيادة في الإنتروبي.

الشكل 22 احتراق الجازولين يستنفد الموارد الطبيعية ويزيد نسبة الإنتروبي ولكنه لا يستنفد الطاقة. فلم تعد الطاقة في شكلها الذي يمكن الاستفادة منه بعد الآن.

القسم 2 مراجعة

29. **الفكرة الرئيسة** صف انتقال الطاقة وتحولاتها الناتجة عن المحركات الحرارية، وفسّر لماذا يسبب تشغيل المحركات الحرارية زيادة في الإنتروبي.

30. **حرارة التبخير** كانت أجهزة التسخين القديمة تعتمد على دفع البخار داخل أنابيب توضع في كل غرف المنزل. يتكثف بخار الماء ويتحول إلى ماء داخل المبرّد. حلل هذه العملية واشرح كيف تؤدي إلى تدفئة الغرفة.

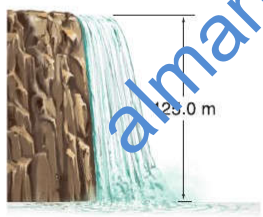
31. **حرارة الانصهار** ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 50.0 g من الجليد عند درجة $-20.0°C$ إلى ماء عند درجة $10.0°C$؟

32. **حرارة التبخير** ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1.0 kg من فلز الزئبق من درجة حرارة $10.0°C$ إلى درجة الغليان ($357°C$) وتبخيرها بالكامل؟ بالنسبة للزئبق $C = 140\ J/kg{\cdot}°C$ و $H_v = 3.06 \times 10^5\ J/kg$.

33. **الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية** رجل يستخدم مطرقة كتلتها 320 kg وتتحرك بسرعة 5.0 m/s لتكسير كتلة من الرصاص كتلتها 3.0 kg على صخرة كتلتها 450 kg. وعندما قام بقياس درجة حرارة كتلة الرصاص وجد أنها زادت بمقدار $5.0°C$. فسّر كيف حدث هذا.

34. **الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية** قام جيمس جول (James Joule) بقياس الفرق في درجة حرارة الماء بين سطح شلال ماء وقاع الشلال بدقة. لماذا توقع أن يجد فرقًا؟

35. **الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية** بالنسبة لشلال الماء في **الشكل 23**، احسب الفرق في درجة الحرارة بين سطح الشلال وقاع الشلال. وافترض أن الطاقة الكامنة للماء تتحول بالكامل إلى طاقة حرارية.



الشكل 23

36. **الإنتروبي** قيم لماذا تسبب تدفئة المنزل بالغاز الطبيعي زيادة في الإنتروبي.

37. **التفكير الناقد** الكثير من الحدائق والمنتزهات الرائعة بها أجهزة تقوم بنثر رذاذ دقيق من الماء، والذي يتبخر بسرعة. فسّر لماذا تعمل هذه العملية على تبريد المنطقة المحيطة.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

"مع اثنين هناك حديث، ومع ثلاثة هناك ضجيج. زحام..."

النماذج الفيزيائية و ديناميكية المشاة

هل سبق وكنت جزءًا من حشود كثيفة للغاية في حفلة أو فعالية رياضية؟ يُمكن للقوى أن تُغير اتجاهك سريعًا وذلك من خلال دفعك. ومن المحتمل أن تكون عاجزًا عن التحرك في أي اتجاه معين. وتتسبب الحشود الخارجة عن السيطرة في موت الآلاف كل عام وذلك بشكل ملاحظ في الملاعب الرياضية وموسم الحج في مكة. ومن الجهود المبذولة لمنع تلك النوعية من الحوادث، يعمل كل من مديري الملاعب الرياضية وموظفي السلامة العامة والمهندسين المعماريين مع علماء الفيزياء لفهم كيفية تحرك الحشود. فهم طريقة تصرف الحشود يُمكن أن يؤدي إلى إجراء تحسينات في تصميم المباني وسلامة الحشود.

الناس بصفتهم جُسيمات لاحظ علماء الفيزياء أن الحشود تتصرف في الغالب على نحو مُشابهة للأنظمة كثيرة الجُسيمات. عند انخفاض كثافة الحشود، يُمكن للمشاة المشي بحرية وتكون حركتهم مشابهة لسلوك الغازات. وفي الحشود المتوسطة والمرتفعة، تُشبه حركتهم حركة السوائل. علاوة على ذلك، تمر الحشود في الفتحات الضيقة بالطريقة ذاتها التي تمر بها المواد الحبيبية مثل الرمال والملح. ويمتلك الأشخاص المتزاحمين بالقرب من المخارج خصائص مماثلة للمواد الحبيبية التي تمر من الفتحات. ومن خلال تطبيق نفس المعادلات المستخدمة لوصف حركة الجسيمات في الغازات المتجانسة، وجد علما الفيزياء أنه باستطاعتهم وصف وتوقع حركة الحشود.

القوى الاجتماعية ادرك علماء الفيزياء، مع ذلك، أن النموذج الواقعي للحشود يتعين أن يشتمل على تفاعلات غير خاضعة لقوانين نيوتن. تتضمن تلك التفاعلات الدوافع الداخلية للأشخاص وتُسمى بالقوى الاجتماعية. وعلى الرغم من أن السلوك الإنساني عادة ما يتسم بالفوضوية وعدم القدرة على توقعه، إلا أنه توجد أعراف وتقاليد سلوكية متبعة. على سبيل المثال، فإن رغبة شخص ما في الحصول على مساحة شخصية معينة تعمل كقوة طاردة. يحاول الأشخاص كذلك التحرك بنفس السرعة ضمن حشود ويميلون إلى تكوين مسارات. ويمكن للقوى الاجتماعية أن تُحسّن بشكل كبير من نموذج المُشاة.

التطبيقات المستقبلية

في الوقت الحالي، يعكف الباحثون في ألمانيا على تطوير مساعدة للإخلاء الذي يستخدم بيانات الحشود الحية. ويمكن لهذا النموذج الخاص بالحشود المعد باستخدام الحاسب الآلي أن يُساعد مديري الملاعب الرياضية في تخطيط مسارات إخلاء آمنة وتتسم بالكفاءة.

المزيد من التعمق >>>

التفكير الناقد ادرس خطة إخلاء مدرستك. قدم أي مقترحات من شأنها تحسين تلك الخطة.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفكرة الرئيسة ترتبط الطاقة الحرارية بحركة جسيمات جسم ما ويُمكن نقلها وتحويلها.

القسم 1 درجة الحرارة، والحرارة، والطاقة الحرارية

المفردات

- التوصيل الحراري thermal conduction
- الاتزان الحراري thermal equilibrium
- الحرارة heat
- الحمل الحراري convection
- الإشعاع radiation
- الحرارة النوعية specific heat

الفكرة الرئيسة انتقال الطاقة الحرارية، يحدث تلقائيًا، من جسم درجة حرارته أعلى إلى جسم درجة حرارته أقل.

- الطاقة الحرارية هي مجموع الطاقات الحركية والكامنة لجسيمات جسم ما. درجة حرارة جسم ما هي مقياس لمتوسط الطاقة الحركية لجسيماته.
- عندما يكون جسمان في حالة اتزان حراري لا يحدث، انتقال للطاقة الحرارية بينهما ويكون لهما درجة الحرارة نفسها. يقيس ميزان الحرارة (الثيرموميتر) درجة الحرارة من خلال الاتزان الحراري مع الوسط المحيط به. عندما تكون درجة حرارة جسم ما صفر مُطلق، يكون متوسط الطاقة الحركية لجسيماته صفر ولا يُمكن أن تنتقل منه الطاقة الحرارية.
- تنتقل الطاقة الحرارية تلقائيًا من جسم درجة حرارته أعلى إلى جسم درجة حرارته أقل. تنتقل الطاقة الحرارية بثلاث طرائق: التوصيل الحراري والحمل الحراري والإشعاع.
- تختلف كيفية اكتساب المواد أو فقدها للحرارة، على حسب الحرارة النوعية لتلك المواد.

الحرارة النوعية لمادة ما (C) هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة من المادة مقدارها 1 kg بمقدار 1 K.

$$Q = mC\Delta T = mC(T_f - T_i)$$

يُعرف الكالوريميتر على أنه نظام مُغلق يُستخدم في قياس التغيرات في الطاقات الحرارية. وتُحسب الحرارة النوعية من خلال استخدام القياسات التي يتم إجراءها بواسطة الكالوريميتر.

القسم 2 تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية

المفردات

- حرارة الانصهار heat of fusion
- حرارة التبخير heat of vaporization
- القانون الأول للديناميكا الحرارية first law of thermodynamics
- المحرك الحراري heat engine
- القانون الثاني للديناميكا الحرارية second law of thermodynamics
- الإنتروبي entropy

الفكرة الرئيسة عند انتقال الطاقة الحرارية، تكون الطاقة محفوظة بينما تزداد الإنتروبي الكلية للكون.

- الطاقة الحرارية التي يتم اكتسابها أو فقدها أثناء تغير الحالة، لا تحدث تغيرًا في درجة حرارة المادة. يُقصد بحرارة الانصهار، مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 1 kg من مادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة وذلك عند درجة انصهارها.

$$Q = mH_f$$

حرارة التبخير هي مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 1 kg من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية وذلك عند درجة غليانها.

$$Q = mH_v$$

- ينص القانون الأول للديناميكا الحرارية على أن التغيير في الطاقة الحرارية لجسم ما يساوي الطاقة الحرارية التي يكتسبها الحرارة مطروحًا منها الشغل الذي قام به هذا الجسم.

$$\Delta U = Q - W$$

- يُحوّل المُحرك الحراري الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية. تستخدم المضخة الحرارية والمُبرد الطاقة الميكانيكية لنقل الطاقة الحرارية من منطقة ذات درجة حرارة منخفضة إلى منطقة ذات درجة حرارة أعلى.
- ينص القانون الثاني للديناميكا الحرارية على أنه كلما كانت هناك فرصة لانتقال الطاقة، فإن الطاقة حتمًا ستنتشر. الإنتروبي (S) هو مقياس لانتشار الطاقة في نظام ما. وينص القانون الثاني للديناميكا الحرارية أن العمليات الطبيعية عادةً ما تتم على نحو يُحافظ على إجمالي الإنتروبي أو يزيده في الكون. ويقصد بتغير الإنتروبي لجسم ما، الطاقة الحرارية التي يكتسبها أو يفقدها الجسم مقسومة على درجة حرارة الجسم بالكلفن.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية

إتقان المفاهيم

38. **الفكرة الرئيسة** اشرح الفرق بين الطاقة الميكانيكية لكرة وبين طاقتها الحرارية ودرجة حرارتها.

39. هل توجد درجة حرارة للفراغ ؟ فسّر ذلك.

40. هل جميع الجزيئات أو الذرات في السائل لها نفس السرعة؟

41. هل جسمك مقياس جيد لدرجة الحرارة؟ في يوم شتاء بارد، يعطي مقبض الباب الفلزي شعورًا بالبرودة أكثر من الأبواب الخشبية. فسّر ذلك.

42. عند انتقال الطاقة الحرارية من جسم دافئ إلى جسم بارد ملامس له، هل يكون للجسمين نفس التغييرات في درجات الحرارة؟

إتقان حل المسائل

43. ما المقدار الذي تحتاجه من الطاقة الحرارية لزيادة درجة حرارة 50.0 g من الماء من 4.5°C إلى 83.0°C؟

44. **كوب القهوة** كوب قهوة في درجة حرارة الغرفة. وتم وضعه في آلة غسيل الأطباق الساخنة وذلك على النحو الموضح في **الشكل 24**. في حالة وصول درجة حرارة الكوب إلى درجة حرارة آلة غسل الأطباق، ما هو مقدار الحرارة التي اكتسبها الكوب؟ افترض أن كتلة آلة غسيل الأطباق كبيرة بدرجة كافية بحيث لا تتغير درجة حرارتها بشكل ملحوظ.

الشكل 24

45. كتلة 1.00×10^2 g من التنجستن بدرجة حرارة 100.0°C تم وضعها في 2.00×10^2 g من الماء بدرجة حرارة 20.0°C. فوصل الخليط إلى الاتزان الحراري عند درجة حرارة 21.2°C. احسب الحرارة النوعية للتنجستن.

46. عينة 6.0×10^2 g من الماء بدرجة حرارة 90.0°C خلطت مع 4.00×10^2 g من الماء بدرجة حرارة 22.0°C. افترض أنه لا توجد طاقة حرارية مفقودة في الوعاء أو ما يحيط بها. ما هي درجة الحرارة النهائية للخليط؟

47. كتلة مقدارها 5.00×10^2 g من فلز تكتسب 5016 J من الطاقة الحرارية عندما تتغير درجة حرارتها من 20.0°C إلى 30.0°C. احسب الحرارة النوعية للفلز.

48. الطاقة الحرارية لسيارة صغيرة تسير بسرعة 100 km/h تبلغ 2.9×10^5 J. كم عدد لترات الماء التي يمكن استخدام هذا القدر من الطاقة لرفع درجة حرارتها من درجة حرارة الغرفة (20.0°C) إلى درجة الغليان (100.0°C)؟

49. **محرك السيارة** محرك سيارة مصنوع من حديد الزهر كتلته 2.50×10^2 kg ويحتوي على الماء الذي يستخدم كعامل تبريد. افترض أن درجة حرارة المحرك هي 35.0°C عند توقفه عن العمل وأن درجة حرارة الهواء هي 10.0°C. الطاقة الحرارية الصادرة من المحرك والماء بداخله 4.40×10^6 J. ما كتلة الماء المستخدمة لتبريد المحرك؟

50. **سخان المياه** سخان كهربائي يتم استخدامه لتسخين كوب من الماء، وذلك على النحو الموضح في **الشكل 25**. الكوب مصنوع من الزجاج ويشتمل على 250 g من الماء بدرجة حرارة 15°C. ما الزمن المستغرق لوصول الماء لدرجة الغليان؟ افترض أن درجة حرارة الكوب هي نفس درجة حرارة الماء في جميع الأوقات وأنه لم تفقد أي طاقة حرارية في الهواء.

الشكل 25

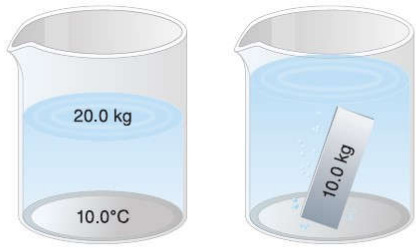
51. **مهمة الترتيب** تم وضع كل من المواد التالية في أوعية متماثلة وضع في كل وعاء نفس الكمية من الميثانول في درجة حرارة الغرفة. رتب المواد وفقًا لكمية الطاقة الحرارية التي تفقدها إلى الميثانول من الأقل إلى الأكبر.

A. 50 g من الألمنيوم بدرجة حرارة 30°C
B. 60 g من الألمنيوم بدرجة حرارة 40°C
C. 50 g من الزجاج بدرجة حرارة 30°C
D. 50 g الفضة بدرجة حرارة 30°C
E. 50 g من الخارصين بدرجة حرارة 30°C

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

52. تم وضع قطعة من الخارصين بدرجة حرارة 71.0°C في وعاء يحتوي ماء وذلك على النحو الموضح في **الشكل 26**. ما درجة الحرارة النهائية للماء والخارصين؟



الشكل 26

القسم 2

تغير الحالة والديناميكا الحرارية

إتقان المفاهيم

53. هل يُمكن أن يكتسب جسم طاقة حرارية بدون زيادة حرارته؟ فسّر ذلك.

54. عند تجمد الشمع، هل يكتسب أم يفقد الطاقة الحرارية؟

55. فسر السبب في أن الماء في حافظة محاطة بالهواء الجاف تبقى أكثر برودة عند احتواء الحافظة على غطاء من القماش الرطب.

56. أي عملية تحدث في ملفات مكيف الهواء الذي يعمل داخل المنزل، التبخر أم التكثيف؟ فسّر ذلك.

إتقان حل المسائل

57. من الطرائق التي تم استخدامها في التبريد قديمًا، استخدام قوالب من الجليد توضع في حافظة التبريد. فإذا استخدم قالب كتلته 20.0 kg. وكانت درجة حرارته 0.0°C. ما مقدار الطاقة الحرارية التي امتصها الجليد أثناء انصهاره؟

58. عينة من الكلوروفورم كتلتها 40.0 g تم تكثيفها من حالة البخار إلى الحالة السائلة عند درجة 61.6°C. ففقدت 9870 J من الطاقة الحرارية. ما هي حرارة تبخير الكلوروفورم؟

59. سيارة كتلتها 750kg وتسير بسرعة 23 m/s واستخدم سائقها المكابح للتوقف. افترض أن جميع طاقة الحركة حُولت إلى طاقة حرارية. تحتوي المكابح على 15 kg من الحديد والذي يمتص الطاقة. ما هي الزيادة في درجة حرارة المكابح؟

60. ما هو مقدار الطاقة الحرارية التي يكتسبها 10.9 g من الجليد عند درجة حرارة −20.0°C لتحويله إلى بخار ماء عند درجة 120.0°C؟

61. رصاصة كتلتها 4.2 g تتحرك بسرعة 275 m/s وتصطدم بلوح من الفولاذ وتتوقف بعدها. في إذا تحولت جميع طاقتها الحركية إلى طاقة حرارية واكتسبتها الرصاصة، ما مقدار التغير في درجة حرارة الرصاصة؟

62. **المشروبات** مشروب عليه مُلصق يوضح أنه يشتمل على كولا منخفضة الطاقة. يوضح الملصق أن "100 mL يعطي 1.7 kJ". وتشتمل عبوة المشروب على 375 mL من الكولا. شربت هدى الكولا وترغب في التخلص من الطاقة التي أمدها بها هذا المشروب من خلال صعود السلالم. ما الارتفاع الذي يتعين على هدى أن تصل إليه في حالة كان كتلتها 65.0 kg؟

تطبيق المفاهيم

63. **الطهي** تطهو سالي المعكرونة في إناء يحتوي على مياه مغلية. هل ستُطهى المعكرونة أسرع إذا كان الماء يغلي بشدة أم إذا كان يغلي بهدوء (على نار هادئة)؟

64. أي سائل يُمكن أن يبرده مكعب من الجليد بشكل أسرع، الماء أم الميثانول؟ فسّر ذلك.

65. تم تسخين كتلتين متساويتين من الألمنيوم والرصاص إلى نفس درجة الحرارة. ثم وضعت الكتلتان على قطعة من الجليد. أي الفلزين يصهر كمية أكبر من الجليد؟ فسّر ذلك.

66. لماذا تشعر ببرودة السوائل سريعة التبخر كالأسيتون والميثانول عندما نضعها على جلدنا؟

67. اشرح لماذا يقوم مزارعو الفواكه برش أشجارهم بالماء لحماية الفاكهة من التجمد عند توقع موجة صقيع.

68. كتلتان من الرصاص بنفس درجة الحرارة. يبلغ مقدار الكتلة A ضعف الكتلة B. وتم وضعهما في كوبين من الماء بنفس درجة الحرارة نفسها. هل سيكون لكوبي الماء نفس درجة الحرارة عند الوصول للاتزان الحراري؟ فسّر ذلك.

69. **التراكم** غالبًا ما يصمم المهندسون المعماريون معظم نوافذ المنزل في الجانب الشمالي. كيف يؤثر هذا على تبريد المنزل؟

مراجعة عامة

70. ما كفاءة المحرك الذي يعطي 1800 J/s نتيجة حرق كمية من الجازولين في المحرك ينتج عن حرقها 5300 J/s؟ ما مقدار الحرارة المهدرة في المُحرك في كل ثانية؟

71. **آلة ختم الفلزات** آلة لختم الفلزات في مصنع تبذل شغلاً مقداره 2100 J في كل مرة تختم بها قطعة فلز. افترض أن الشغل يُغير فقط الطاقة الحرارية للفلز. وتُغمس كل قطعة مختومة بعد ذلك في وعاء يحتوي 32.0 kg من الماء. كم مقدار الزيادة في درجة حرارة الماء في كل مرة تُغمس قطعة من الفلز المختوم فيه؟

72. **التعمق في المسألة** استكمل المسألة التالية بحيث يمكن بها حلها باستخدام المفاهيم الواردة أدناه. "كأس من الماء درجة حرارته 35°C. . . ".

a. الحرارة النوعية

b. الإنتروبي

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

73. سيارة كتلتها 1500 kg وتوقفت بعد أن كانت تسير بسرعة 25 m/s. فانتقلت جميع طاقة السيارة إلى المكابح. افترض أن المكابح كتلتها 45 kg ومصنوعة من الألمنيوم، ما مقدار التغير في درجة حرارة المكابح؟

74. الشاي المُثلج لإعداد الشاي المُثلج، تضع الشاي في الماء الساخن وبعدها تضع قطعة من الجليد. إذا كان لديك 1.0 L من الماء في درجة حرارة 90°C، ما كتلة الجليد اللازمة لتبريده لتُصبح درجة حرارته 0°C؟ هل سيكون من الأفضل ترك الشاي إلى أن يبرد ليصل لدرجة حرارة الغرفة قبل إضافة الجليد؟

75. تتلامس كتلة من النحاس مع كتلة من الألمنيوم ومن ثم تصل الكتلتان إلى اتزان حراري وذلك على النحو الموضح في **الشكل 27**. ما هي الكتل النسبية للكتلتين؟

الشكل 27

76. قطعتان من النحاس تبلغ كتلة كل منهما 0.35 kg. تتحرك كل منهما اتجاه الأخرى بنفس السرعة وتتصادمان. وتتوقف كلتا القطعتين بعد التصادم. فإذا زادت درجة حرارتهما بمقدار 0.20°C نتيجة للتصادم. افترض أن جميع الطاقة الحركية حُولت إلى طاقة حرارية. ما هي سرعتهما قبل التصادم؟

77. تنزلق كتلة من الجليد كتلتها 2.2 kg على أرضية خشنة. تبلغ سرعتها الابتدائية 2.5 m/s وسرعتها النهائية 0.50 m/s. ما كتلة الجليد المنصهر نتيجة الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك؟

التفكير الناقد

78. التحليل والنتيجة يستخدم الكيميائيون أجهزة الكالوريميتر لقياس الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية. افترض أن كيميائيًا قام بإذابة 1.0×10^{22} من جزيئات مادة عبارة عن مسحوق في جهاز كالوريميتر به 0.50 kg من الماء. فتفككت الجزيئات مطلقة طاقة حرارية إلى الماء. وازدادت درجة حرارة الماء بمقدار 2.3°C. فما هي الطاقة التي يُطلقها كل جزيء من جزيئات هذه المادة؟

79. عكس المسألة اكتب مسألة فيزيائية ذات أهداف مقتبسة من الحياة اليومية والتي ستكون المعادلة التالية جزءًا من حلها.

$$75\ \text{J/K} = \frac{m(4180\ \text{J/(kg·K)})\ (260\ \text{K} - 250\ \text{K})}{250\ \text{K}}$$

80. التحليل والنتيجة ينتزع محرك حراري معين مقدار 50.0 J من الطاقة الحرارية من المستودع الساخن الذي تبلغ درجة حرارته $T_H = 545$ K ويطرد طاقة حرارية قدرها 40.0 J إلى مستودع بارد درجة حرارته $T_C = 325$ K. خلال العملية، ينقل أيضًا الإنتروبي من مستودع إلى مستودع آخر.

a. أوجد التغير الكلي في الإنتروبي الذي طرأ على المستودعين.

b. ما هو تغير الإنتروبي الكلي في المستودعين عندما تكون $T_C = 205$ K؟

81. التحليل والنتيجة أثناء اللعب، عادة ما يزداد التمثيل الغذائي للاعبي كرة السلة بمقدار 30.0 W. فما هي كمية العرق التي يتعين على اللاعبين إفرازها كل ساعة للتخلص من هذه الطاقة الحرارية الإضافية؟

82. تطبيق المفاهيم كل الطاقات على الأرض مصدرها الشمس. تبلغ درجة حرارة سطح الشمس تقريبًا 10^4 K. ما هو الأثر الذي سيترتب على الأرض في حالة إذا كانت درجة حرارة سطح الشمس 10^3 K؟

الكتابة في الفيزياء

83. الحرارة النوعية للماء كبيرة بالنسبة لغيره من المواد، كما أن له حرارة تبخير عالية وكذلك حرارة انصهار الجليد عالية. يعتمد الطقس والنُظم البيئية على الماء في حالاته الثلاث. ماذا سيحدث للعالم لو أن الخصائص الحرارية للماء كانت مثل مواد أخرى كالميثانول؟

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الاختيار من متعدد

استخدم المعلومات التالية عند الحاجة.

$C_{\text{جليد}} = 2060\ \text{J/(kg·K)}$
$C_{\text{ماء}} = 4180\ \text{J/(kg·K)}$
$C_{\text{بخار الماء}} = 2020\ \text{J/(kg·K)}$
$H_{f_{\text{ماء}}} = 3.34\times10^{5}\ \text{J/kg}$
$H_{v_{\text{ماء}}} = 2.26\times10^{6}\ \text{J/kg}$

1. أي من تحويلات درجات الحرارة التالية غير صحيح؟

A. $-273°C = 0\ K$ **C.** $298\ K = 571°C$
B. $273°C = 546\ K$ **D.** $88\ K = -185°C$

2. ما وحدة قياس الإنتروبي؟

A. J/K **C.** J
B. K/J **D.** kJ

3. أي من العبارات التالية غير صحيحة للجسمين في حالة اتزان حراري؟

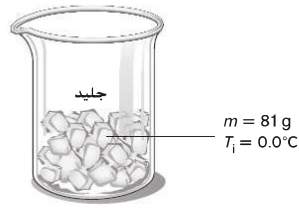
A. يستمر تبادل الطاقة بين الجسمين.
B. الطاقة الكلية المنتقلة بين الجسمين تساوي صفرًا.
C. الجسمان لهما درجة الحرارة نفسها.
D. الطاقة الكلية المنتقلة بين الجسمين لا تساوي صفرًا.

4. ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين 363 mL من الماء من 24°C إلى 38°C؟

A. 21 kJ **C.** 121 kJ
B. 36 kJ **D.** 820 kJ

5. في الشكل أدناه، قطع من الجليد كتلتها 81 g تنصهر وتصبح درجة حرارتها 10°C. ما مقدار الطاقة الحرارية التي تكتسبها من الأجسام المحيطة بالجليد؟

A. 0.34 kJ **C.** 30 kJ
B. 27 kJ **D.** 190 kJ



6. ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين كتلة من الجليد كتلتها 87 g عند درجة 14 K وصولًا إلى بخار الماء عند درجة حرارة 140°C؟

A. 45 kJ **C.** 315 kJ
B. 58 kJ **D.** 280 kJ

7. إذا كنت تبذل شغلاً قدره 0.050 J على كوب القهوة في كل مرة تُقلبها فيها. ما هو مقدار الزيادة في الإنتروبي في 125 mL من القهوة عند درجة حرارة 65°C عندما تُقلبها 85 مرة؟

A. 0.013 J/K **C.** 0.095 J/K
B. 0.050 J **D.** 4.2 J

8. لماذا توجد دائمًا حرارة مهدرة في المحرك الحراري؟

A. بسبب انخفاض الإنتروبي في كل مرحلة.
B. المحرك ليس فعال على النحو المتوقع.
C. بسبب زيادة الإنتروبي في كل مرحلة.
D. يتم استنفاد الطاقة.

9. أي من العبارات التالية صحيحة فيما يخص الإنتروبي والطاقة؟

A. عند تجمد الماء، يفقد الطاقة وتزداد الإنتروبي.
B. عند تجمد الماء، يفقد الطاقة وتنخفض الإنتروبي.
C. عند تجمد الماء، يكتسب الطاقة وتزداد الإنتروبي.
D. عند تجمد الماء، يكتسب الطاقة وتنخفض الإنتروبي.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

10. ما الفرق في الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار قطعة جليد كتلتها 454 g ودرجة حرارتها 0.00°C والطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 454 g من الماء عند درجة حرارة 100.0°C إلى بخار ماء؟ هل مقدار هذا الفرق أكبر أم أصغر من مقدار الطاقة اللازمة لتسخين 454 g من الماء من 0.00°C إلى 100.0°C؟

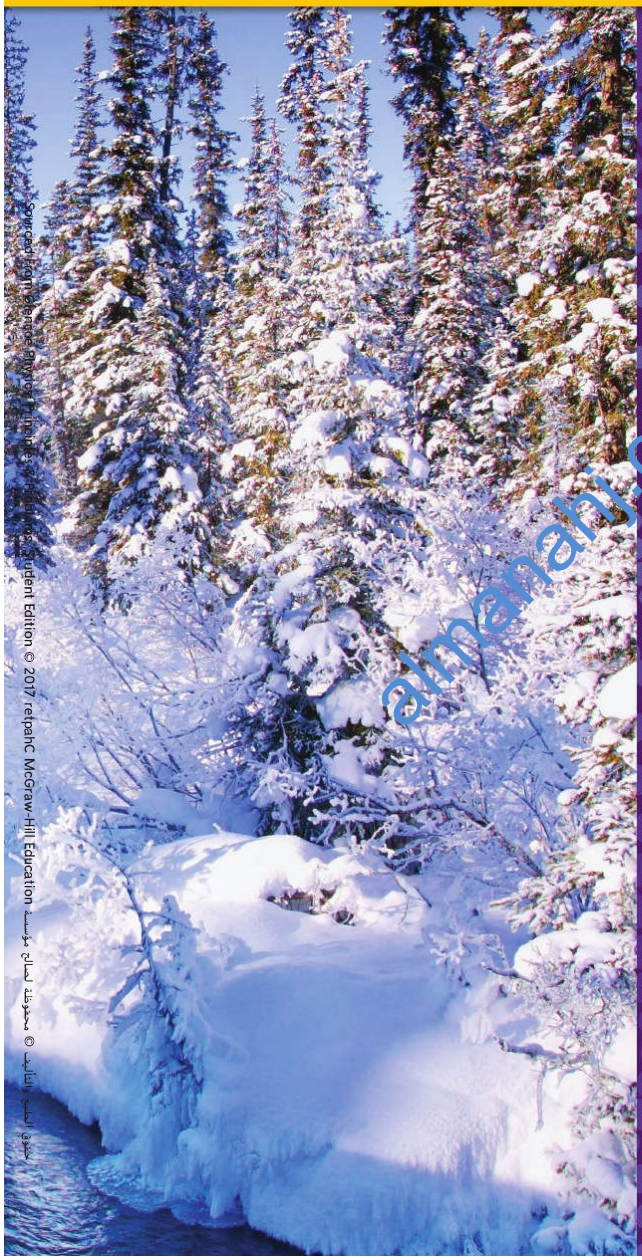
almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 10

حالات المادة

الفكرة الرئيسة الطاقة الحرارية لمادة ما والقوى بين جسيماتها تحدد خصائصها.



الأقسام

1 خصائص الموائع

2 القوى داخل السوائل

3 الموائع في حالات السكون والحركة

4 الأجسام الصلبة

التجربة الاستهلالية

قياس الطفوية

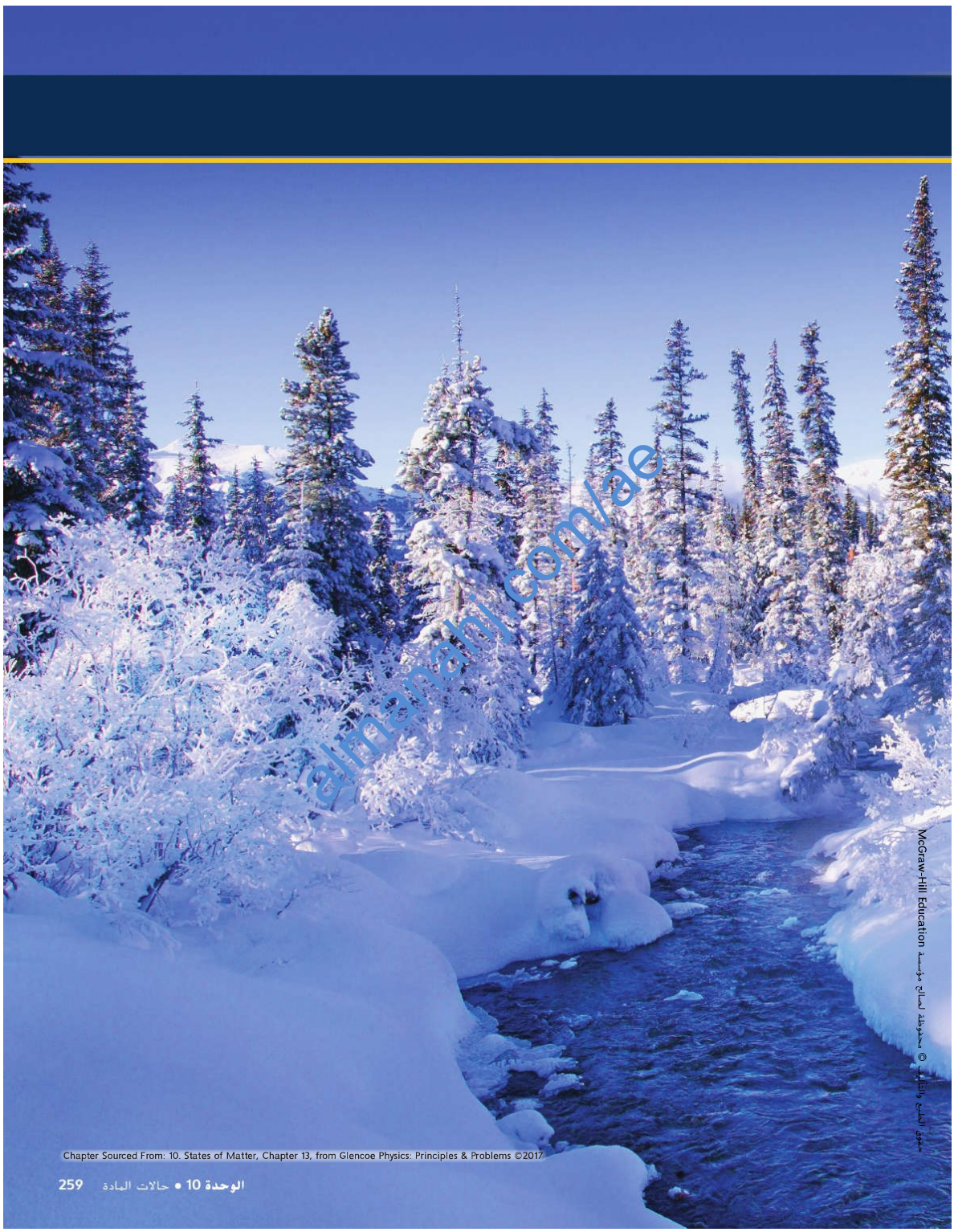
كيف تؤثر كثافة جسم ما في قدرته على الطفو؟

Sources: Image Source/Getty Images; Photodisc/Getty Images; Ingram Publishing/Alamy Images

Glencoe Physical Science, Student Edition © 2017 retpahC McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

almanahi.com/ae



almanahi.com/ae

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From: 10. States of Matter, Chapter 13, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

خصائص الموائع

القسم 1

الفكرة الرئيسة

الموائع ليس لها شكل محدد وتتضمن السوائل والغازات والبلازما.

الأسئلة الرئيسة

- ما هو المائع؟
- ما العلاقات بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة للغاز؟
- ما قانون الغاز المثالي؟
- ما هي البلازما؟

مراجعة المفردات

العلاقة الخطية
linear relationship
هي العلاقة التي يتغير فيها المتغير التابع بشكل خطي مع المتغير المستقل

المفردات الجديدة

المائع	fluid
الضغط	pressure
باسكال	pascal
القانون العام للغازات	combined gas law
قانون الغاز المثالي	ideal gas law
التمدد الحراري	thermal expansion
البلازما	plasma

الفيزياء في حياتك

قد لا تلاحظ الأمر كثيرًا ولكن الغازات في الغلاف الجوي تشكل ضغطًا على جسمك. إذا ركبت يومًا مصعدًا في بناء عالٍ أو صعدت إلى قمة جبل ما أو ركبت في طيارة، فإنك قد تشعر بطقطقة في أذنيك. أذناك تطقطقان للمساعدة في تحقيق الاتزان بين الضغط خارج وداخل أذنك.

السوائل والغازات

الماء والهواء هما المادتان الأكثر شيوعًا في حياة الناس اليومية. نحن نشعر بتأثيرهما عندما تشرب، نستحم، حرفيًا مع كل نفس نتنفسه. على الرغم من أنكم قد لا تفكرون بهذا الأمر كل يوم، إلا أن الماء والهواء لهما تأثير كبير بشكل عام. كل من الماء والهواء يتدفقان وبخلاف المواد الصلبة، ليس لأي منهما شكل محدد. الغازات والسوائل هما حالتان للمادة يكون للجزيئات فيهما حرية الحركة. في هذه الوحدة، ستتعلم المباديء التي تشرح كيف تستجيب الغازات والسوائل للتغييرات في درجة الحرارة والضغط وكيف أن الأنظمة الهيدروليكية قد تضاعف القوى المطبقة وكيف تطفو السفن المعدنية الضخمة على الماء.

الموائع ادرس حالة قطع الجليد في البحيرة في **الشكل 1**. مثل مكعبات الجليد، فإن قطع الجليدية لها كتلة معينة وشكل معين ولا يعتمد أي من هذه الكميات على حجم وشكل الحوض أو البحيرة. ولكن ما الذي يحدث عندما ينصهر الجليد؟ كتلتها لا تتغير ولكن الشكل يتغير. الماء يتدفق ليأخذ شكل الحوض ويشكل سطحًا علويًا محددًا. وعندما يحصل التبخر، يتحول السائل إلى غاز بشكل بخار الماء. تمامًا مثل الماء السائل، يتدفق بخار الماء ولا يعطي أي شكل محدد. كل من السوائل والغازات هي موائع. **الموائع** هي مواد يمكنها التدفق وليس لها شكل محدد بذاتها.

الشكل 1 قطع الجليد في هذه البحيرة والتي تعد موادًا صلبة، لديها أشكال محددة. إلا أن المياه السائلة وهي مائع تأخذ شكل حوض البحيرة.

حدد ما نوع المائع الذي يملأ الحيز فوق الماء؟

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الضغط

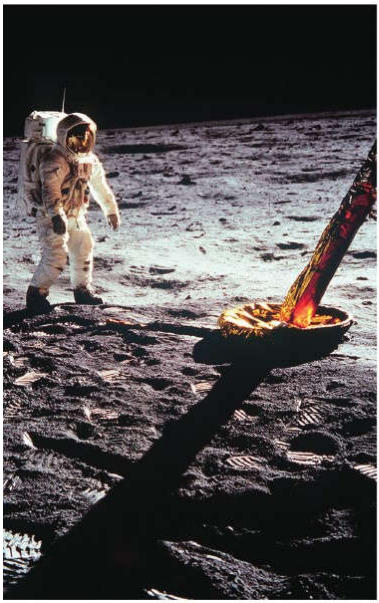
عند التمعُّن فى الموائع (والمواد الصلبة أيضًا)، من المفيد أحيانًا أن نفكر بالضغط والقوة. لربما سمعنا الناس يتحدثون عن ضغط الماء والهواء وقد تشعر أن الضغط والقوة أمران مترابطان. إلا أن الضغط والقوة ليسا الأمر ذاته. **الضغط** هو القوة المؤثرة عموديًا على سطح ما مقسومًا على مساحة ذلك السطح. وبما أن الضغط هو القوة المبذولة على السطح، فإن أي شيء يشكل ضغطًا يكون قادر على إحداث التغيير والقيام بعمل ما. في **الشكل 2**، كل من رائد الفضاء وقوائم النموذج الذي يهبط على القمر يشكلان ضغطًا على سطح القمر.

الضغط

القوة المؤثرة عموديًا على سطح مقسومًا على مساحة ذلك السطح

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

الضغط هو كمية قياسية. في نظام الوحدات العالمي وحدة قياس الضغط هي **الباسكال** (Pa) وتساوي $1\ N/m^2$. الباسكال الواحد هو كمية صغيرة جدًا من الضغط وتساوي ضغط ورقة 10 دراهم المسطحة على سطح الطاولة. وهكذا فإن الكيلو باسكال (kPa)، المساوية 1000 Pa، هي الوحدة المُستخدمة عادةً. **الجدول 1** يظهر الضغط في مواقع متعددة.



الشكل 2 مركبة الهبوط ورائد الفضاء كلاهما يشكلان ضغطًا على سطح القمر.

احسب إذا كانت المركبة القمرية تزن تقريبًا 12,000 N وكانت موضوعة على أربع لبادات قطر كل منها 91، cm ما هو الضغط الذي تشكله على سطح القمر؟ كيف يمكنك تقدير الضغط الذي يشكله رائد الفضاء؟

الجدول 1 بعض الضغوط النمطية

الموقع	الضغط (kPa)
مركز الأرض	4×10^{8}
أعمق نقطه تحت سطح المحيط	1.1×10^{5}
الضغط الجوي القياسي	1.325×10^{2}
ضغط الدم	1.6×10^{1}
ضغط الهواء على قمة إيفرست	3×10^{1}
أفضل مكنسة كهربائية	1×10^{-10}

المواد الصلبة، المواد السائلة والضغط تخيل أنك تقف على سطح بحيرة مسطحة. القوة التي تبذلها قدمك على الجليد تنتشر على سطح حذائك، مما يؤدي إلى الضغط على الجليد. الجليد هو مادة صلبة تتكون من جزيئات الماء المتذبذبة والقوى التي تحفظ جزيئات الماء في مكانها تجعل الجليد يبذل قوى باتجاه الأعلى على رجلك تساوي وزنك. إذا انصهر الجليد، فإن معظم الروابط بين جزيئات الماء ستضعف. وعلى الرغم من أن جزيئات الماء قد تستمر في التذبذب وتبقى قريبة من بعضها، إلا أنها قد تنزلق بجانب بعضها فينكسر السطح. وقد تستمر جزيئات الماء المتحركة في بذل القوى على جسمك.

الغازات والضغط الضغط الذي يبذله الغاز يمكن فهمه من خلال تطبيق نظرية الحركة الجزيئية للغازات، مما يفسر خصائص الغاز المثالي. في هذا النمط، تعامل الجسيمات على أنها لا تشغل حيزًا ولا تمتلك قوى تجاذب جزيئية داخلية. وعلى الرغم من أن الجسيمات في الغاز الحقيقي تشغل حيزًا وتمارس قوى تجاذب، الغاز المثالي هو نمط دقيق للغاز الصحيح في معظم الظروف.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وفقا لنظرية الحركة الجزيئية، الجسيمات في الغاز تكون في حركة عشوائية بسرعات كبيرة تصطدم بمرونة مع بعضها. عندما يصطدم جسيم الغاز بسطح الحاوية، فإنه يرتد، مما يغير زخمه. قوى الدفع التي تشكلها هذه الاصطدامات تؤدي إلى ضغط الغاز على السطح.

ضغط الغلاف الجوي عند مستوى سطح البحر، تشكل غازات الغلاف الجوي قوة في جميع الاتجاهات تبلغ 10 N، أي وزن جسم كتلته 1 kg، على كل $1\ cm^2$ من المساحة. تكون قوى الضغط الجوي متوازنة مع قوى جسمك المتجهة نحو الخارج. قد تصبح مدركًا لهذا الضغط فقط عندما تطقطق أذناك كنتيجة لتغييرات الضغط، عندما تصعد في مصعد إلى أعلى بناء عال أو تطير في طائرة. الضغط الجوي يساوي حوالي 10 N لكل $1\ cm^2\ (10^{-4}\ m^2)$ وهذا يعادل حوالي $1.0\times10^5\ N/m^2$ أو 100 kPa. الكواكب الأخرى في نظامنا الشمسي تملك أيضًا أغلفة جوية تفرض ضغطًا. على سبيل المثال، الضغط على سطح الزهرة أكبر من الضغط على سطح الأرض 92 مرة تقريبًا.

مثال 1

حساب الضغط يزن طفل 364 N ويجلس على كرسي من ثلاثة أرجل وزنه 41 N. تبلغ المساحة الكلية التي تشكلها أرجل الكرسي مع الأرض $19.3\ cm^2$.

a. ما متوسط ضغط الطفل والكرسي على الأرض؟

b. كيف يتغير الضغط عندما يتكيء الطفل بحيث تلمس رجلان فقط للكرسي الأرض؟

1 تحليل المسألة

- قم برسم شكل تخطيطي للطفل وللكرسي وحدد القوة الكلية التي تتشكل بسببهما على الأرض.
- قم بتحديد المتغيرات، بما في ذلك القوة التي يشكلها كل من الطفل والكرسي على الأرض ومساحات الأجزاء **a** و **b**.

معلوم

$F_{g\ \text{الطفل}} = 364\ N$

$F_{g\ \text{الكرسي}} = 41\ N$

$F_{g\ \text{إجمالي}} = F_{g\ \text{الطفل}} + F_{g\ \text{الكرسي}}$
$= 364\ N + 41\ N$
$= 405\ N$

$A_a = 19.3\ cm^2$

$A_b = \frac{2}{3} \times 19.3\ cm^2 = 12.9\ cm^2$

مجهول

$P_a = ?$

$P_b = ?$

2 حساب المجهول

اكتشف كل ضغط.

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

a. $P_a = \left(\frac{405\ N}{19.3\ cm^2}\right)\left(\frac{(100\ cm)^2}{(1\ m)^2}\right)$

$= 2.10\times10^2\ kPa$

عوض $F = F_{g\ \text{إجمالي}} = 405\ N,\ A = A_A = 19.3\ cm^2$

b. $P_b = \left(\frac{405\ N}{12.9\ cm^2}\right)\left(\frac{(100\ cm)^2}{(1\ m)^2}\right)$

$= 3.14\times10^2\ kPa$

عوض $F = F_{g\ \text{إجمالي}} = 405\ N,\ A = A_B = 12.9\ cm^2$

3 تقييم الإجابة

هل هذه الوحدات صحيحة؟ وحدات الضغط يجب أن تكون Pa و $1\ Pa = 1\ N/m^2$.

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تطبيق

1. الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر 1.0×10^5 Pa تقريبًا. ما القوة التي يؤثر بها الهواء عند مستوى سطح البحر على سطح مكتب طوله 152 cm وعرضه 76 cm؟
2. يلامس إطار سيارة الأرض على مساحة مستطيلة تبلغ 12 cm عرضًا و 18 cm طولًا. إذا كانت كتلة السيارة 925 kg ما مقدار الضغط الذي تؤثر به السيارة على الأرض عندما تستقر على أربعة إطارات؟
3. قالب من الرصاص أبعاده 20.0 cm × 10.0 cm × 5.0 cm يستقر على الأرض على الجانب الأصغر. كثافة الرصاص تساوي $11.8\ g/cm^3$. ما مقدار الضغط الذي يؤثر به القالب على الأرض؟
4. افترض أنه أثناء مرور عاصفة، ينخفض الضغط الجوي بنسبة 15% في الخارج. ما هي محصلة القوى التي تتشكل على الباب الخارجي لمنزل ما ارتفاعه 195 cm وعرضه 91 cm؟ في أي اتجاه ستتشكل هذه القوى؟
5. **تحدي** تقوم قطع كبيرة من المعدات الصناعية موضوعة على صفائح فولاذية عريضة بتوزيع وزن المعدات على مساحات أكبر. في حال خطط المهندس لتثبيت جهاز كتلته 454 kg على الأرض التي يُقدّر بأنها تتحمل ضغطًا إضافيًا يبلغ 5.0×10^4 Pa. ما مساحة صفيحة الدعم الفولاذية؟

قوانين الغاز

تأمل حاوية من الغاز يتم حفظها في درجة حرارة معينة. إذا قمت بتصغير الحجم،ما الذي قد يحصل لضغط الغاز؟ سيكون هناك تصادمات أكثر بين جدران الحاوية وبذلك سيزداد الضغط. وبشكل مماثل، إذا قمت بزيادة الحجم لنفس العينة من الغاز وبثبوت درجة الحرارة، سيكون هناك عدد أقل من التصادمات وبالتالي يقل الضغط. هذه العلاقة العكسية بين الحجم والضغط قام باكتشافها الكيميائي والفيزيائي روبرت بويل في القرن السابع عشر. فمن حاصل ضرب المتغيرات المتناسبة بعضها عكسيًا عبارة عن ثابت، فإن قانون بويل يمكن كتابته كالتالي

$$P_1V_1 = P_2V_2 \text{ أو } PV = \text{ثابت}$$

إن الرموز السفلية التي تراها في قوانين الغاز تساعد في تحديد المتغيرات المختلفة، مثل الضغط والحجم، بينما تتغير في معادلة ما. العلاقة بين الضغط وحجم الغاز أمر هام بالنسبة للغواص في **الشكل 3**.

بعد اكتشاف بويل بحوالي 100 عام، قام جاك شارل بتبريد الغاز ووجد أن الحجم يتقلص بمقدار $\frac{1}{273}$ من حجمه الأصلي لكل درجة حرارة في عملية التبريد وهي علاقة خطية. في ذلك الوقت، لم يتمكن شارل من تبريد الغازات إلى درجات حرارة منخفضة جدًا كالتي يمكن تحقيقها في المختبرات الحديثة اليوم. ومن أجل التوصل لأقل حدود ممكنة في درجات الحرارة، قام بتمديد أو استنباط، مخطط لبياناته حتى وصلت إلى هذه الدرجات. هذا الاستنباط يقترح أنه إذا تم تخفيض درجة الحرارة لتصل إلى 273°C− فإن الغاز سيكون حجمه صفرًا. يُطلق على درجة الحرارة التي يكون فيها حجم الغاز صفرًا الصفر المطلق ويتم تمثيله بالصفر على مقياس درجة الحرارة بالكلفن.

هذه التجارب تشير إلى أنه تحت ضغط ثابت، حجم عينة من الغاز تتغير أو تتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بوحدة الكلفن والنتيجة تدعى الآن قانون شارل. ويمكن كتابته كالتالي $\frac{V}{T}$ = ثابت أو $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$.

القانون العام للغازات يجمع بين قانون بويل وقانون شارل ويربط بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم كمية ثابتة من الغاز المثالي وهذا ما يؤدي إلى **القانون العام للغازات**.

القانون العام للغازات

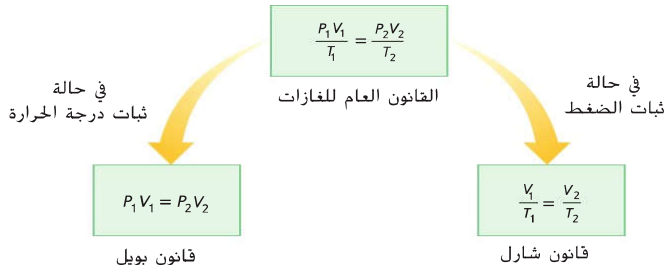
لكمية معينة من الغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه مقسومًا على درجة الحرارة بالكلفن يساوي مقدارًا ثابتًا

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

الشكل 3 الغاز في الحاوية التي على ظهر الغواص ذو ضغط عال. يعمل المنظم في فم الغواص على تخفيض الضغط، مما يجعل ضغط الغاز الذي يتنفسه الغواص مساويًا لضغط الماء. الفقاعات تصدر من المنظم عندما يقوم الغواص بالزفير.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 4 يظهر قانون الغازات العام العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لكمية محددة من الغاز المثالي. يمكن اشتقاق كل من قانوني بويل وشارل من قانون الغازات العام تحت ظروف معينة.

اشرح ماذا يحدث اذا بقي الحجم ثابتًا؟

كما هو موضح في **الشكل 4**، القانون العام للغازات يُختزل لقانون بويل عند ثبات درجة الحرارة و يُختزل أيضًا لقانون شارل عند ثبات الضغط.

قانون الغاز المثالي علام يعتمد الثابت في القانون العام للغازات؟ افترض أن حجم ودرجة حرارة الغاز المثالي يبقيان ثابتين بينما يزداد عدد الجسيمات (N). ما الذي يحدث للضغط؟ يزداد عدد تصادمات الجسيمات مع جدران الوعاء، مما يزيد الضغط. إن إزالة بعض الجسيمات يقلل من عدد التصادمات وبالتالي يقل الضغط. لهذا السبب، يكون الثابت في معادلة القانون العام للغازات متناسب مع N.

$$\frac{PV}{T} = kN$$

الثابت (k) يسمى ثابت بولتزمان وقيمته 1.38×10^{-23} Pa•m^3/K. في أي استخدام عملي، فإن عدد الجسيمات (N) يكون كبيرًا جدًا. بدلاً من استخدام N، يستخدم العلماء غالبًا وحدة تسمى المول. المول الواحد (ويعرف اختصاراً باسم mol) يماثل الدزينة الواحدة، فيما عدا أنه وبدلاً من تمثيل 12 عنصراً. فإن المول الواحد يمثل 6.022×10^{23} جسيمًا. وهذا العدد يسمى عدد أفوجادرو، نسبة إلى العالم الإيطالي أميديو أفوجادرو.

يساوي عدد أفوجادرو عدد الجسيمات في عينة من المادة كتلتها تساوي الكتلة المولية للمادة. يمكنك استخدام هذه العلاقة للتحويل بين الكتلة و n، عدد المولات الموجودة. ولكن استخدام المولات بدلاً من عدد الجسيمات يغير ثابت بولتزمان. ويعرف هذا الثابت الجديد اختصارًا باسم R وقيمته 8.31 Pa•m^3/(mol•K). وبإعادة الترتيب، يمكنك كتابة قانون الغاز المثالي بشكل الصيغ شيوعًا. **قانون الغاز المثالي** ينص على أنه بالنسبة للغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه يساوي عدد المولات مضروبًا في الثابت R ودرجة حرارته بالكلفن.

قانون الغاز المثالي

بالنسبة للغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه يساوي عدد المولات مضروبًا في الثابت R ودرجة حرارته بالكلفن..

$$PV = nRT$$

لاحظ أنه إذا كانت قيمة R معلومة فإنه يجب التعبير عن الحجم بوحدة المتر المكعب ودرجة الحرارة بالكلفن والضغط بالباسكال. وبشكل تطبيقي، يتوقع قانون الغاز المثالي سلوك الغازات بشكل جيد، ما عدا الحالات التي تخضع لظروف الضغط العالي أو درجات الحرارة المنخفضة.

تجربة مصغرة

الضغط

كم من الضغط تشكل على الأرض عند الوقوف على رجل واحدة؟

almanahi.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

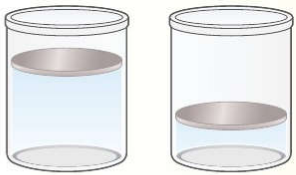
مثال 2

قوانين الغاز عينة من غاز الأرجون حجمها 20.0 L درجة حرارتها 273 K عند ضغط جوي (101.3 kPa). إذا انخفضت درجة الحرارة إلى 120 K وازداد الضغط إلى 145 kPa.

a. ما الحجم الجديد لعينة الأرجون؟

b. أوجد عدد مولات ذرات الأرجون في العينة.

c. أوجد كتلة عينة الأرجون. الكتلة المولية (M) للأرجون هي 39.9 g/mol.



$T_1 = 273$ K
$P_1 = 101.3$ kPa
$V_1 = 20.0$ L

$T_2 = 120$ K
$P_2 = 145$ kPa
$V_2 = ?$

1 تحليل المسألة

- قم برسم الحالة. قم بالإشارة إلى الشروط في وعاء الأرجون قبل وبعد تغيير درجة الحرارة والضغط.
- اذكر المتغيرات المعلومة والمجهولة.

معلوم

$V_1 = 20.0$ L
$P_1 = 101.3$ kPa
$T_1 = 273$ K
$P_2 = 145$ kPa
$T_2 = 120$ K
$R = 8.31$ Pa·m³/(mol·K)
$M_{\text{الأرجون}} = 39.9$ g/mol

مجهول

$V_2 = ?$
? = عدد مولات الأرجون
? = كتلة عينة الأرجون

2 حساب المجهول

a. استخدم القانون العام للغازات وأوجد قيمة V_2.

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

$$V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1}$$

عوض $P_1 = 101.3$ kPa, $P_2 = 145$ kPa, $V_1 = 20.0$ L, $T_1 = 273$ K, $T_2 = 120$ K. ◄

$$= \frac{(101.3\text{ kPa})(20.0\text{ L})(120\text{ K})}{(145\text{ kPa})(273\text{ K})}$$

$$= 6.1\text{ L}$$

b. استخدم قانون الغاز المثالي وأوجد n.

$$PV = nRT$$

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

عوض $P = 101.3\times10^3$ Pa, $V = 0.0200$ m³, $R = 8.31$ m³/(mol·K), $T = 273$ K. ◄

$$= \frac{(101.3\times10^3\text{ Pa})(0.0200\text{ m}^3)}{(8.31\text{ Pa·m}^3/(\text{mol·K}))(273\text{ K})}$$

$$= 0.893\text{ mol}$$

c. استخدم الكتلة المولية للتحويل من مولات الأرجون في العينة إلى كتلة العينة.

$$m = Mn$$

عوض $M = 39.9$ g/mol, $n = 0.893$ mol. ◄

$$m_{\text{عينة الأرجون}} = (39.9\text{ g/mol})(0.893\text{ mol})$$

$$= 35.6\text{ g}$$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** الحجم (V_2) باللترات وكتلة العينة بالجرامات.
- **هل الكمية منطقية؟** التغيير في الحجم متوافقًا مع زيادة الحجم والنقص في درجة الحرارة. الكتلة المحسوبة لعينة الأرجون معقولة.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

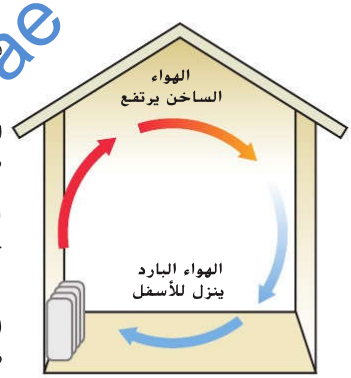
6. خزان من غاز الهيليوم يستخدم لنفخ بالونات اللعب ضغطه 1.55×10^{7} Pa ودرجة حرارته 293 K. فإذا كان حجم الخزان $0.020\ m^3$. ما حجم البالون الذي قد تملؤه عند 1.00 ضغط جوي و 323 K؟
7. ما كتلة غاز الهيليوم في المسألة السابقة؟ مع العلم أن الكتلة المولية لغاز الهيليوم 4.00 g/mol.
8. وعاء فيه 200.0 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 0.0°C وضغط 156 kPa. عند رفع درجة الحرارة إلى 95°C وخفض الحجم إلى 175 L. ما الضغط الجديد للغاز؟
9. **تحدي** متوسط الكتلة المولية لمكونات الهواء (غاز النيتروجين وغاز الأكسجين في الأساس) حوالي 29 g/mol. ما حجم 1.0 kg من الهواء عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة 20.0°C؟

التمدد الحراري

عندما طبقت قانون الغازات العام، اكتشفت كيف تتمدد الغازات عندما تزداد درجة حرارتها. **التمدد الحراري** هو خاصية لجميع أشكال المادة تتسبب بتمدد المادة، لتصبح أقل كثافة، عند التسخين. للتمدد الحراري العديد من التطبيقات المفيدة، مثل دورة أو دوران الهواء في غرفة ما.

تيارات الحمل **الشكل 5** يوضح أنه عندما يتم تسخين الهواء القريب من أرض الغرفة، فإنه يصبح أقل كثافة ومن ثم يصعد إلى أعلى. الجاذبية تسحب الهواء الأكثف والأبرد الموجود بجانب السقف إلى أسفل. وهكذا يتم تسخين الهواء البارد من قبل جهاز التدفئة ويستمر الهواء بالدوران. هذه الحركة الدورانية للهواء داخل الغرفة يسمى تيار الحمل الحراري. تيارات الحمل الحراري تحصل أيضًا في وعاء من الماء الساخن دون درجة الغليان، على الموقد. عندما يتم تسخين الوعاء من الأسفل، فإن الماء الأبرد والأكثف يغوص إلى الأسفل حيث يتم تسخينه ومن ثم رفعه إلى الأعلى بالتدفق الناتج للماء الأبرد من الأعلى.

هذا التمدد الحراري يحصل لدى معظم الموائع. ليس هناك نموذج مثالي لجميع السوائل ولكن من المفيد أن نفكر في السائل كمادة صلبة مطحونة بشكل دقيق جدًا. حيث تتحرك مجموعات من جسيمين أو ثلاثة أو أكثر معًا وكأنها قطع صغيرة من مادة صلبة. عندما يسخن السائل، فإن حركة الجسيمات تجعل تلك المجموعات تتمدد بنفس الطريقة التي تتمدد بها المواد الصلبة وتبتعد عن بعضها. فتزداد الفراغات بين المجموعات. وكنتيجة لذلك، السائل بأكمله يتمدد. عندما يحصل نفس مقدار التغيير في درجة الحرارة فإن السوائل تتمدد بشكل أكبر من المواد الصلبة ولكن ليس بالقدر الذي تتمدد به الغازات.



الشكل 5 تحدث تيارات الحمل عندما يتصاعد الهواء الأكثر دفئًا والأقل كثافة إلى أعلى ويهبط الهواء الأكثر برودة وكثافة.

التأكد من فهم النص **اشرح** دور التمدد الحراري في تشكيل تيار الحمل.

لماذا يطفو الجليد؟ لأن المادة تتمدد عند تسخينها، قد تتوقع أن الجليد قد يكون أكثر كثافة من الماء ولهذا السبب، يجب أن يغوص. إلا أنه عندما يتم تسخين الماء من درجة 0°C إلى 4°C، بدلًا من التمدد، يتقلص لأن القوى بين الجزيئات تزداد وبلورات الجليد تنهار. تلك القوى بين جزيئات الماء قوية والبلورات التي تشكل الجليد ذات بنية مفتوحة بشكل أكبر. وحتى عندما ينصهر الجليد، تبقى بعض البلورات. وهذه البلورات المتبقية تنصهر وحجم الماء يتناقص حتى تصبح الدرجة 4°C. إلا أنه وعندما ترتفع درجة الحرارة إلى أعلى من 4°C، فإن حجمها يتزايد بسبب حركة الجزيئات الأكبر. النتيجة العملية هي أن الماء يكون أكثر كثافة عند الدرجة 4°C وحينها يطفو الجليد. هذه الميزة الفريدة لدى الماء هامة جدًا لحياتنا والبيئة. لو أن الجليد يغوص، فإن البحيرات ستتجمد في الأسفل كل شتاء والكثير منها لن ينصهر أبدًا في الصيف.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 6 البلازما تصدر ضوءًا عند نقلها للكهرباء. اللون الذي يصدر عن البلازما المتوهجة يعتمد على نوع الغاز داخل الأنبوب.

البلازما

إذا قمت بتسخين المادة الصلبة، فإنها تتحول إلى سائل المزيد من التسخين يحولها إلى غاز. ما الذي يحدث إن رفعت درجة الحرارة أكثر أيضًا؟ التصادمات بين الجسيمات تصبح كبيرة لحد انتزاع الإلكترونات من الذرات وبذلك تشكل أيونات موجبة الشحنة. الحالة شبه الغازية للإلكترونات سالبة الشحنة والأيونات الموجبة تدعى **البلازما**. تعد البلازما حالة أخرى من حالات المادة.

حالة البلازما قد تبدو غير شائعة ولكن البلازما في الحقيقة هي الحالة الأكثر شيوعًا للمادة في الكون. تتكون النجوم في الغالب من البلازما بدرجات حرارة عالية جدًا. قسم كبير من المادة بين النجوم والمجرات يتكون من الهيدروجين النشط الذي لا يحتوي على إلكترونات. ويكون الهيدروجين موجود في حالة البلازما. الفرق الأساسي بين الغاز والبلازما هو أن البلازما يمكنها توصيل التيار الكهربائي، بينما الغازات لا يمكنها. الصاعقة هي بحالة البلازما. لافتات النيون، مثل تلك الموجود في **الشكل 6**، تحوي البلازما. المصابيح الفلورية التي تضيء مدرستك تحتوي أيضا على البلازما.

almanahj.com/ae

القسم 1 مراجعة

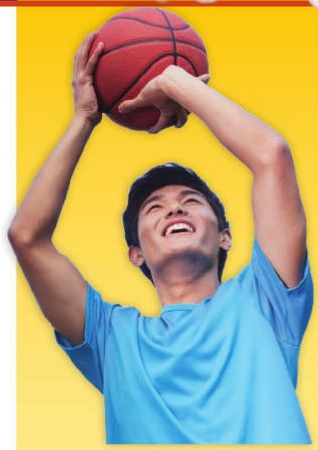
10. الفكرة**الرئيسة** قارن بين السوائل والغازات والبلازما.
11. **الضغط والقوة** صندوقان كل منهما معلّق بخيوط رفيعة في الهواء. أحدهما يصل حجمه إلى 20 cm × 20 cm × 20 cm. والصندوق الآخر 40 cm × 20 cm × 20 cm.
    a. كيف يمكن المقارنة بين الصندوقين من حيث ضغط الهواء الواقع عليهما من الخارج؟
    b. قارن بين مقدار قوة الهواء الكلية المؤثرة على كل من الصندوقين؟
12. **علم الأرصاد الجوية** بالون الطقس الذي يستخدمه علماء الأرصاد الجوية مصنوع من كيس مرن يسمح للغاز بداخله أن يتمدد بحُرّية إذا كان بالون الطقس يحتوي على $25.0\ m^3$ من غاز الهيليوم وانطلق من مستوى سطح البحر، فما حجم الغاز عندما يصل البالون إلى ارتفاع 2100 m حيث يكون الضغط 8.2×10^4 Pa؟ على فرض لم تتغير درجة الحرارة.
13. **الكثافة ودرجة الحرارة** إذا كانت درجة الحرارة الإبتدائية 0°C، كيف تتغير كثافة الماء عند تسخينها إلى 4°C؟ إلى درجة 8°C؟
14. **انضغاط الغاز** في محرك احتراق داخلي معين, $0.0021\ m^3$ من الهواء عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة 303 K ينضغط الهواء بسرعة إلى ضغط مقداره 2.01×10^6 Pa وحجم مقداره $0.0003\ m^3$. ما درجة الحرارة النهائية للغاز المضغوط؟
15. **الحجم المولي القياسي** ما حجم 1.00 mol من الغاز عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة 273 K؟
16. **الهواء في الثلاجة** كم عدد مولات الهواء الموجودة في ثلاجة حجمها $0.635\ m^3$ عند درجة حرارة 2.00°C؟ في حال كانت الكتلة المولية المتوسطة للهواء 29 g/mol. ما كتلة الهواء في الثلاجة؟
17. **التفكير الناقد** بالمقارنة مع الجسيمات التي تكون غاز ثاني أكسيد الكربون، فإن الجسيمات التي تكون غاز الهيليوم صغيرة جدًا. ما الذي تستنتجه من عدد الجسيمات في عينة 2.0 L من غاز ثاني أكسيد الكربون مقارنة بعدد الجسيمات في عينة 2.0 L من الهيليوم إذا كانت كلتا العينتين في نفس درجة الحرارة والضغط؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القوى داخل السوائل

الفيزياء في حياتك

خلال التمارين أو في يوم حار، يتعرق جسمك لتبريد نفسه. بتبخر العرق عن سطح جلدك، الجسيمات التي تمتلك طاقة حركية أعلى من المعدل تهرب من العرق السائل. يتناقص معدل الطاقة الحركية للجسيمات الباقية والذي يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة.



الفكرة الرئيسة

تحدث قوى التماسك بين جسيمات المادة الواحدة، بينما تحدث قوى التلاصق بين جسيمات المواد المختلفة.

الأسئلة الرئيسة

- ما التوتر السطحي؟
- ما قوى التلاصق؟
- كيف تتكون الغيوم؟

مراجعة المفردات

محصلة القوى net force هي مجموع جميع القوى على جسم ما

مفردات جديدة

قوى التماسك cohesive forces

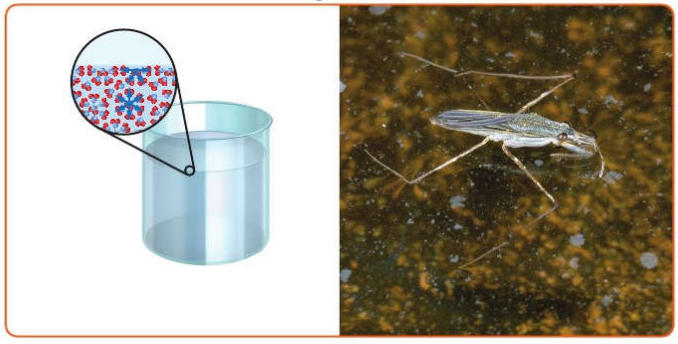
قوى التلاصق adhesive forces

قوى التماسك

في الشكل 7. يظهر يعسوب الماء وهو يمشي على سطح الماء عبر بركة الماء. هذه الحشرة خفيفة الوزن يمكنها أن تفعل هذا بسبب التوتر السطحي وهي خاصية ميل سطح السائل إلى أن يتقلص إلى أقل مساحة ممكنة. ينتج التوتر السطحي عن قوى التماسك بين جسيمات السائل. **قوى التماسك** هي قوى التجاذب التي تتبادلها الجسيمات مع بعضها البعض. لاحظ تحت سطح السائل في **الشكل 7**، كل جسيم من السائل منجذب بشكل متساوٍ في كافة الإتجاهات من قبل الجسيمات المجاورة. كنتيجة لذلك، لا توجد محصلة قوى تؤثر على الجسيمات تحت السطح. أما على السطح، تنجذب الجسيمات نحو الأسفل والجوانب لكن ليس للأعلى. يوجد محصلة قوى للأسفل، تؤثر على الطبقات العلوية وتتسبب في جعل طبقات السطح مضغوطة بشكل طفيف. تبدي طبقات السطح سلوك صفيحة ممدودة بشكل محكم هي قوية بشكل كافٍ لتحمل وزن الأجسام الخفيفة جدًا، مثل يعسوب الماء.

من الممكن أن تكون قد رأيت قطرات الماء تسبح على سيارة مغسولة ومشمعة حديثًا. لماذا تتشكل هذه القطرات الكروية؟ تتسبب القوة التي تسحب جسيمات السطح لسائل في جعل السطح صغيرًا بأكبر قدر ممكن والشكل الذي يملك أصغر سطح بالنسبة لحجمه هو الكرة. كلما زاد التوتر السطحي للسائل يكون السائل أكثر مقاومة لكسر سطحه. على سبيل المثال، فإن قوى تماسك سائل الزئبق أقوى من قوى تماسك الماء. يشكل الزئبق السائل قطرات كروية، حتى عندما يتم وضعها على سطح أملس. تنزلق قطرات الماء من على سطح أملس.

الشكل 7 يتحرك يعسوب الماء لأن الجسيمات الموجودة على السطح تتعرض إلى محصلة قوى اتجاهها إل أسفل. أما تحت السطح يتعرض كل جزيء من السائل للجذب بشكل متساوي في كافة الإتجاهات.



almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

اللزوجة في السوائل غير المثالية، قوى التماسك والتصادمات بين جسيمات السائل تسبب احتكاكًا داخليًا يبطئ تدفق السائل ويبدد الطاقة الميكانيكية. مقياس هذا الإحتكاك الداخلي يسمى بلزوجة السائل. الماء قليل اللزوجة، بينما يكون زيت المحرك لزج جدًا. كنتيجة للزوجته، يطفو زيت المحرك فوق أجزاء المحرك ليغمر الفلز ويقلل الإحتكاك. الحمم، صخور منصهرة تتدفق من بركان أو تنفذ من سطح الأرض، تعد واحدة من أكثر السوائل لزوجة. يوجد عدة أنواع من الحمم وتختلف درجة اللزوجة لكل نوع حسب التركيب ودرجة الحرارة.

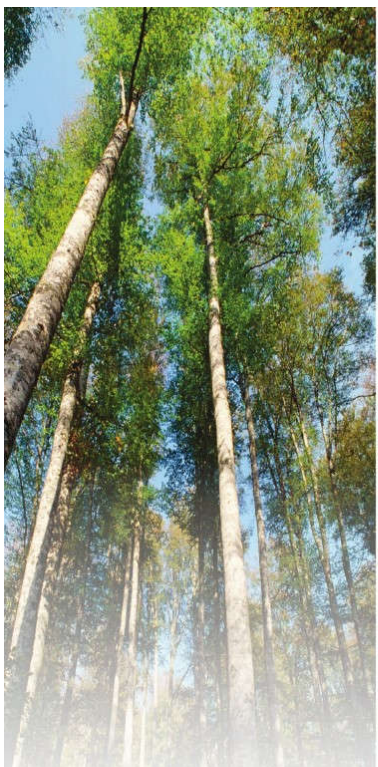
قوى التلاصق

كما قوى التماسك، **قوى التلاصق** هي قوى تجاذب بين جسيمات المواد المختلفة. عندما يتم وضع أنبوب زجاجي في كأس من الماء، يرتفع الماء على السطح الخارجي للأنبوب، كما يظهر في **الشكل 8**. قوى التلاصق بين جسيمات الزجاج وجزيئات الماء أقوى من قوى التماسك بين جزيئات الماء. في نفس السياق، قوى التماسك بين ذرات الزئبق أقوى من قوى التلاصق بين الزئبق والزجاج، لذلك فالزئبق لا يرتفع على الأنبوب. وتسبب هذه القوى أيضًا انخفاض سطح الزئبق حول الأنبوب، كما يظهر في **الشكل 8**.

إذا تم وضع أنبوب زجاجي ذو قطر داخلي صغير في الماء، فإن الماء يرتفع داخل الأنبوب. يحصل ذلك لأن قوى التلاصق بين الزجاج وجزيئات الماء أقوى من قوى التماسك بين جزيئات الماء. يستمر الماء في الإرتفاع حتى يتوازن وزن الماء الذي تم رفعه مع قوة التلاصق الإجمالية بين الزجاج وجزيئات الماء. إذا زاد نصف قطر الأنبوب، سيزداد حجم ووزن الماء بشكل أسرع نسبيًا من مساحة سطح الأنبوب.لذا يرتفع الماء لمستوى أعلى في الأنبوب الضيق مقارنة بالأنبوب الأكثر سمكًا. تُسمى هذه الظاهرة الخاصية الشعرية. وهي تسبب ارتفاع الشمع المنصهر في فتيل الشمعة وحركة الماء خلال التربة وإلى داخل جذور النباتات.

التبخر والتكاثف

لماذا تختفي بركة الماء في اليوم الحار والجاف؟ كما قرأت سابقًا تتحرك جسيمات السائل في سرعات مختلفة. إذا استطاعت الجسيمات التي تتحرك بسرعة أن تنفذ من خلال الطبقة السطحية فإنها سوف تهرب من السائل. ولكن بسبب وجود محصلة قوى تماسك متجهة نحو الأسفل على السطح فإن الجسيمات الأكثر طاقة تستطيع الهروب فقط. يسمى هروب الجسيمات هذا بالتبخر.



الفيزياء في الحياة اليومية

النباتات يتسبب مزيج قوى التلاصق والتماسك التي تؤثر على جزيئات الماء في الأنسجة النباتية بإنتاج قدر معين من التوتر. عندما تتبخر جزيئات الماء من الخلايا في الأوراق، يسحب هذا التوتر جزيئات الماء المجاورة إلى مزيد من الأوراق. تحافظ قوى التماسك على الماء وتمنع تحوله إلى قطرات فردية ويتم سحب الماء على طول النبات، في بعض الحالات، بقدر 115 متر.

الشكل 8 يتسبب قوى التلاصق، يتسلق الماء على الجدران الخارجية للأنبوب الزجاجي. في الزئبق، بينما، قوى التجاذب بين ذرات الزئبق أقوى من قوى التلاصق بين الزئبق والزجاج. لذلك، ينخفض سطح الزئبق حول الأنبوب.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التبريد بالتبخر للتبخر تأثير تبريدي. في يوم حار، يتعرق جسمك ويتبخر العرق ويجعلك تشعر بالبرودة. في بركة الماء، يتسبب التبخر في تبريد الجزء المتبقي من السائل. في كل مرة يهرب جزيء من الماء يمتلك طاقة حركية أعلى من المتوسط. ينخفض متوسط الطاقة الحركية للجزيئات المتبقية. كما تعلمت سابقًا، انخفاض في متوسط الطاقة الحركية هو انخفاض في درجة الحرارة. فرك كمية من الكحول براحة يديك له تأثير ملحوظ في التبريد عندما يتبخر عن جلد الإنسان. تتبخر جزيئات الكحول بسهولة لأن جزيئاتها تمتلك قوى تماسك ضعيفة. السائل الذي يتبخر بسرعة يسمى السائل المتطاير.

هل تساءلت من قبل لماذا الأيام الرطبة أكثر دفئًا من الأيام الجافة عند درجة الحرارة نفسها؟ في الأيام الرطبة، محتوى الهواء من بخار الماء يكون عالي. بسبب وجود الكثير من جزيئات الماء في الهواء مسبقًا، تصبح جزيئات الماء الناتجة عن عملية التعرق أقل عرضة للتبخر وبما أن التبخر هو آلية التبريد الأساسية للجسم، لذلك يكون الجسم غير قادر على تبريد نفسه في الأيام الرطبة.

التأكد من فهم النص **فسر** لماذا يكون للتبخر تأثير تبريدي.

التكاثف جسيمات السائل التي تبخرت إلى الهواء يمكن أيضًا أن تعود إلى الحالة السائلة إن انخفضت الطاقة الحركية أو درجة الحرارة، بعملية تدعى التكاثف. ماذا يحدث إن وضعت كأس بارد في منطقة ساخنة ورطبة؟ لا يلبث الجزء الخارجي من الكأس أن يغطى بماء متكاثف. تتحرك جزيئات الماء بشكل عشوائي في الهواء المحيط بالزجاج وتصطدم بالسطح البارد وإن خسرت طاقة كافية، تصبح قوى التماسك أقوى بشكل كاف لمنع هروبها.

الهواء فوق أي مسطح مائي، كما يظهر في **الشكل 9**، يحتوي على بخار ماء متبخر. الماء على شكل غاز. إذا انخفضت درجة الحرارة، يتكاثف بخار الماء حول جسيمات الغبار الصغيرة في الهواء وينتج قطيرات قطرها 0.01 mm فقط. تتشكل سحابة من هذه القطيرات على سطح الأرض تسمى الضباب. يتشكل الضباب غالبًا عندما يتم تبريد الهواء الرطب بالأرض الباردة. يحصل الضباب أيضًا بشكل بسيط عندما يتم فتح مشروب غازي. يتسبب الانخفاض المفاجئ في الضغط في انخفاض درجة حرارة الغاز في الوعاء، مما يؤدي إلى تكاثف بخار الماء الذائب في الغاز.

الشكل 9 الهواء السطحي الدافئ والرطب يرتفع. تتشكل الغيوم عندما يبرد الهواء ويتكاثف بخار الماء.

مختبر الفيزياء

التبريد بالتبخر

كيف يمكنك أن تستدل على وجود علاقة بين قوى التماسك ومعدلات التبخر؟

almanahj.com/ae

القسم 2 مراجعة

18. **الفكرة الرئيسية** تتضمن اللغة العربية مصطلح شريط لاصق وعبارة تعمل كمجموعة متماسكة. في هذه الأمثلة هل يكون مصطلح لاصق ومتماسكة مستخدمة في نفس سياق معناها في الفيزياء؟ اشرح إجابتك.

19. **التوتر السطحي** مشبك الورق. لديه كثافة أكبر من كثافة الماء ومع ذلك يمكن أن تجعله يطفو على سطح الماء. ما هي الإجراءات التي يجب أن تتبع لحدوث ذلك؟ فسّر.

20. **الطفو** كيف يمكنك ان توضح بأن ما حصل للمشبك ليس طفوًا؟

21. **التلاصق والتماسك** باستخدام مصطلحي التلاصق والتماسك فسر سبب التصاق الكحول على سطح الزجاج وعدم التصاق الزئبق.

22. **التبخر والتبريد** في الماضي عندما ترتفع درجة حرارة الطفل قد يقترح الطبيب بوضع أسفنجة مبللة بسائل يتبخر بسهولة برفق على رأس الطفل. لماذا هذا يساعد؟

23. **التفكير الناقد** في يوم حار ذو رطوبة عالية، جلست رنا خارجًا ومعها كوب من الماء البارد. لاحظت صديقتها سالي بأن الجدار الخارجي للكأس كان مغطى بالماء فاقترحت بأن الماء قد تسرب عبر الزجاج. قم بعمل تجربة لرنا لتوضح لسالي من أين أتى الماء.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الفكرة الرئيسة

المصاعد الهيدروليكية والأجسام الطافية تعتمد على القوى المبذولة من الموائع.

الأسئلة الرئيسة

- ما مبدأ باسكال؟
- كيف يتم تطبيق مبدأ أرخميدس على الطفو؟
- ما مبدأ بيرنولي في تدفق الهواء؟

مراجعة المفردات

الضغط pressure هو القوة المؤثرة عموديًا على سطح ما مقسومًا على مساحة ذلك السطح

المفردات الجديدة

مبدأ باسكال	Pascal's principle
قوة الطفو	buoyant force
مبدأ أرخميدس	Archimedes' principle
مبدأ بيرنولي	Bernoulli's principle
خطوط الجريان	streamlines

الفيزياء في حياتك

درهم كتلته 6.1 g يغوص في كوب من الماء، لكن زورق مع العديد من الركاب بإمكانه أن يطفو على بحيرة أو نهر. لماذا تطفو المادة الأثقل بينما تغوص المادة الأخف؟ ما الذي سيحدث إن تم ملء الزورق بالماء؟

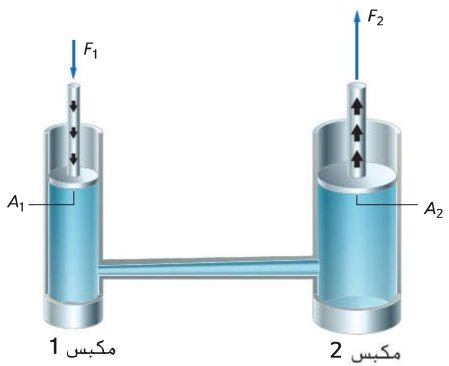
الموائع في السكون

إن سبق وغطست عميقًا في حوض سباحة أو بحيرة، شعرت على الأغلب بضغط على أذنيك. قد تكون لاحظت أن الضغط الذي شعرت به لا يعتمد على وضعية رأسك فيما إذا كان مائلًا أو مستقيمًا، لكن إن سبحت لعمق أكبر، يزداد الضغط.

مبدأ باسكال بليز باسكال، هو فيزيائي فرنسي وجد أن الضغط على نقطة في المائع تعتمد على عمقها في المائع وغير مرتبطة بشكل الوعاء الذي يوجد فيه المائع. كما أشار إلى أن أي تغير في الضغوط المطبقة على أي نقطة من المائع المحصور في وعاء يُنقل كاملًا بالتساوي إلى جميع أجزاء المائع وجدران الوعاء الحاوي له. حقيقة معروفة الآن باسم **مبدأ باسكال.** في كل مرة تضغط على أنبوب معجون أسنان مفتوح، تقوم بتطبيق مبدأ باسكال. ينتقل الضغط الذي تمارسه أصابعك على أسفل الأنبوب خلال معجون الأسنان وتجبر المعجون على الخروج من الأعلى. وبالمثل، فإن الضغط على أحد نهايتي بالون مملوء بالمائع، فإن النهاية الأخرى للبالون تنتفخ. أحد تطبيقات مبدأ باسكال هو استخدام الموائع في الآلات لمضاعفة القوى. في النظام الهيدروليكي الذي يظهر في **الشكل 10**، يحجز المائع في غرفتين متصلتين. في كل حجرة مكبس حر الحركة وكل مكبس له مساحة سطح مختلفة. تذكر أنه إذا كان (F_1) مبذولًا على المكبس الأول وكانت مساحة سطح A_1، فإن الضغط (P_1) المبذول على المائع هو $P_1 = \frac{F_1}{A_1}$. الضغط المبذول بواسطة المائع على المكبس الثاني والذي مساحة سطحه A_2 تكون $P_2 = \frac{F_2}{A_2}$.

الشكل 10 حيث أن F_1 يبذل ضغطًا على المكبس الصغير (المكبس 1)، فإن الضغط ينتقل عبر المائع. وكنتيجة لذلك، فإنه يتم بذل القوة المضاعفة (F_2) على المكبس الكبير (المكبس 2).

استنتاج كيف سيتغير F_2 إذا زادت قيمة F_1؟ اشرح السبب.



almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

24. كرسي طبيب الأسنان هو مثال عن نظام الرفع الهيدروليكي. إذا كان وزن الكرسي 1600 N ويستقر على مكبس مساحة مقطعه العرضي مقداره 1440 cm^2. فما مقدار القوة اللازم بذلها على المكبس الأصغر، مساحة مقطعه العرضي مقدارها 72 cm^2، لرفع الكرسي؟

25. فني ميكانيكي يبذل قوة مقدارها 55 N على مكبس هيدروليكي مساحة مقطعه العرضي 0.015 m^2 لرفع سيارة صغيرة. فإذا كانت مساحة المقطع العرضي للمكبس الذي تستقر عليه السيارة مقدارها 2.4 m^2. ما وزن السيارة؟

26. تحدي عن طريق مضاعفة القوة، فإن النظام الهيدروليكي يؤدي نفس الهدف الذي تقوم به الرافعة أو الأزجوحة. إذا وقف طفل يزن 400 N على مكبس موازن من قبل شخص بالغ يزن 1100 N ويقف على مكبس آخر، ما النسبة بين مساحتي مقطعي المكبسين؟

مختبر الفيزياء

تحت الضغط

ما الذي يسبب ألم الأذنين للغطاس؟

الشكل 11 يتم بناء الغواصات لتحمُّل ضغط الماء.

طبقًا لمبدأ باسكال، فإن الضغط ينتقل في المائع بدون تغير، لذا فإن الضغط P_2 يساوي في القيمة الضغط P_1. يمكنك تحديد القوة المبذولة بواسطة المكبس الثاني من خلال مطابقة الضغوط المتساوية وإيجاد الحل لـ F_2.

القوة المبذولة من قبل الرافعة الهيدروليكية

القوة المبذولة من قبل المكبس الثاني تساوي القوة المبذولة من قبل المكبس الأول مضروبًا في نسبة مساحة المكبس الثاني إلى مساحة المكبس الأول.

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

السباحة تحت الضغط

عندما تسبح، تشعر بأن ضغط الماء يزداد كلما غطست لعمق أكبر. ينتج هذا الضغط عن الجاذبية؛ وهو متعلق بوزن الماء الموجود فوقك. كلما سبحت أعمق، ستزداد كمية الماء التي فوقك ويزداد الضغط. ضغط الماء يساوي وزن عمود الماء (F_g) مقسومًا على مساحة المقطع العرضي للعمود (A). على الرغم من أن الجاذبية تسحب نحو الأسفل فقط، فإن المائع ينقل الضغط في كافة الاتجاهات؛ الأعلى والأسفل والجوانب. وكما ذكرنا آنفًا، فإن ضغط الماء $P = \frac{F_g}{A}$.

وزن عمود من المائع $F_g = mg$ والكتلة تساوي الكثافة (ρ) للمائع مضروبة في حجمه، $m = \rho V$. كما تعلم أيضًا بأن حجم المائع هو مساحة القاعدة للعمود مضروبة بارتفاعه، $V = Ah$. لذلك، $F_g = \rho Ahg$. تعويض ρAhg بدلًا من F_g يعطي $P = \frac{F_g}{A} = \frac{\rho Ahg}{A}$. نختزل A من البسط والمقام للحصول على أبسط صورة من معادلة الضغط الممارس من قبل عمود من المائع على الجسم المغمور.

ضغط المائع على الجسم

ضغط عمود من المائع على الجسم يساوي حاصل ضرب كثافة المائع في ارتفاع العمود في تسارع الجاذبية الأرضية.

$$P = \rho hg$$

يعتمد ضغط المائع على جسم ما على كثافة المائع وعمق الجسم و g. كما يظهر في **الشكل 11** واكتشفت الغواصات أعمق أخاديد المحيط وواجهت ضغوط تزيد عن الضغط الجوي القياسي بـ1000 مرة.

الربط بعلم الأحياء يستخدم علماء البيولوجيا الغواصات لمعرفة المزيد عن النظم البيئية في أعماق المحيط. في 1977 تم اكتشاف أول الفتحات الحرارية المائية عندما قام طاقم الغواصة ألفين بالرسو فوق قاع المحيط. تتشكل الفتحات الحرارية المائية عندما يتدفق الماء الساخن جدًا من الشقوق في قاع المحيط.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

بسبب وجود هذه الفتحات على عمق آلاف الأمتار تحت سطح المحيط، يمكن أن يزيد ضغط المائع مئة مرة عن الضغط الجوي القياسي. على الرغم من الضغط المرتفع وحقيقة أن ضوء الشمس لا يصل إليها، تزدهر الفتحات الحرارية المائية بالحياة. تؤوي الديدان الأنبوبية العملاقة البكتريا في أنسجتها. تستخدم البكتريا كبريتيد الهيدروجين من ماء الفتحات لإنتاج السكر، الذي يؤمن الطاقة لدعم كامل النظام الحيوي. تتضمن الكائنات الأخرى التي تعيش على الفتحات الحرارية المائية السمك وبلح البحر والروبيان والمحار والأخطبوطات. استخدمت غواصات العمق الكبير لاستكشاف الفتحات الحرارية المائية في المحيط الأطلسي والهندي والمحيط المتجمد الشمالي.

الطفو ما الذي ينتج القوة الرأسية إلى أعلى التي تسمح لك بالسباحة؟ ينتج عن تزايد الضغط مع تزايد العمق قوة نحو الأعلى تسمى **قوة الطفو**. بمقارنة قوة الطفو المؤثرة في جسم مع وزنه، يمكنك التوقع فيما إذا كان الجسم سيغوص أو سيطفو.

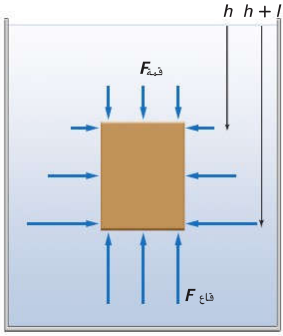
لنفترض أن صندوقًا ارتفاعه l ومساحة سطحيه العلوي والسفلي A غمر في الماء. فيكون حجم الصندوق $V = lA$. قوى ضغط الماء ممارسة على كافة الجوانب، كما يظهر في **الشكل 12**. هل سيغوص الصندوق أم يطفو؟ كما نعلم، يعتمد الضغط على الصندوق على عمقه (h). لتعرف فيما إذا كان سيطفو في الماء، أنت بحاجة لتحليل القوى المطبقة عليه والتي هي وزنه والقوى على كل جانب تبعًا لضغط المائع. قارن بين المعادلتين الآتيتين:

$$F_{\text{أعلى}} = P_{\text{أعلى}} A = \rho hgA$$
$$F_{\text{أسفل}} = P_{\text{أسفل}} A = \rho(l + h)gA$$

على الجوانب العمودية الأربعة، تتساوى القوى في جميع الاتجاهات، لذلك لا يوجد محصلة قوى أفقية. القوة باتجاه الأعلى على قاعدة الصندوق أكبر من القوة باتجاه الأسفل على السطح العلوي للصندوق، لذلك يوجد محصلة قوة باتجاه الأعلى. يمكن الآن تحديد قوة الطفو.

$$\begin{aligned} F_{\text{طفو}} &= F_{\text{أسفل}} - F_{\text{أعلى}} \\ &= \rho(l + h)gA - \rho hgA \\ &= \rho lgA = \rho Vg \end{aligned}$$

تظهر هذه الحسابات تناسب محصلة القوة نحو الأعلى مع حجم الصندوق. تساوي هذا الحجم مع الحجم المزاح من المائع أو الذي تم دفعه من قبل الصندوق. لذلك، فإن مقدار قوة الطفو (ρVg) يساوي وزن المائع المزاح من قبل الجسم.



الشكل 12 يؤثر المائع بقوة إلى أعلى في قاع الجسم المغمور أكبر من القوة المؤثرة إلى أسفل في السطح العلوي للجسم. محصلة القوة نحو الأعلى تسمى قوة الطفو.

قوة الطفو

قوة الطفو الواقعة على جسم ما تساوي وزن المائع الذي يزيحه الجسم. أي ما يعادل كثافة المائع المتدفق عند غمر جسم ما مضروبًا في حجم الجسم وفي تسارع الجاذبية الأرضية.

$$F_{\text{الطفوية}} = \rho_{\text{المائع}} Vg$$

مبدأ أرخميدس تم اكتشاف العلاقة بين قوة الطفو ووزن المائع المزاح من قبل الجسم في القرن الثالث قبل الميلاد من قبل العالم والرياضي اليوناني أرخميدس. **مبدأ أرخميدس** عند غمر جسم ما كليًا أو جزئيًا في مائع يتعرض لقوة دفع باتجاه الأعلى تساوي وزن المائع المزاح من قبل الجسم. لا ترتبط هذه القوة بوزن الجسم، بل ترتبط فقط بوزن المائع المزاح من قبل الجسم.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يغوص أو يطفو؟ إن كنت ترغب في معرفة فيما إذا كان جسم ما سيغوص أو وسيطفو، عليك أن تأخذ في الحسبان جميع القوى التي تؤثر على الجسم. تدفع قوة الطفو إلى الأعلى، لكن وزن الجسم يسحبه نحو الأسفل. يحدد الفرق بين قوة الطفو ووزن الجسم فيما إذا كان الجسم سيغوص أو سيطفو.

افترض أنك تغمر ثلاثة أجسام في خزان من الماء ($\rho_{\text{الماء}} = 1.00\times10^3\ \text{kg/m}^3$). حجم كل جسم $400\ \text{cm}^3$ أو $4.00\times10^{-4}\ \text{m}^3$. الجسم الأول هو قالب من الفولاذ كتلته 3.60 kg. الثاني هو عبوة صودا كتلتها 0.40 kg. الجسم الثالث هو مكعب من الجليد كتلته 0.36 kg كيف سيتحرك كل جسم عند غمره في الماء وتركه؟ بما أن كل جسم من الأجسام لديه الحجم نفسه، فإنه سيزيح نفس الكمية من الماء والقوة المتجهة نحو الأعلى هي نفسها على جميع الأجسام، كما يظهر في **الشكل 13**. يمكن حساب قوة الطفو على النحو التالي.

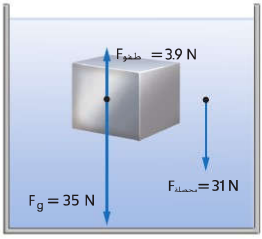
$$\begin{aligned} F_{\text{طفو}} &= \rho_{\text{ماء}} Vg \\ &= (1.00\times10^3\ \text{kg/m}^3)(4.00\times10^{-4}\ \text{m}^3)(9.8\ \text{N/kg}) \\ &= 3.9\ \text{N} \end{aligned}$$

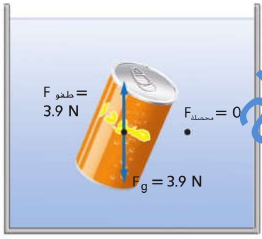
مختبر الفيزياء

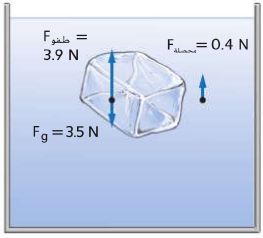
قوة الطفو للماء
لماذا نشعر بأن الحجر أخف في الماء؟

الشكل 13 تؤخذ جميع القوى المؤثرة على جسم ما بعين الاعتبار عندما يراد تحديد فيما إذا كان الجسم سيغوص أم سيطفو.

قم بوصف الظروف التي سيطفو الجسم فيها.







ملاحظة: متجهات القوة ليست مرسومة وفق مقياس رسم.

■ قوة الطفو

الغوص يبلغ وزن قالب الفولاذ 35 N وهو أكبر من قوة الطفو. يوجد محصلة قوة محصلة متجهة نحو الأسفل، لذلك سيغوص القالب. محصلة القوة المتجهة نحو الأسفل أقل من وزن الجسم الحقيقي. جميع الأجسام في السائل، حتى التي تغوص، لها قوة محصلة (الوزن الظاهري) أقل من القوة المحصلة عندما يكون الجسم في الهواء.

متعادل يبلغ وزن عبوة الصودا 3.9 N، وهذا يساوي وزن الماء المزاح. لذلك، لا يوجد قوة محصلة وستبقى العبوة في الماء أينما وضعت. يقال لدينا طفو متعادل.

الطفو يبلغ وزن مكعب الجليد 3.5 N وهو أقل من قوة الطفو. لذلك سيتأثر المكعب بقوة محصلة للأعلى وسيرتفع مكعب الجليد. سيطفو الجسم إذا كانت كثافته أقل من كثافة المائع الذي يوضع فيه.

almanahj.com/ae

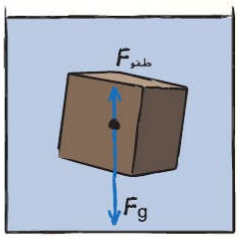
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 3

مبدأ أرخميدس حجر بناء من الجرانيت مكعب الشكل حجمه $(1.00\times10^{-3}\ m^3)$ مغمور في الماء. كثافة الجرانيت هي $2.70\times10^3\ kg/m^3$.

a. ما مقدار قوة الطفو المؤثرة على الحجر؟

b. ما القوة المحصلة أو الوزن الظاهري للحجر؟



1 تحليل المسألة

- ارسم مكعب الجرانيت مغمور في الماء.
- ارسم قوة الطفو نحو الأعلى وقوة الجاذبية (الوزن) نحو الأسفل المؤثرة على مكعب الجرانيت.

المعلوم	المجهول
$V = 1.00\times10^{-3}\ m^3$	$F_{طفو} = ?$
$\rho_{جرانيت} = 2.70\times10^3\ kg/m^3$	$F_{محصلة} = ?$
$\rho_{ماء} = 1.00\times10^3\ kg/m^3$	

2 حساب المجهول

a. احسب قوة الطفو المؤثرة على حجر الجرانيت.

$$F_{طفو} = \rho_{ماء} Vg$$

عوض ◄ $\rho_{ماء} = 1.00\times10^3\ kg/m^3$, $V = 1.00\times10^{-3}\ m^3$, $g = 9.8\ N/kg$.

$$= (1.00\times10^3\ kg/m^3)(1.00\times10^{-3}\ m^3)(9.8\ N/kg)$$

$$= 9.8\ N$$

b. احسب وزن الجرانيت. ثم احسب محصلة القوى له.

$$F_g = mg = \rho_{جرانيت} Vg$$

عوض ◄ $\rho_{جرانيت} = 2.70\times10^3\ kg/m^3$, $V = 1.00\times10^{-3}\ m^3$, $g = 9.8\ N/kg$.

$$= (2.70\times10^3\ kg/m^3)(1.00\times10^{-3}\ m^3)(9.8\ N/kg)$$

$$= 26.5\ N$$

$$F_{محصلة} = F_g - F_{طفو}$$

عوض ◄ $F_g = 26.5\ N$, $F_{طفو} = 9.8\ N$.

$$= 26.5\ N - 9.8\ N$$

$$= 16.7\ N$$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** القوى والأوزان بالنيوتن، كما هو متوقع.
- **هل الكمية منطقية؟** قوة الطفو حوالي ثلث وزن الجرانيت، إجابة معقولة لأن كثافة الماء حوالي ثلث كثافة الجرانيت.

تطبيق

27. القرميد العادي أكثف ب 1.8 مرة من الماء ما مقدار محصلة القوى المؤثرة على قطعة من القرميد حجمها $0.20\ m^3$ تحت الماء

28. تطفو فتاة في بحيرة ماء عذب ورأسها فوق الماء. إن كانت تزن 610 N ما حجم الجزء المغمور من جسمها؟

29. ما مقدار قوة الشد في سلك مثبت بكاميرا تزن 1250 N مغمورة بالماء؟ حجم الكاميرا $1.65\times10^{-2}\ m^3$.

30. لوح من البلاستيك الرغوي كثافته 0.10 كثافة الماء. ما أكبر وزن من الطوب يمكنك وضعه على اللوح الذي أبعاده $1.0\ m \times 1.0\ m \times 0.10\ m$ بحيث يطفو اللوح على الماء ويبقى الطوب جاف؟

31. تحدي تحتوي الزوارق غالبًا على قوالب من الفلين (البلاستيك الرغوي) للطفو أسفل المقاعد لكي تطفو في حالة امتلاء الزورق بالمياه. ما أقل حجم تقريبي من القوالب نحتاجه لطفو زورق يزن 480 N؟

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر الفيزياء

أول عالم في الطب الشرعي

مخبر طب شرعي هل كان أرخميدس أول عالم في الطب الشرعي؟

السفن كيف تتمكن السفن من الطفو وهي مصنوعة من الفولاذ؟ بإمكانك التحقيق في هذا من خلال صنع قارب صغير من رقائق ألمنيوم مطوية. يجب أن يطفو القارب بسهولة. أضف حمولة مثل مشابك الورق أو بعض الدراهم ستجد أن جزء أكبر منه ينغمر في الماء. جعد الرقاقة لكرة صغيرة سوف تغوص عند وضعها في الماء. عندما يكون القارب مجوف وكبير بما فيه الكفاية يكون معدل كثافته أقل من كثافة الماء. فيطفو. بإضافتك للحمولة، تزداد الكثافة وينغمر المزيد من القارب. كثافة الرقائق التي على شكل كرة أكبر من كثافة الماء لذلك تغوص.

مثال آخر عن مبدأ أرخميدس يتضمن الغواصات والأسماك. تستفيد الغواصات من مبدأ أرخميدس من خلال ضخ الماء داخل الحجرات أو خارجها لتغيير معدل كثافة الغواصة. مما يجعلها تغوص أو ترتفع. تستخدم الأسماك التي تمتلك مثانات هوائية مبدأ أرخميدس أيضًا للتحكم في عمقها. للتحرك إلى الأعلى في الماء، تقوم الأسماك بتوسيع المثانة الهوائية من خلال ملئها بالغاز لإزاحة المزيد من الماء لزيادة قوة الطفو. تتحرك الأسماك نحو الأسفل من خلال تقليص حجم المثانات الهوائية.

مبدأ بيرنولي

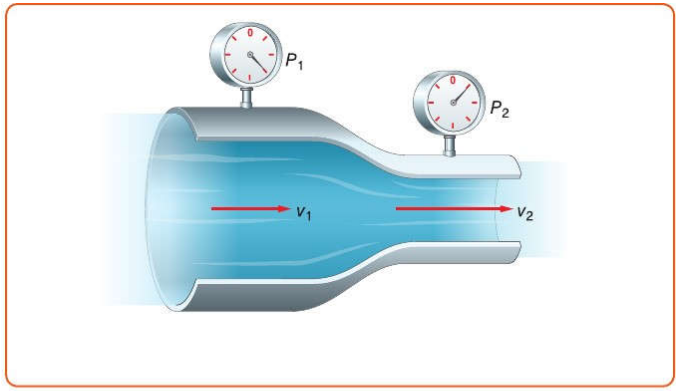
ادرس تدفق الماء من الخرطوم في **الشكل 14.** في الصورة في الأعلى، يتدفق الماء من الخرطوم دون عوائق. في الصورة في الأسفل، تم تضييق فتحة الخرطوم من قبل إبهام شخص وضعه فوقه. لاحظ أن تيار الماء في الأسفل يختلف عنه في الأعلى. سرعة تيار الماء في الصورة السفلى أكبر مقارنة بسرعته في الصورة العليا. ما لا يمكن رؤيته في الصور تناقص الضغط الممارس من قبل الماء في الصورة السفلية. تسمى العلاقة بين السرعة والضغط الممارس من قبل مائع متحرك نسبة للعالم السويسري دانيل بيرنولي. **مبدأ بيرنولي** ينص على أن ضغط المائع يتناقص كلما زادت سرعة جريانه. هذه العبارة هي تحقيقًا لمبدأ حفظ الشغل والطاقة عند تطبيقها على المائع.

مثال آخر يتضح عندما تتغير سرعة المياه في الجدول. قد تكون رأيت ازدياد سرعة تيار الماء أثناء عبوره المناطق الضيقة من مجرى الجدول. حيث أن فتحة الخرطوم وقناة الجدول تصبحان أكثر اتساعًا أو أقل اتساعًا، فإن سرعة المائع تتغير للحفاظ على التدفق الكلي للماء. يعتمد ضغط الدم في دورتنا الدموية جزئيًا على مبدأ بيرنولي. يساعد مبدأ بيرنولي في تفسير سحب الدخان من مدخنة الموقد.

الشكل 14 بإمكانك إثبات مبدأ بيرنولي بتضييق فتحة الخرطوم بمجرد خروج الماء منه. بتزايد سرعة الماء، يتناقص الضغط الذي تمارسه.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 15 المائع المتدفق عبر هذا الأنبوب يوضح أيضًا مبدأ بيرنولي. حيث أن سرعة المائع تزداد (v_2 أكبر من v_1)، ينخفض الضغط الناتج عن المائع أو ضغط المائع (P_2 أقل من P_1).

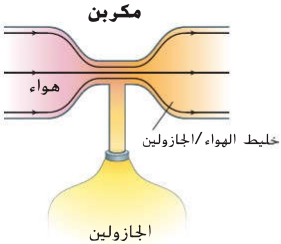
اعتبر أنبوب أفقي ممتلئ تمامًا بمائع مثالي يتدفق بسهولة. إن دخلت كتلة معينة من المائع من إحدى نهايتي الأنبوب، إذًا يجب أن تخرج كتلة مساوية من النهاية الأخرى. ما الذي سيحدث إن أصبح المقطع العرضي أضيق، كما يظهر في **الشكل 15؟** للحفاظ على نفس كتلة المائع المتحركة عبر المقطع الضيق خلال مدة ثابتة من الزمن، فإن سرعة المائع في الأنبوب يجب أن تزداد. تزداد سرعة المائع، تزداد الطاقة الحركية. يكون هناك محصلة شغل بُذلت على المائع لتسريع الحركة. يأتي هذا الشغل من الاختلاف بين الشغل الذي بذل لتحريك كتلة المائع إلى داخل الأنبوب والشغل الذي بذل من قبل المائع لدفع نفس الكتلة من المائع إلى خارج الأنبوب. يتناسب الشغل طرديًا مع القوة المؤثرة على المائع والتي بدورها تعتمد على الضغط. إن كان الشغل الكلي موجب، يجب أن يكون الضغط عند قسم المدخل حيث السرعة أقل، أكبر من الضغط عند المخرج حيث السرعة أعلى.

التأكد من فهم النص **صِف** العلاقة بين سرعة المائع والضغط الذي يبذله طبقًا لمبدأ بيرنولي.

تطبيقات مبدأ بيرنولي هناك الكثير من التطبيقات الشائعة لمبدأ بيرنولي، مثل رشاشات الطلاء والرشاشات المرفقة بخراطيم ري الحدائق لرش الأسمدة وأدوية مكافحة الحشرات على البساتين والحدائق. في نهاية خرطوم البخاخ، أنبوب يشبه القشة مغمور في محلول كيميائي في البخاخ. البخاخ متصل بخرطوم. يسمح الزناد الموجود على البخاخ للماء بالتدفق بسرعة عالية عبر الخرطوم، منتجًا منطقة ضغط منخفض فوق الأنبوب. فيسحب المحلول عبر الأنبوب إلى تيار الماء.

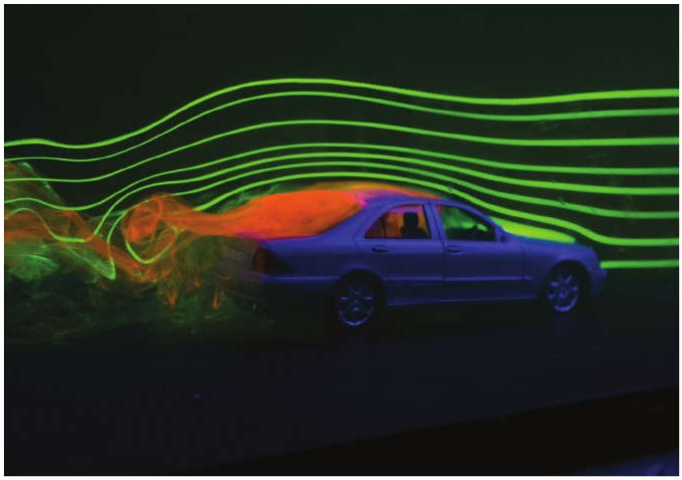
المكربن (المازج) في محركات الجازولين حيث يقوم بمزج الهواء والجازولين، تطبيق شائع آخر لمبدأ بيرنولي. جزء من المُكَرْبِن عبارة عن أنبوب فيه اختناق، كما هو موضّح في المخطط في **الشكل 16**. يكون الضغط على الجازولين في خزان الوقود هو نفس الضغط على الجزء الأكثر اتساعًا في الأنبوب. تدفق الهواء في الجزء الضيق من الأنبوب، االموصول بخزان الوقود، يكون تحت ضغط أقل، لذا يندفع الوقود في منطقة تدفق الهواء. وبتنظيم تدفق الهواء في الأنبوب، تتغير كمية الوقود المختلط مع الهواء. تستخدم المكربنات في الدراجات النارية وفي سيارات السباق ومحركات الماكينات التي تحتاج إلى كميات قليلة من الجازولين، مثل جزازات العشب البستانية.

الشكل 16 في المكربن، يسحب الضغط المنخفض في الجزء الضيق من الأنبوب الوقود إلى مجرى تدفق الهواء.



almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 17 خط الجريان يوضح الهواء المتدفق فوق السيارة في نفق هواء.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

خطوط الجريان

- **الاستخدام العلمي**
  خطوط تمثل تدفق الموائع حول الأجسام
  محاكاة لخطوط الجريان حول الطائرة
  يظهر عيوب التصميم
- **الاستخدام العام**
  لتوفير بساطة أو فعالية أكثر في الاستخدام
  نظام الحاسوب الجديد يبسط عملية التسجيل.

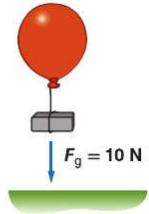
خطوط الجريان ينفق مصنعو السيارات والطائرات مقدارًا كبيرًا من الوقت والمال في إختبار تصميمات جديدة في أنفاق الرياح لضمان تحقيق أكبر قدر ممكن من فعالية الحركة في الهواء. تدفق الموائع حول الأجسام تمثله **خطوط الجريان**، كما هو موضح في **الشكل 17**. تحتاج الأجسام لطاقة أقل للتحرك عبر تدفق خطوط جريان بسلاسة.

يمكن إظهار خطوط الجريان بأفضل طريقة من خلال برهان بسيط. تخيل إسقاط قطرات صغيرة من الملونات الغذائية إلى مائع متدفق بسلاسة. إذا ظلت الخطوط الملونة المشكّلة رفيعة ومحددة جيدًا، فإن التدفق يقال عليه خط جريان. لاحظ إنه إذا ضاق مجرى التدفق، تتقارب خطوط الجريان من بعضها. تشير المسافات المتقاربة لخطوط الجريان إلى سرعة أكبر، وبالتالي، ضغط منخفض. إذا أصبحت خطوط الجريان دورانية ومتعرجة، يقال بأن تدفق المائع أصبح مضطرب. لا يطبق مبدأ بيرنولي على التدفق المضطرب للمائع.

القسم 3 مراجعة

32. الفكرة **الرئيسة** تحتوي كل عبوات الصودا على نفس الحجم من السائل، 354 mL وتزيح نفس الحجم من الماء. ماذا يمكن أن يكون الاختلاف بين العبوة التي تغوص والعبوة التي تطفو؟ تلميح: ضع عبوة ممتلئة من الصودا العادية وعبوة ممتلئة من الصودا الخالية من السكر في الماء.

33. **انتقال الضغط** مطلق الصاروخ اللعبة مصمم بحيث يقوم الطفل بدعس أسطوانة مطاطية، مما يعمل على زيادة ضغط الهواء في أنبوب إطلاق ودفع صاروخ اسفنجي في السماء. إذا قام الطفل بتوليد قوة من الدعس بمقدار 150 N على مكبس مساحته $2.5\times10^{-3}\ m^2$. فما مقدار القوة الإضافية المنتقلة لمساحة مقدارها $4.0\times10^{-4}\ m^2$ في أنبوب الاطلاق؟



الشكل 18

34. **الطفو في الهواء** يرتفع بالون الهيليوم لأن قوة الطفو للهواء ترفعه. كثافة الهيليوم هي $0.18\ kg/m^3$ وكثافة الهواء هي $1.3\ kg/m^3$. فما مقدار الحجم الذي يحتاج إليه بالون الهيليوم لرفع قالب الرصاص الموضّح في **الشكل 18**؟

35. **الطفو والكثافة** تزن صنارة الصيد بقطعة من الفلين تطفو بحيث يكون عشر حجمها مغمور في الماء. ما كثافة الفلين؟

36. **الضغط والقوة** سيارة تزن 2.3×10^4 N مرفوعة بواسطة أسطوانة هيدروليكية مساحتها $0.15\ m^2$.

a. ما مقدار الضغط في الأسطوانة الهيدروليكية؟

b. ينتج الضغط في أسطوانة الرفع بواسطة الدفع على أسطوانة مساحتها $0.0082\ m^2$. ما مقدار القوة التي يجب أن تمارس على الأسطوانة الصغيرة لرفع السيارة؟

37. أيهما يزيح كمية أكبر من الماء عند وضعهما في حوض؟

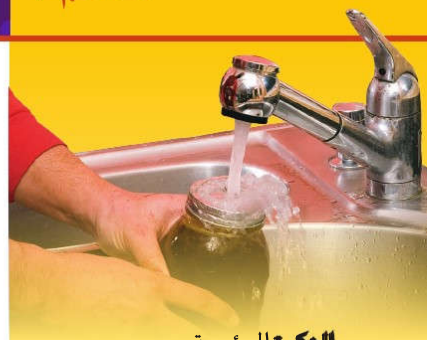
a. قالب كتلته 1.0 kg من الألمنيوم أو قالب كتلته 1.0 kg من الرصاص

b. قالب من الألمنيوم حجمه $10\ cm^3$ أو قالب من الرصاص حجمه $10\ cm^3$.

38. **التفكير الناقد** عندما يمر إعصار قوي على منزل أحيانًا ما يجعله يتفجر من الداخل إلى الخارج. كيف يمكن أن يشرح مبدأ بيرنولي هذه الظاهرة؟ ما الذي يمكن عمله لتقليل خطر اندفاع الباب أو الشباك إلى الخارج؟

almanahi.com/ae
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الأجسام الصلبة



الفيزياء في حياتك

اذا لم تكن قادرًا على فتح دورق زجاجي بغطاء فلزي، فإن وضعه في الماء الدافئ في كثير من الاحيان يساعد على فك الغطاء. هذا لأنه عند التسخين، يتمدد الغطاء الفلزي ليصبح أوسع من الدورق الزجاجي. ماذا يحصل فيما إذا كان كل من الدورق والغطاء الفلزي مكونين من نفس المادة؟

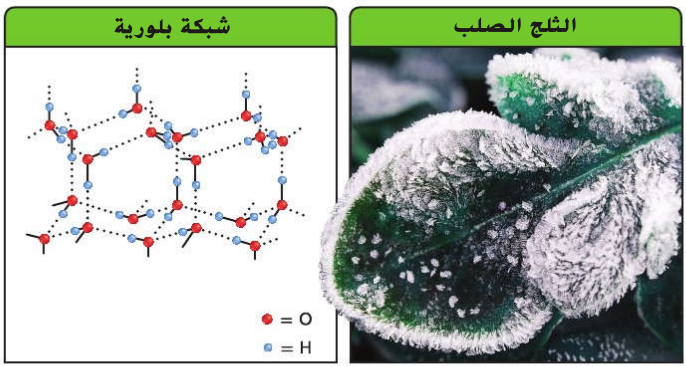
الأجسام الصلبة

ما هو الاختلاف بين المادة الصلبة والسائلة؟ المواد الصلبة قاسية .يمكن أن تقسم إلى أجزاء وتحافظ على شكلها. يمكنك دفع المواد الصلبة. المواد السائلة تتدفق ولا تحافظ على شكلها. إذا دفعت بإصبعك الماء .فسوف تمرر إصبعك من خلاله. وتحت ظروف معينة، لايمكن التمييز بين المواد الصلبة والسائلة بسهولة. إذا قمت بتسخين قارورة من الزجاج لصهرها .فالتحول من الحالة الصلبة إلى السائلة يكون تدريجيًا بحيث أنه خلال وقت معين من العملية سيكون من الصعب التمييز بين الحالتين.

عندما تنخفض درجة حرارة السائل .فإن متوسط الطاقة الحركية للجسيمات يتناقص. عندما تتباطأ حركة الجسيمات، فإن قوى التماسك يصبح لها تأثير أكبر .وبالنسبة للعديد من المواد الصلبة تصبح الجسيمات متجمدة على شكل نمط ثابت يدعى **الشبكة البلورية** الموضحة في **الشكل 19**. على رغم من أن قوى التماسك تبقي الجسيمات في مكانها .فإن هذه الجسيمات لا تتوقف عن الحركة بشكل كامل ضمن المادة الصلبة البلورية. بالأحرى .فإنها تهتز حول مواقع ثابتة. وفي مواد أخرى .فإن الجسيمات لا تشكل نمطًا بلوريًا ثابتًا. المواد التي ليس لها بنية بلورية منتظمة .ولها شكل وحجم محددان تدعى **المواد الصلبة غير البلورية.**

الضغط والتمدد عند تحول السائل إلى صلب، فإن جسيماتها تتقارب مع بعضها بشكل أكثر منة عندما تكون سائلة .مما يجعل المواد الصلبة أكثر كثافة من السوائل. على كل حال .فإن الماء يعد حالة استثنائية حيث يكون أكثر كثافة عند درجة 4°C. والماء أيضًا يعتبر استثناء من قاعدة عامة أخرى. بالنسبة لمعظم السوائل، زيادة الضغط على سطح السائل يرفع من درجة التجمد. ولأن الماء يتمدد عند تجمده فزيادة الضغط تعزز من تقارب الجسيمات وتقاوم التجمد. ولذلك فإن الضغط الأعلى يخفض من درجة تجمد الماء بدرجة طفيفة.

الشكل 19 عندما تنخفض درجة حرارة الماء ويتغير من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة فإن الجسيمات تتجمد مُشكّلة نمطًا يدعى الشبكة البلورية.



الفكرة الرئيسة

تتمدد الأجسام الصلبة عادة بالحرارة.

الأسئلة الرئيسة

- ما علاقة خصائص الجسم الصلب ببنيته التركيبية؟
- لماذا تتمدد الأجسام الصلبة وتنكمش عندما تتغير درجة الحرارة؟
- علل أهمية التمدد بالحرارة؟

مراجعة المفردات

قوة التماسك cohesive force هي قوة التجاذب بين ذرات المادة مع بعضها البعض

مفردات جديدة

شبكة بلورية crystal lattice

المواد الصلبة غير البلورية amorphous solid

معامل التمدد الطولي coefficient of linear expansion

معامل التمدد الحجمي coefficient of volume expansion

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

كانت هناك فرضية تقول أن الانخفاض في درجة تجمد الماء التي يسببها ضغط مزلاج المتزلج يولد طبقة رقيقة من الماء بين الجليد والزلاجة. وقد أظهرت المقاييس الحديثة أن الاحتكاك بين شفرة الزلاجة والجليد يولد ما يكفي من الطاقة الحرارية التي تصهر الجليد وتشكل طبقة رقيقة من الماء. إن هذا التفسير مؤيد بقياسات لرذاذ جسيمات الجليد ،والمعتقد أنها أكثر دفئًا من الجليد نفسه. نفس العملية تحدث خلال التزلج على الجليد.

مرونة المواد الصلبة: تطبيق عوامل خارجية على الجسم الصلب من الممكن أن تلويه، أو تمدده، أو تثنيه. إن إمكانية عودة الجسم الصلب إلى شكله الأصلي عند يزول تأثير العوامل الخارجية يدعى بمرونة المادة الصلبة. إذا حدث الكثير من التشويه ،فلن يعود الجسم الصلب إلى شكله الأصلي لأنه قد تم تجاوز حدود المرونة. تختلف خاصية المرونة حسب المادة وتعتمد على القوى التي تربط بين جسيماتها. قابلية الطرق والسحب عبارة عن خاصيتين تعتمدان على تركيب ومرونة المادة. ولأنه من الممكن جعل الذهب مسطحًا ويتم تشكيله كصفائح رقيقة ،فإنه يوصف بأنه قابل للطرق. يعد النحاس فلزًا قابلًا للسحب كونه يمكن سحبه إلى خيوط رفيعة من الأسلاك.

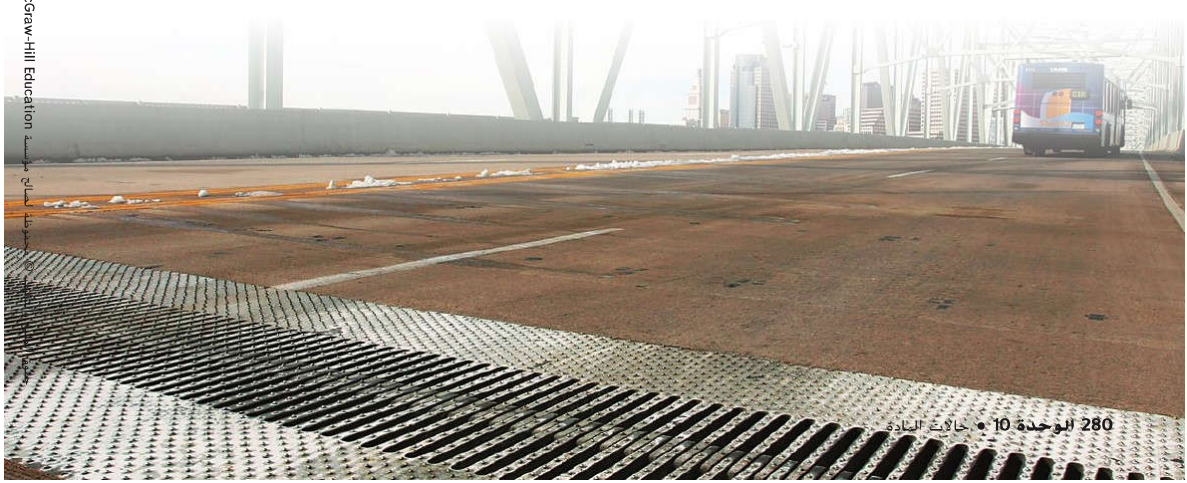
التمدد الحراري للمواد الصلبة

وجرت العادة بالنسبة للمهندسين تصميم فجوات صغيرة، تدعى مفاصل التمدد، في جسور الطريق السريع الصلب والخرساني للسماح للأجزاء بالتمدد الناتج عن حرارة الشمس. تظهر فيه مفاصل التمدد **الشكل 20.** تتمدد الأجسام بمقدار قليل عندما يتم تسخينها. ولكن ذلك المقدار الصغير من الممكن أن يكون عدة سنتيميترات في جسر يبلغ طوله 100 مترًا. إذا لم تتواجد هذه الفجوات الصغيرة، من الممكن أن ينثني الجسر أو تتكسر أجزاء منه. بعض المواد ،مثل الزجاج المصمم للطبخ في الأفران والمستخدم في التجارب المختبرية ،مصممة لتتعرض لأقل درجة محتملة من التمدد الحراري. مثل التليسكوب الضخمة المصنوعة من السيراميك والمصممة لتتحمل بشكل أساسي التمدد الحراري.

لفهم عملية تمدد المواد الصلبة بالحرارة، تصور الجسم الصلب كمجموعة من الجسيمات المتصلة بنوابض تمثل قوى التجاذب بين الجسيمات. عندما تقترب الجسيمات من بعضها بشكل كبير، فإن النوابض تعمل على إبعادها عن بعضها. عندما ترتفع حرارة الجسم الصلب تزداد الطاقة الحركية للجسيمات وتهتز بسرعة متحركة لتبتعد عن بعضها ،مما يضعف قوى التجاذب بين الجسيمات. وكنتيجة، عندما تهتز الجسيمات بشكل كبير مع ارتفاع درجة الحرارة، فإن متوسط التباعد بي الجسيمات يزداد ويتمدد الجسم الصلب.

الشكل 20 مفاصل التمدد توضع عندما تبنى الجسور، والسكك الحديدة والطرق السريعة.

استنتج لو لم يوجد مفاصل التمدد في هذه الطريق، ماذا كان سيحل به خلال فصل الصيف؟



McGraw-Hill Education حقوق الطبع محفوظة لصالح مؤسسة ©

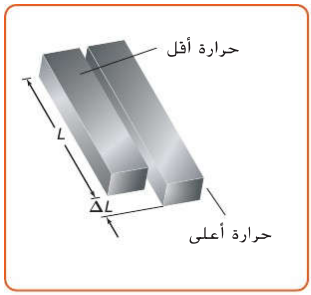
almanahi.com/ae

إن تغير الطول في الجسم الصلب يتناسب مع تغير درجة الحرارة، كما هو موضح في **الشكل 21**. سوف يتمدد الجسم الصلب بمقدار الضعف بزيادة درجة الحرارة بمقدار 20°C أكثر منه عندما تزداد بمقدار 10°C. والتمدد أيضًا يتناسب مع طول الجسم. وهذا يعني أن قضيبًا بطول 2 m سوف يتمدد ضعف تمدد قضيب بطول 1 m بنفس التغير في درجة الحرارة. طول (L_2) الجسم الصلب بدرجة حرارة T_2 يمكن إيجاده باستخدام العلاقة التالية حيث L_1 هو الطول في درجة حرارة T_1 و α معامل التمدد الطولي

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

باستخدام الجبر يمكنك حل المعادلة بالنسبة للمعامل α.

$$L_2 - L_1 = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$
$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$



الشكل 21. التغير في طول مادة يتناسب مع الطول الأصلي والتغير في درجة الحرارة

معامل التمدد الطولي

معامل التمدد الطولي يساوي التغير في الطول مقسومًا على الطول الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$$

وحدة معامل التمدد الطولي (1/°C أو $°C^{-1}$). **معامل التمدد الحجمي** مساوٍ للتغيير في الحجم مقسومًا على الحجم الأصلي والتغير في درجة الحرارة. معامل التمدد الحجمي (β) يكون عادةً ثلاث أمثال معامل التمدد الطولي.

معامل التمدد الحجمي

يساوي التغير في الحجم مقسومًا على حاصل ضرب الحجم الأصلي في التغير في درجة الحرارة.

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T}$$

وحدة β هو أيضا $°C^{-1}$ (1/°C).يوضح **الجدول 2** معاملي التمدد الحراري الطولي والحجمي لمواد مختلفة.

الجدول 2 معامل التمدد الحراري بدرجة حرارة 20°C

المادة	معامل التمدد الطولي α ($°C^{-1}$)	معامل التمدد الحجمي β ($°C^{-1}$)
المواد الصلبة		
الألمنيوم	2.3×10^{-5}	6.9×10^{-5}
الزجاج (الناعم)	9×10^{-6}	2.7×10^{-5}
الزجاج (المخصص ليدخل الفرن)	3×10^{-6}	9×10^{-6}
الأسمنت	1.2×10^{-5}	3.6×10^{-5}
النحاس	1.7×10^{-5}	5.1×10^{-5}
السوائل		
الميثانول		1.2×10^{-3}
الجازولين		9.5×10^{-4}
الماء		2.1×10^{-4}

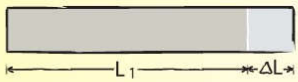
almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 4

التمدد الطولي ساق فلزي بطول 1.60 m في درجة حرارة الغرفة (21°C). نضع الساق الفلزي في فرن ونسخنه لدرجة حرارة 84°C ونقيسه فنجد أن طوله قد زاد بمقدار 1.7 mm. ما مقدار معامل التمدد الطولي لهذا الفلز؟

1 تحليل المسألة



- قم بإنشاء رسم تخطيطي للقضيب الأطول بمقدار 1.7 mm عند 84°C أكثر من 21°C.
- حدد الطول الأصلي للقضيب (L_1) والتغير في الطول (ΔL).

معلوم	مجهول
$L_1 = 1.60\ \text{m}$	$\alpha = ?$
$\Delta L = 1.7\times10^{-3}\ \text{m}$	
$T_1 = 21°\text{C}$	
$T_2 = 84°\text{C}$	

2 حساب المجهول

احسب معامل التمدد الطولي باستخدام العلاقة من حيث الطول وتغير الطول ودرجة الحرارة المعروفين.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$$

عوّض ◄ $\Delta L = 1.7\times10^{-3}\ \text{m},\ L_1 = 1.60\ \text{m},\ \Delta T = (T_2 - T_1) = 84°\text{C} - 21°\text{C}$

$$= \frac{1.7\times10^{-3}\ \text{m}}{(1.60\ \text{m})(84°\text{C} - 21°\text{C})}$$

$$= 1.7\times10^{-5}°\text{C}^{-1}$$

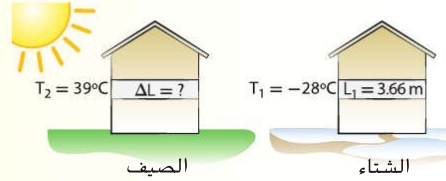
3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** لقد شرحت الوحدات بشكل صحيح $°\text{C}^{-1}$.
- **هل يبدو المقدار واقعيًا؟** حجم المعامل قريب من القيمة المتوقعة للنحاس.

almanahj.com/ae

تطبيق

39. كساء خارجي من الألمنيوم لمنزل بطول 3.66 m في يوم شتوي بارد درجة الحرارة فيه −28°C كم سيزيد طوله في يوم صيفي حار **الشكل 22؟**



الشكل 22

40. قطعة من الفولاذ طولها 11.5 cm عند درجة حرارة 22°C.تسخن لدرجة قريبة من درجة انصهارها، 1221°C. كم سيصبح طولها؟ معامل التمدد الطولي للفولاذ $1.2\text{x}10^{-5}(°\text{C}^{-1})$

41. كأس من الزجاج سعته 400 mL في درجة حرارة الغرفة ملىء للحافة بماء بارد درجة حرارته 4.4°C. عندما يدفأ الماء لدرجة 30.0°C. ما كمية الماء المنسكبة من الكأس؟

42. شاحنة صهريج محملة ب 45,725 L من الجازولين حيث تكون درجة الحرارة 28.0°C. ستوصل الشاحنة حمولتها إلى مدينة حيث تكون درجة الحرارة فيها 12.0°C−.

a. كم لترا من الجازولين ستوصل الشاحنة؟

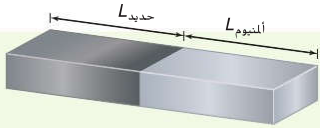
b. ماذا حصل للجازولين؟

43. فتحة قطرها 0.85 cm ثقبت بلوح من الفولاذ. عند درجة حرارة 30.0°C تلاءمت الفتحة مع ساق من الألمنيوم له نفس القطر. ما مقدار المسافة بين اللوح والساق عندما يتم تبريدهما لدرجة حرارة 0.0°C؟

44. تحدي مسطرة فولاذية مدرجة بالمليمترات تقيس المسطرة بدقة عند درجة حرارة 30.0°C. ما النسبة المئوية للخطأ في قراءتها عند درجة حرارة 30.0°C−؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تحدي



تحتاج إلى صنع قضيب طوله 1.00 m يتمدد بازدياد درجة حرارة كما يتمدد قضيب نحاس طوله 1.00 m. كما يظهر في الشكل على اليسار يجب أن يكون القضيب مصنوع من قضيب من الحديد والآخر من الألمنيوم مرتبطة ببعضها في نهايتها. كم يجب أن يكون طول كل منهما؟

تطبيقات التمدد الحراري يأخذ المهندسون بعين الاعتبار مسألة التمدد الحراري عندما يصممون هياكل البناء. لقد قرأتم عن مفاصل التمدد الحراري التي يتم تركيبها في الطرق الأسمنتية الرئيسة والجسور. إن الفجوات النظامية بين ألواح الأسمنت في الأرصفة تساعد أيضًا على منعها من الانثناء عندما يتمدد الأسمنت بفعل الطقس الحار. المواد المختلفة تتمدد بدرجات مختلفة، كما هو موضح في معاملات التمدد الموجود في **الجدول 2**. ينظر المهندسون أيضًا في معدلات التمدد عند تصميم الأنظمة. وغالبًا ما تستخدم قضبان الحديد لتعزيز الخرسانة. يجب أن يكون للحديد والخرسانة نفس معامل التمدد الحراري. وإلا، من الممكن أن يتصدع في يوم حار. وبصورة مشابهة، فإن مواد الحشو المستخدمة لتصليح الأسنان يجب أن تتمدد وتتقلص بنفس درجة مينا الأسنان.

لاختلاف درجات التمدد تطبيقات مفيدة. فمثلاً، استفاد المهندسون من هذه الاختلافات لبناء وسيلة مفيدة تدعى الشريط ثنائي الفلز. والمستخدم في الثيرموستات. الشريط ثنائي الفلز يتكون من شريطين من الفلزات المختلفة الملتحمة أو المثبتة معًا. عادةً يكون أحد الشرائط نحاس والآخر من الحديد. عند التسخين، يتمدد النحاس أكثر من الحديد. عندما يتم تسخين ثنائي الفلز، يصبح الجزء النحاسي أطول من جزء الحديد. وكنتيجة، فإن الشريط ثنائي الفلز يتمدد بالنحاس وينحني بالنحاس للخارج. إذا برد الشريط ثنائي الفلز، فإنه ينحني بالاتجاه المعاكس. وبهذه الحالة يكون النحاس منحنيًا للداخل.

في الثيرموستات المنزلي، يصمم الشريط ثنائي الفلز بحيث ينحني باتجاه التماس الكهربائي عندما تبرد الغرفة. عندما تسخن الغرفة أقل من إعدادات الثيرموستات، فإن الشريط ثنائي الفلز ينحني بشكل كافٍ لعمل التماس كهربائي مع الجزء الذي يشغل المكيف. عندما تبرد الغرفة، ينحني الشريط ثنائي الفلز بالاتجاه الآخر. عندما تصل درجة حرارة الغرفة إلى إعدادات الثيرموستات، فإن الدائرة الكهربائية تقطع وينطفئ المكيف.

تجربة مصغرة

القفازات

هل تستطيع الحرارة تغيير شكل قرص ثنائي الفلز؟

almanahj.com/ae

القسم 4 مراجعة

45. **الفكرة الرئيسة** في يوم حار، أنت تركب باب من الألمنيوم لباب إطاره من الحجر. تريد أن يكون الباب ملائمًا تماما ليوم شتوي بارد. هل ينبغي عليك أن تجعل الباب مناسبًا بشكل محكم أو ستترك فراغًا إضافيًا؟

46. **أنواع المواد الصلبة** ما وجه الاختلاف بين شمعة مصنوعة من مادة الشمع وأخرى من الجليد؟

47. **التمدد الحراري** هل يكفي أن تسخن قطعة من النحاس حتى يبلغ طولها الضعف؟

48. **حالات المادة** هل يزودنا **الجدول 2** بطريقة للتمييز بين المواد الصلبة والسائلة؟

49. **المواد الصلبة والسائلة** يمكن تعريف المادة الصلبة على أنها مادة يمكن ثنيها وهي تقاوم الثني. اشرح كيف أن هذه الخصائص ترتبط بالرابطة بين جسيمات المادة الصلبة ولا ينطبق ذلك على المادة السائلة.

50. **التفكير الناقد** الحلقة الحديدية في **الشكل 23** كانت صنعت بقطع جزء منها. إذا سخنت الحلقة الصلبة في الشكل. هل ستكون الفجوة أكبر أم أصغر؟ فسر إجابتك.

الشكل 23

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المسار المنحني القواعد!

خلال مباراة قبل كأس العالم للعام 1998، أدهش لاعب كرة القدم البرازيلي روبيرتو كارلوس مشجعيه وأصدقائه اللاعبين بثني ركلة حرة حول حائط المدافعين على بعد أقله مترا وضرب المرمى من الداخل وتسجيل هدف. المتفرجون الوحيدون الذين لم يذهلوا كانوا من علماء الفيزياء فى الجمهور، حيث كان بإمكانهم بسهولة تفسير المسار المنحني الغريب لهذا المسار!

الشكل 1 هناك طائر يلقي نظرة على كرة قدم تلتف حول محورها عموديا على مجرى الهواء الذي يتخللها.

الشكل 2 المسار المنحني للكرة الدوارة سيتلولب تدريجيا بشكل أصغر ويبقى الدوران ثابتًا.

اثنيها مثل كارلوس المسار المنحني لتسديدة كارلوس موضح هنا في **الشكل 1**. في التسديدة المنحنية، ليست قوة الدفع هي القوة الوحيدة التي تؤثر في الكرة من الهواء. قوة أخرى، تدعى قوة ماغنوس، أيضا تؤثر في الكرة. قوة ماغنوس قام بتفسيرها غوستاف ماغنوس لأول مرة عام 1852. كان يحاول أن يحدد سبب انحناء قذائف المدفعية والرصاص بجهة واحدة. قوة ماغنوس تعمل على ثني مسار كرة القدم أيضا.

في **الشكل 2** إن الجانب الأيسر من الكرة ينحني في نفس اتجاه تدفق الهواء حول الكرة أثناء تحركها. وكنتيجة، فإن الضغط على الجهة اليسرى من الكرة يقل. لاحظ بأن الجهة اليمنى من الكرة تنحني في الاتجاه المعاكس لتدفق الهواء. تزداد قوة الدفع على الجانب الآخر من الكرة. وبسبب عدم توازن هذه القوى تنحني الكرة إلى الجهة اليسرى. الكرة المتحركة ببطء مع دوران كثير سوف تتعرض لقوى جانبية ضمن مسارها أكثر من الكرة المتحركة بسرعة كبيرة وبنفس الدوران. وعند تباطؤ الكرة في نهاية مسارها، يصبح انحناؤها واضحا. ولأن كارلوس كان قد تدرب على هذه التسديدة مرات لا تحصى، فقد علم تحديدا أين ستنحني الكرة عن مسارها أثناء هجومها على الهدف.

المزيد من التعمق >>>

ابحث في كيفية اختلاف المقذوفات، مثل البيسبول والهوكي والأقراص الطائرة في تصميمها لتنطلق وكيفية تأثير ذلك على الألعاب من حيث طريقة استخدامها.

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفكرة الرئيسة تحدد الطاقة الحرارية لمادة ما والقوى التي تربط بين جسيماتها خصائصها.

القسم 1 خصائص الموائع

المفردات
- الموائع
- الضغط
- باسكال
- القانون العام للغازات
- قانون الغاز المثالي
- التمدد الحراري
- البلازما

الفكرة الرئيسة الموائع تنساب، وليس لها شكل محدد وتتضمن السوائل والغازات والبلازما.

- إن المادة بحالتها المائعة تنساب وليس لها شكلاً محددًا خاصًا بها.
- القانون العام للغازات يمثل العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة حرارة الغاز.

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

- قانون الغاز المثالي يمثل العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز.
- البلازما هي حالة شبيهة بالحالة الغازية تتكون من إلكترونات سالبة وأيونات موجبة.

القسم 2 القوى داخل السوائل

المفردات
- قوى التماسك
- قوى التلاصق

الفكرة الرئيسة تحدث قوى التماسك بين جسيمات المادة الواحدة، بينما تحدث قوى التلاصق بين جسيمات المواد المختلفة.

- التوتر السطحي هو ميل سطح السائل ليتجمع بأصغر مساحة ممكنة. ينتج التوتر السطحي عن قوى التجاذب التي تنضغط فوق بعضها كالجسيمات.
- الخاصية الشعرية تحدث عند ارتفاع السائل في أنبوب دقيق لأن قوى التلاصق بين الأنبوب والسائل اقوى من قوى التماسك بين جسيمات السائل.
- تتكون الغيوم عندما يتبخر الماء في الغلاف الجوي ويتكاثف مشكلاً قطرات حول جسيمات الغبار.

القسم 3 الموائع عند حالات السكون والحركة

المفردات
- مبدأ باسكال
- قوة الطفو
- مبدأ أرخميدس
- مبدأ بيرنولي
- خطوط الجريان

الفكرة الرئيسة إن المصاعد الهيدروليكية والأجسام الطافية، تعتمد على القوى التي تبذلها الموائع.

- ينص مبدأ باسكال على أن التغير الذي يطرأ بتطبيق الضغط يمكن نقله وهو ثابت ضمن الجسم المائع.
- طبقًا لمبدأ أرخميدس، فإن قوة الطفو تساوي وزن المائع الذي أزاحه الجسم.
- مبدأ بيرنولي ينص على أن ضغط المائع يقل عندما تزداد سرعته.

القسم 4 الأجسام الصلبة

المفردات
- الشبكة البلورية
- مادة صلبة غير بلورية
- معامل التمدد الطولي
- معامل التمدد الحجمي

الفكرة الرئيسة المواد الصلبة عادةً ما تتمدد بالحرارة.

- المادة الصلبة البلورية لديها نمط منتظم من الجسيمات، بينما المادة غير البلورية لديها نمط غير منتظم من الجسيمات. إن قابلية الطرق والتمدد تعتمد على نوع البنية.
- عندما تتغير درجة حرارة الجسم الصلب، فإن الطاقة الحركية لجسيماته تتغير كذلك. عندما يتغير اهتزاز الجسيمات، يتمدد الجسم الصلب بتزايد درجة الحرارة ويتقلص بانخفاضها.
- يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار معامل تمدد المواد عند تصميم الأنظمة المختلفة.

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 1 خصائص الموائع

إتقان المفاهيم

51. كيف يختلف الضغط عن القوة؟

52. يتم وضع غاز في حاوية محكمة الإغلاق وبعض السائل في حاوية أخرى لها الحجم نفسه. ولكل من الغاز والسائل حجمًا معينًا. كيف سيختلفان؟

53. ما الخصائص التي يتشابه فيها الغاز مع البلازما؟ وما أوجه الاختلاف بينهما؟

54. تتكون الشمس من البلازما.كيف تختلف بلازما الشمس عن تلك الموجودة على الأرض؟

إتقان حل المسائل

55. كتب مدرسية كتاب فيزياء كتلته 1.85 kg وبأبعاد 24.0 cm × 20.0 cm على الطاولة.

a. ما القوة التي يطبقها الكتاب على الطاولة؟

b. ما الضغط الذي يسببه الكتاب على الطاولة؟

56. مهمة التصنيف رتب الحالات الآتية تصاعديًا تبعًا للضغط، من الأصغر إلى الأكبر. .

A. 20 N تضغط على سطح مساحته 0.35 m^2

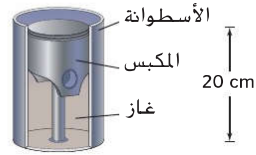
B. 20 N تضغط على سطح مساحته 0.65 m^2

C. 50 N تضغط على سطح مساحته 0.05 m^2

D. 50 N تضغط على سطح مساحته 0.35 m^2

E. 60 N تضغط على سطح مساحته 0.55 m^2

57. كما هو موضح في **الشكل 24**، يتكون الثيرموميتر ثابت الضغط من أسطوانة تحتوي على مكبس يتحرك بحريّة داخل الأسطوانة .ويبقى كل من الضغط وكمية الغاز داخل الأسطوانة ثابتين. وعندما تزداد درجة الحرارة أو تنخفض يتحرك المكبس إلى الأعلى أو إلى الأسفل في الأسطوانة. وعند درجة حرارة 0°C. كان ارتفاع المكبس 20 cm كم سيكون ارتفاعه عندما تصبح درجة الحرارة 100°C؟



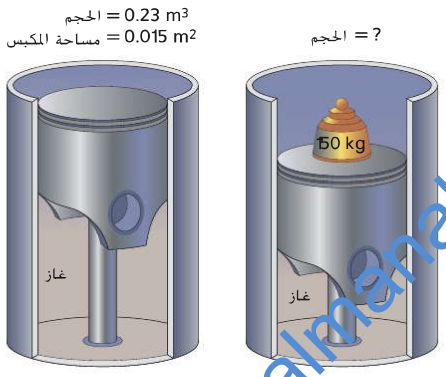
الشكل 24

58. المشروبات الغازية تُصنع المشروبات الغازية من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المذاب في سائل. لتحضيره يلزم حوالي 8.0 L من غاز ثاني اكسيد الكربون عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة 300.0 K تذاب في زجاجة غازية (صودا) سعتها 2 L. الكتلة المولية المولية لـ CO_2 هي 44g/mol.

a. كم عدد المولات في ثاني أكسيد الكربون الموجود في زجاجة سعتها 2 L؟ (1 L = 0.001 m^3)

b. ما كتلة ثاني أكسيد الكربون في زجاجة مياه غازية سعتها 2 L؟

59. مكبس مساحته 0.015 m^2 يحصر كمية ثابتة من الغاز في أسطوانة حجمها 0.23 m^3. إن الضغط الابتدائي للغاز يساوي 1.5×10^5 Pa. عند وضع جسم كتلته 150 kg على المكبس تحرك المكبس نحو الأسفل متخذًا موضعًا جديدًا كما هو موضح في **الشكل 25** . عند ثبات درجة الحرارة ما مقدار الحجم الجديد للغاز في الأسطوانة.



الشكل 25

60. السيارات يصمم إطار سيارة معينة ليستخدم عند ضغط معاير 30.0 psi (أي *30* رطل لكل بوصة مربعة). (رطل واحد لكل بوصة مربعة يساوي 6.90×10^3 Pa)، إن مصطلح ضغط معاير يعني الضغط الأعلى من الضغط الجوي. وهكذا، فإن الضغط الفعلي في الإطار هو

1.01×10^5 Pa + (30.0 psi)(6.90×10^3 Pa/psi) = 3.08×10^5 Pa. عندما تتحرك السيارة، تزداد درجة الحرارة الإطار. ويزداد الحجم والضغط أيضًا. افترض أنك تملأ إطارات السيارات بالهواء للحجم 0.55 m^3 عند درجة حرارة 280 K. وكان الضغط الابتدائي 30.0 psi ولكن تزداد درجة الحرارة أثناء القيادة إلى 310 K ويزداد حجم الإطار إلى 0.58 m^3.

a. ما مقدار الضغط الجديد في الإطار؟

b. ما الضغط المعاير الجديد؟

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

القسم 2 القوى في الحالة السائلة

إتقان المفاهيم

61. البحيرات البحيرة المتجمدة تنصهر في الربيع. ما التأثير الذي يحدثه ذلك على درجة حرارة الهواء فوق البحيرة؟

62. التنزه إن حافظات الماء التي يستخدمها المتنزهون تكون مغطاة بأكياس من قماش إذا قمت بترطيب الكيس القماشي الذي يغطي الحافظة، سوف يبرد الماء بداخلها. فسر ذلك.

القسم 3 الموائع في حالات السكون والحركة

إتقان المفاهيم

63. ماذا تخبرك الأنابيب المتوازنة في **الشكل 26** عن الضغط الذي يولده السائل؟

الشكل 26

64. طبقًا لمبدأ باسكال، ماذا يحدث للضغط في أعلى الوعاء إذا ازداد الضغط في الأسفل؟

65. قارن بين ضغط الماء على عمق واحد متر تحت سطح بركة الصغيرة مع ضغط الماء عند نفس العمق تحت سطح بحيرة؟

66. هل يطبق مبدأ أرخميدس على جسم ما داخل قارورة في سفينة فضائية في مدار حول الأرض؟

67. يجري تيار مائي في خرطوم الحديقة ضمن الفوهة. عندما يزداد تدفق الماء، ماذا يحدث لضغطه؟

إتقان حل المسائل

68. خزانات المياه إذا كان عمق الماء خلف سد 17 m. ما مقدار ضغط الماء في المواضع التالية؟

a. قاعدة السد

b. على عمق 4.0 m من سطح الماء

69. يستقر أنبوب اختبار عموديًا على حامل أنابيب إختبار ويحتوي على 2.5 cm من النفط ($\rho = 0.81\ g/cm^3$) و 6.5 cm من الماء. ما مقدار الضغط الذي يؤثر به السائلان على قاع أنبوب الاختبار؟

70. في مجال التحف قطعة أثرية فلزية صفراء لتمثال عصفور معلق يشير المقياس إلى 11.81 N عندما يتم تعليق التمثال في ميزان زنبركي في الهواء ويشير إلى 11.19 N عندما يتم غمره بالماء.

a. أوجد حجم التمثال.

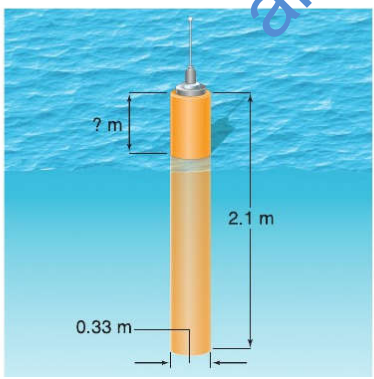
b. هل تمثال الطائر مصنوعًا من الذهب ($\rho = 19.3\times10^3\ kg/cm^3$) أو الألمنيوم المطلي بالذهب ($\rho = 2.7\times10^3\ kg/cm^3$)؟

71. خلال تجربة خاصة بالبيئة وضع حوض سمك مملوء نصفه بالماء على ميزان. فكانت قراءة الميزان 195 N.

a. تم إضافة حجر إلى الحوض بوزن 8 N إذا غاص الحجر إلى أسفل الحوض، فما قراءة الميزان؟

b. أزيل الحجر من الحوض وتم ضبط كمية الماء حتى يشير الميزان مرة أخرى إلى 195 N. أضيفت سمكة إلى الحوض بوزن 2 N ما قراءة الميزان مع وجود السمكة في الحوض؟

72. علم المحيطات كما هو مبين في **الشكل 27**، طوافة كبيرة تستخدم لدعم بحوث علم المحيطات ومصنوعة من خزان أسطواني مجوف من الحديد. يبلغ ارتفاع الخزان 2.1 m ونصف قطره 0.33 m. تبلغ الكتلة الإجمالية للطوافة وأدوات البحث حوالي 120 kg. يجب أن تطفو الطوافة بحيث تكون إحدى نهايتها فوق الماء لتدعم جهاز الإرسال اللاسلكي. على فرض أن كتلة الطوافة موزعة بالتساوي، ما مقدار ما سيغمر من الطوافة فوق خط الماء عندما تطفو؟



الشكل 27

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

73. ما مقدار قوة الطفو المؤثرة على كرة وزنها 26.0 N تطفو في المياه العذبة؟

74. ما مقدار الوزن الظاهري لصخرة مغمورة في الماء، إذا كان وزن الصخرة 45 N في الهواء وحجمها $2.1\times10^{-3}\ m^3$؟

75. ما أقصى وزن يمكن لبالون مملوء بمقدار $1.00\ m^3$ من الهليوم أن يرفعه في الهواء؟ افترض أن كثافة الهواء $1.20\ kg/m^3$ وكثافة الهليوم $0.177\ kg/m^3$. أهمل كتلة البالون.

76. إذا كانت صخرة تزن 54 N في الهواء وعند غمرها في سائل كثافته مثلي كثافة الماء كان وزنها الظاهري 46 N ما مقدار وزنها الظاهري عند غمرها في الماء؟

القسم 4 الأجسام الصلبة

إتقان المفاهيم

77. كيف يختلف ترتيب جسيمات المادة الصلبة البلورية عن المادة الصلبة غير البلورية؟

78. هل يعتمد معامل التمدد الطولي على وحدة قياس الطول المستخدمة؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

79. لوح من فلز غير معلوم طوله 0.975 m عند درجة حرارة 45°C وطوله 0.972 m عند درجة حرارة 23°C. احسب معامل تمدده الطولي؟

80. يصمم مخترع ثيرموميتر من شريط ألمنيوم بطول 0.500 m عند درجة حرارة 273 k. ويقيس درجة الحرارة عن طريق قياس طول شريط الألمنيوم. إذا اراد المخترع ان يقيس تغير في درجة الحرارة مقداره 1.0 k كم بالضبط سيكون طول الشريط؟

81. الجسور جسر فولاذي يبلغ طوله 300 m في يوم من شهر أغسطس بدرجة حرارة 30°C كم سيكون أطول مقارنة بليلة درجة الحراة فيها −10°C في شهر يناير؟

82. أنابيب نحاس طولها 2.00 m ما مقدار التغير في طولها إذا تم رفع درجة الحرارة من 23°C إلى 978°C؟

83. حجر أسمنتي حجمه $1.0\ m^3$ ما مقدار التغير في حجم الحجر إذا ارتفعت درجة حرارته بمقدار 45°C؟

84. غالبًا ما يستخدم بناؤو الجسور مساميرًا حجمها أكبر من حجم الثقب الذي تدخل فيه عند صنع مفاصل التثبيت.يُبرد المسمار قبل وضعه في الثقب. افترض أن البناء قام بعمل ثقب قطره 1.2230 cm لمسمار قطره 1.2250 cm. لأي درجة حرارة يجب أن يبرد المسمار ليناسب الثقب، بدرجة حرارة 20.0°C؟

85. خزان فولاذي مملوء بالميثانول قطره 2.000 m وارتفاعه 5.000 m. يبدو ممتلئًا عند درجة حرارة 10.0°C.إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 40.0°C ما مقدار كمية الميثانول (باللتر) الذي سيتدفق خارج الخزان، علمًا أن كلًا من الخزان والميثانول سيتمددان؟

86. يتم تسخين كرة من الألمنيوم من 11°C إلى 580°C. إذا كان حجم الكرة هو $1.78\ cm^3$ عند 11°C. فما الزيادة في حجم الكرة عند درجة حرارة 580°C؟

87. يبلغ حجم كرة نحاس $2.56\ cm^3$ بعد تسخينها من 12°C إلى 984°C. ما حجم كرة النحاس عند درجة حرارة 12°C؟

88. صفيحة من الحديد مربعة الشكل طول ضلعها 0.3300 m. تسخن من الدرجة 0°C إلى 95°C.

a. ما مقدار التغير في الطول الذي يطرأ على جوانب الصفيحة؟

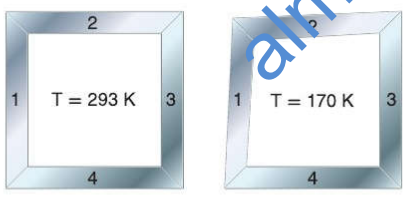
b. ما مقدار التغير الذي يطرأ على مساحة الصفيحة؟

89. مكعب من الألمنيوم حجمه $0.350\ m^3$ عند درجة حرارة 350.0 K تم تبريده لدرجة حرارة 270.0 K.

a. ما حجمه عند الدرجة 270.0 K؟

b. كم سيصبح طول أحد جوانبه عند الدرجة 270.0 K؟

90. في مجال الصناعة يصنع خبير الميكانيكا جزءًا ميكانيكيا مستطيل الشكل من أجل نظام مميز للبرادات من قطعتين مستطيليتين من الفولاذ وقطعتين مستطيليتين من الألومنيوم. عند درجة حرارة 293 K، تكون القطعة مربعة تمامًا ولكن تصبح القطعة مشوهة عند 170 K كما في **الشكل 28**. أي النوعين كان مصنوعًا من الفولاذ وأيها من الألمنيوم؟



الشكل 28

تطبيق المفاهيم

91. صندوق على شكل متوازي مستطيلات يرتكز بسطحه الأكبر على طاولة تم تدويره بحيث أصبح مرتكزًا على الطاولة بسطحه الأصغر. هل الضغط على الطاولة زاد أم قل أم بقي ثابت؟

92. أثبت أن الباسكال يكافئ $kg/m{\cdot}s^2$.

almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

93. شحن البضائع هل تغوص سفينتان متماثلتان تمامًا إحداهما فارغة والأخرى مليئة بكرات تنس طاولة. هل تغوص الثانية في الماء لعمق اكبر أم لعمق أقل من الفارغة؟ فسر إجابتك.

94. ما عمق وعاء من الماء الضغط عند قاعه يساوي قيمة الضغط في قاع وعاء مملوء بالزئبق وعمقه 10 cm. علمًا بأن كثافة الزئبق أكبر بمقدار 13.55 مرة من كثافة الماء.

95. وضعت قطرات من الزئبق والماء والإيثانول والأسيتون على سطح مستوٍ أملس، كما هو موضح في **الشكل 29**. حيث الزئبق هو أقصى يسار الشكل. ما الذي يمكن أن تستنتجه حول قوى التماسك في هذه السوائل؟

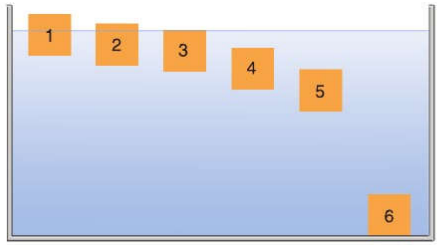
الشكل 29

96. يتبخر الكحول بشكل أسرع من الماء عند درجة الحرارة نفسها. من خلال هذه الملاحظة ماذا يمكنك أن تستنتج عن خصائص الجسيمات في كلا السائلين؟

97. وضعت خمسة أجسام في خزان من الماء كثافاتها على النحو التالي:

a. 85 g/cm^3
b. 0.95 g/cm^3
c. 1.05 g/cm^3
d. 1.15 g/cm^3
e. 1.25 g/cm^3

كثافة الماء 1.00 g/cm^3. يظهر **الشكل 30** ست مواضع محتملة لها. اختر لهذه الأجسام الخمسة موضعًا من المواضع الستة. ليس شرطًا اختيار جميع المواضع.



الشكل 30

98. تسخن كميات متساوية من الماء في أنبوبين متطابقين. إلا أن الأنبوب A مصنوع من الزجاج العادي والأنبوب B مصنوع من الزجاج المقاوم للحرارة. بازدياد درجة الحرارة،يرتفع مستوى الماء أكثر في الأنبوب B منه في الأنبوب A. فسر ذلك.

99. يمكن لسلك من البلاتين أن يسد أنبوبًا من الزجاج. ولكن لا يمكن لسلك من النحاس أن يحكم سده. فسر ذلك.

مراجعة عامة

100. ما مقدار الضغط على جسم غواصة عند عمق 65 m؟

101. رياضة الغطس الغواص الذي يسبح في مياه عند عمق 5.0 m يطلق 4.2×10^{-6} m^3 فقاعات من الهواء. ما حجم فقاعات الهواء قبل وصولها إلى سطح الماء مباشرةً؟

102. مسألة معكوسة اكتب مسألة فيزيائية بأشياء من الواقع تكون فيها المعادلة التالية جزءًا من الحل:

$$T_1 = \frac{(61.2\text{ kPa})(28.0\text{ L})(273\text{ K})}{(77.0\text{ kPa})(25.0\text{ L})}$$

103. الفكرة الرئيسة يطفو شريط من الألمنيوم في وعاء من الزئبق. عندما ترتفع درجة الحرارة،هل يطفو الألمنيوم أعلى أم يغرق عميقًا في الزئبق؟

104. يوجد 100.0mL من الماء في كوب من الزجاج المصمم (العادي) سعته 800.0mL عند درجة حرارة 15.0°C. كم سيرتفع مستوى الماء أو ينخفض عندما يتم تسخين الكوب والماء لدرجة 50.0°C؟

105. صيانة السيارات تستخدم رافعة هيدروليكية لرفع السيارات للإصلاح. تسمى حاملة 3 أطنان. قطر المكبس الكبير 22 mm. أما قطر المكبس الصغير 6.3 mm. لنفرض بأن قوة حاملة 3 أطنان 3.0×10^4 N.

a. ما مقدار القوة التي يجب أن تبذل على المكبس الصغير لرفع 3 أطنان؟

b. معظم روافع السيارات تستخدم رافعة لتقليل القوة التي يحتاجها المكبس الصغير. إذا كان طول ذراع المقاومة 3.0 cm. ما طول ذراع القوة لتقليل القوة إلى 100.0 N؟

106. ركوب المنطاد يحتوي منطاد الهواء الساخن على حجم ثابت من الغاز. عندما يُسخن الغاز فإنه يتمدد ويهرب بعض الغاز من النهاية المفتوحة. ونتيجة لذلك يتم تقليل كتلة الغاز في المنطاد. لماذا يجب أن يكون الهواء في المنطاد أسخن ليحمل نفس العدد من الناس فوق قمة ترتفع 2400 m عن سطح البحر أكثر من قمة ترتفع 3 m عن سطح البحر؟

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التفكير الناقد

107. طرح المسائل أكمل هذه المسألة بحيث يمكن حلها باستخدام قوة الطفو والقانون الثاني لنيوتن: قطعة من فلز حجمها 2.4 cm^3 وكتلتها 0.56 kg ....".

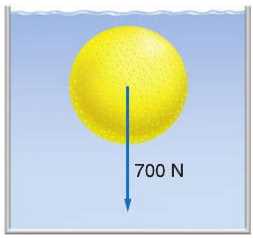
108. حلّل واستنتج يستند أحد أساليب قياس نسبة الدهون في الجسم على حقيقة أن الأنسجة الدهنية أقل كثافة من الأنسجة العضلية. كيف يمكن تقدير متوسط كثافة شخص باستخدام ميزان وبحيرة أو بركة سباحة؟ ما القياسات التي يحتاج الطبيب لتسجيلها لإيجاد معدل النسبة المئوية للدهون في جسم شخص ما؟

109. حلل واستنتج يلزم قوة رأسية إلى أسفل مقدارها 700 N لغمر كرة من البلاستيك الرغوي في الماء. كما هو موضح في **الشكل 31**. كثافة البلاستيك 95 kg/m^3.

a. ما النسبة المئوية للجزء المغمور من الكرة إذا تركت تطفو في الماء بحُرّيّة؟

b. ما وزن الكرة في الهواء؟

c. ما حجم الكرة؟



الشكل 31

110. تطبيق المفاهيم غالبًا ما يتم نقل الأسماك الاستوائية لأحواض السمك المنزلية في أكياس بلاستيكية شفافة مملوءة بالماء جزئيًا. إذا كنت قد وضعت سمكة في كيس مغلق وقمت بوضعه في حوض السمك في المنزل. أي من الحالات في **الشكل 32** أفضل تمثيل لما سيحدث؟ فسر إجابتك.

الشكل 32

الكتابة في الفيزياء

111. بعض المواد الصلبة تتمدد عندما يتم تبريدها. من الأمثلة الأكثر شيوعًا الماء بدرجة حرارة بين 4°C و 0°C. ولكن الأشرطة المصنوعة من المطاط تتمدد أيضًا عندما يتم تبريدها. ابحث في أسباب هذا التمدد.

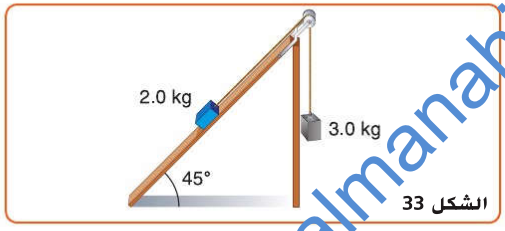
112. ابحث في إنجازات جوزيف لويس جاي لوساك في قوانين الغاز. كيف قاد عمل جوزيف لويس جاي لوساك لاكتشاف صيغة الماء؟

مراجعة تراكمية

113. طوبتان متصلتان بحبل على بكرة عديمة الاحتكاك وعديمة الكتلة إحداهما تقع على السطح المائل والأخرى معلقة على أعلى حافة السطح كما هو موضح في **الشكل 33**. كتلة الطوبة المعلقة 3.0 kg والطوبة على السطح كتلتها 2.0 kg. معامل الاحتكاك الحركي بين الطوب والسطح المائل هو 0.19. أجب عن الأسئلة التالية على فرض أن الكتلتان قد تحررتا من السكون.

a. ما تسارع الكتلتان؟

b. ما مقدار قوة الشد في الحبل الذي يربط بين الكتل؟



الشكل 33

114. تتحرك سيارة صغيرة كتلتها 875 kg جنوبًا بسرعة 15. m/s تصطدم بسيارة كتلتها 1584 kg تتجه شرقًا بسرعة 12. m/s التصقت السيارتان ببعضهما وتم حفظ الزخم.

a. ارسم رسمًا تخطيطيًا للحالة معينًا محاور الاحداثيات ومحددًا الحالة "قبل التصادم" و "بعد التصادم".

b. أوجد اتجاه وسرعة حطام السيارتين مباشرة بعد التصادم. تذكر أن الزخم كمية متجهة.

c. انزلق الحطام على سطح الأرض ثم توقف. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي خلال الانزلاق 0.55. مع افتراض أن التسارع ثابت. ما مقدار المسافة التي ينزلقها الحطام بعد التصادم؟

115. محرك قدرته 188 W يرفع حمولة بسرعة 6.5 cm/s. ما مقدار أكبر حمولة يمكنه رفعها؟

almanahj.com/ae

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الاختيار من متعدد

1. غاز حجمه 10.0 L مضغوط في أسطوانة قابلة للتمدد. إذا بلغ الضغط ثلاثة أمثال وازدادت درجة الحرارة بمقدار 80% (بمقياس كلفن) كم سيبلغ حجم الغاز الجديد؟

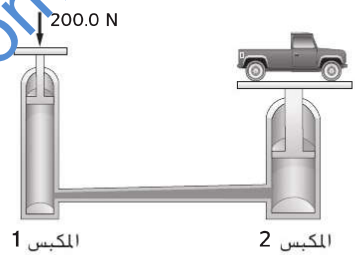
A. 2.70 L
C. 16.7 L
B. 6.00 L
D. 54.0 L

2. عند معدل الضغط الجوي القياسي، 101.3 kPa، يكون حجم عينة من غاز النيتروجين $0.080\ m^3$. إذا كان هنالك 3.6 mol من الغاز، كم ستكون درجة الحرارة؟

A. 0.27 K
C. 0.27°C
B. 270 K
D. 270°C

3. طبقا للشكل أدناه تطبق قوة مقدارها 200.0 N على المكبس الأول لرافعة هيدروليكية والتي تبلغ مساحتها $5.4\ cm^2$. ما مقدار الضغط المطبّق على المائع الهيدروليكي؟

A. 3.7×10^1 Pa
C. 3.7×10^3 Pa
B. 2.0×10^3 Pa
D. 3.7×10^5 Pa



4. إذا بذل المكبس الثاني للرافعة في الشكل السابق قوة مقدارها 41,000 N، ما مساحة المكبس الثاني؟

A. $0.0049\ m^2$
C. $0.11\ m^2$
B. $0.026\ m^2$
D. $11\ m^2$

5. إذا كانت كثافة خشب شجر جوز الهند $1.10\ g/cm^3$. ما مقدار الوزن الظاهري لتمثال من خشب الشجرة الذي يزيح 786 mL ماء عندما يُغمر في بحيرة من الماء العذب؟

A. 0.770 N
C. 7.70 N
B. 0.865 N
D. 8.47 N

6. ما قوة الطفو على جسم كتلته 17 kg ويزيح 85 L في الماء؟

A. 1.7×10^2 N
C. 1.7×10^5 N
B. 8.3×10^2 N
D. 8.3×10^5 N

7. أي من التالية لا يحتوي على مادة في حالة البلازما؟

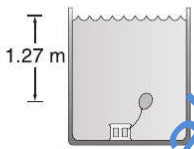
A. ضوء النيون
B. النجوم
C. البرق
D. الإضاءة المتوهجة

8. افترض أنك تستخدم المثقب لعمل ثقب دائري في صفيحة من الألمنيوم. إذا سخنت الصفيحة ماذا سيحدث لحجم الثقب؟

A. سوف ينقص.
B. سوف يزداد.
C. سوف ينقص ثم يزداد.
D. سوف يزداد ثم ينقص.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

9. بالون يحتوي هواء بحجم 125 mL تحت ضغط جوي معياري، 101.3 kPa إذا كان البالون مثبت على عمق 1.27 m تحت سطح بركة السباحة، كما هو موضح في الشكل أدناه. ما حجم البالون الجديد؟



almanahj.com/ae

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

24

ازات والموجات

ـة الموجات والحركة التوافقية البسيطة من أمثلة الحركة الدورية.

دورية

الموجات

وجات

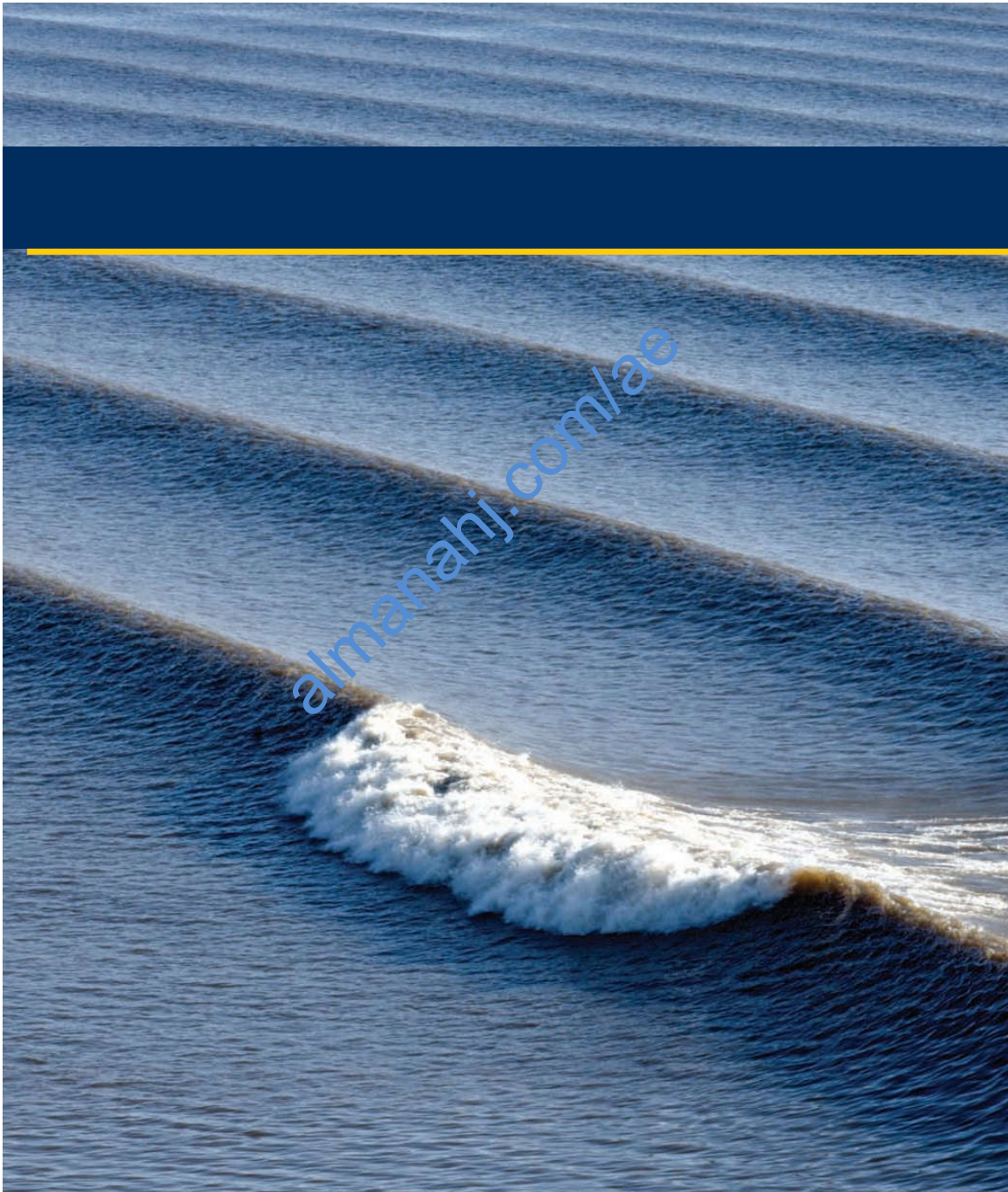
الاستهلالية

ت

كن أن تُرسل عبر النابض؟

almanahj.com/ae

McGraw


almanahj.com/ae

القسم 1

الحركة الدورية

الفيزياء في حياتك

لعلك شاهدت تنويمًا مغناطيسيًا باستخدام ساعة جيب قديمة، حيث كانت الساعة تعلق بوساطة خيط طويل نسبيًا ثم تُسحب جانبيًا وتُترك لتتحرك ذهابًا وإيابًا بإيقاع منتظم يشبه حركة البندول البسيط المستخدم في ساعات الحائط الكبيرة. إن حركة ساعة الجيب المعلقة أثناء اهتزازها وحركة البندول داخلها تسمى حركات دورية.

الكتلة المعلقة في النابض

إن حركة جسم فلزي مثبت في الطرف الحر لنابض معلق رأسيًا إلى أعلى وإلى أسفل وحركة أوتار الغيثارة المهتزة وحركة أغصان الشجر المتمايلة في مهب الريح تشبه إلى حد ما حركة البندول البسيط. وهذا النوع من حركة هذه الأجسام وغيرها تعد من الأمثلة على **الحركة الدورية**.

في الأمثلة السابقة وفي جميع الأجسام التي تتحرك حركة دورية منتظمة تكون محصلة القوى المؤثرة في الجسم صفرًا عند موضع ما. ويكون الجسم عندها في حالة اتزان. وعند سحب الجسم المهتز بعيدًا من موضع الاتزان تصبح محصلة القوى المؤثرة فيه لا تساوي صفرًا. وتعمل محصلة القوى هذه على إعادة الجسم المهتز إلى موضع اتزانه. يُعرف **الزمن الدوري** (T) بأنه الزمن الذي يستغرقه جسم لعمل دورة كاملة من الحركة. تُعرف **سعة** الحركة بأنها الحد الأقصى للمسافة لإزاحة الجسم على أحد جانبي موضع الاتزان.

الحركة التوافقية البسيطة في **الشكل 1**، تتناسب القوة التي يؤثر بها النابض طرديًا مع استطالته، فإذا سحبت الكتلة إلى أسفل وتركتها، فإنها سترتد صعودًا وهبوطًا حول موضع الاتزان. وإذا كانت القوة المحصلة التي تعيد الجسم المهتز إلى موضع اتزانه تتناسب طردًا مع إزاحة الجسم وبإتجاه معاكس فإن الحركة الناتجة تسمى **الحركة التوافقية البسيطة**.

☑ **التأكد من فهم النص** متى تكون حركة الجسم المهتز حركة توافقية بسيطة؟

■ **الكتلة المؤثرة في النابض**

الشكل 1 تتناسب القوة التي يؤثر بها النابض في الكتلة المعلقة به طرديًا مع إزاحتها.

حدّد الإزاحة إذا كانت الكتلة تساوي $0.5\ mg$

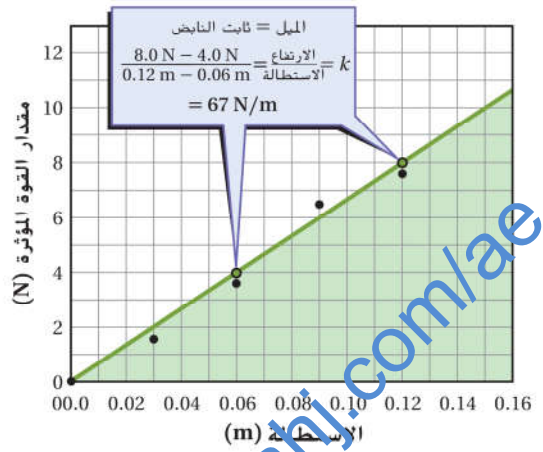
almanahj.com/ae

McGraw-

1
قوة والاستطالة في النابض

مقدار القوة المؤثرة في نابض (N)	ة (m)
0.0	0
1.9	0.0
3.7	0.0
6.3	0.0
7.8	0

إيجاد ثابت النابض



جاد ثابت النابض من حساب ميل المنحنى بين القوة والاستطالة. حيث إن
أسفل المنحنى تساوي طاقة الوضع المختزنة في النابض.

ي

1 نتائج تجريبية للعلاقة بين مقدار القوة التي
طالته. يبيّن **الشكل 2** المستقيم الأفضل تمثيلًا
لاقة الخطيّة المبيّنة في التمثيل إلى العلاقة
القوة المؤثرة في النابض، واستطالته. ويخضع
يه قوة تتناسب طرديًّا مع استطالته **لقانون**

ى تساوي حاصل ضرب ثابت النابض في استطالته
ع اتزانه.

$$F = -kx$$

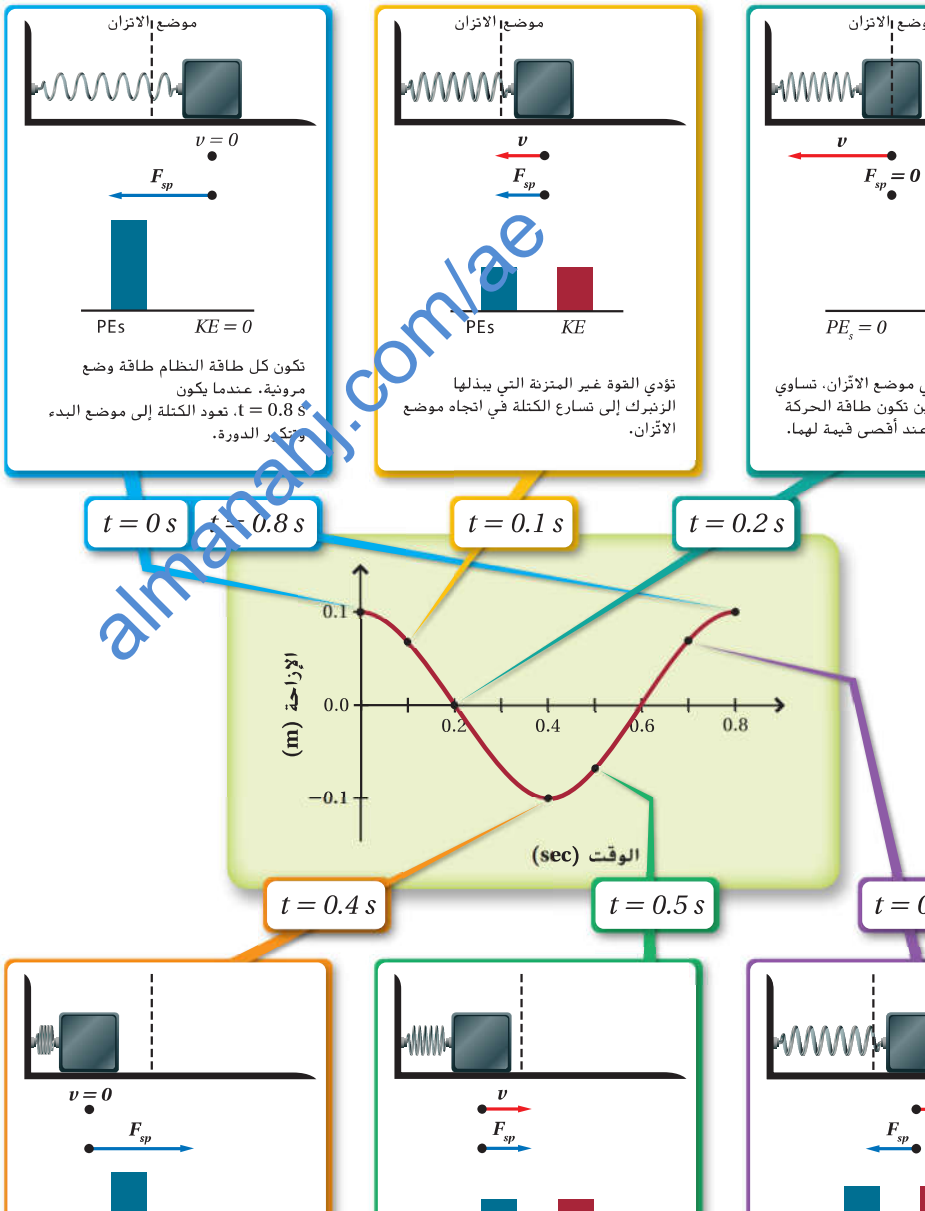
نابض الذي يعتمد على الصلابة وخصائص
ستطالة النابض من موضع اتزانه. لاحظ
قيم للخط البياني للعلاقة بين مقدار القوة
. ويشير الميل الحاد إلى أن قيمة k تكون
هوك باستخدام وحدات القياس الدولية

سالبة في قانون هوك إلى أن اتجاه القوة التي

قانون هوك والنوابض المرنة تطبق قانون هوك على النوابض بشرط أن يبقى التناسب ثابتًا بين القوة المؤثرة والاستطالة. أما إذا أصبح التناسب غير ثابت فإنه لا يمكننا تطبيق قانون هوك. فهو لا ينطبق على الأشرطة المطاطية، لأن التناسب بين القوة والاستطالة غير ثابت. وبشكل عام فإن النوابض التي ينطبق عليها قانون هوك تُسمى نوابض مرنة، بينما النوابض التي لا ينطبق عليها قانون هوك تسمى نوابض غير مرنة. وفي النابض الواحد نطبق قانون هوك عليه في حدود ثبات التناسب بين القوة والاستطالة. لكن عندما تزيد القوة على حد معين فإن استطالة النابض تزداد بشكل كبير. عندها لا تكون الاستطالة متناسبة مع القوة فلا يمكن تطبيق قانون هوك. وعندها نقول إن النابض قد تجاوز حد المرونة.

طاقة الوضع عندما يستطيل نابض فإنه يكتسب طاقة وضع مرونية، والشغل الذي تبذله القوة المؤثرة يساوي المساحة تحت المنحنى البياني للعلاقة بين القوة والاستطالة. ما مقدار الشغل المبذول لاستطالة النابض؟ في **الشكل 2**، تمثل المساحة تحت المنحنى الشغل المبذول لاستطالة النابض، ويساوي هذا الشغل طاقة الوضع المرونية المختزنة في النابض. ولحساب طاقة الوضع المرونية في النابض، أوجد مساحة المثلث، حيث تمثل قاعدته الازاحة x وارتفاعه يساوي مقدار القوة kx وفق قانون هوك. لذا

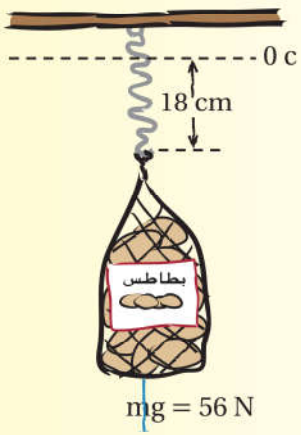
almanahj.com/ae



almanahj.com/ae

McGraw-

مثال



اقة المختزنة فيه يستطيل نابض بمقدار 18 cm عندما يُعلّق كيس من
من طرفه.

ض.

وضع المرونية الكامنة في النابض عندما يستطيل بمقدار هذه المسافة؟

ألة ورسمها

سم تخيطي.

ستطالة النابض وموضع اتزانه وحددهما.

المجهول

$k = ?$

$PE_{sp} = ?$

جهول

ن هوك واقصل k.

$k =$

$=$

$=$

P

$= \frac{1}{2}(310\ \text{N/m}$

بالتعويض عن $F = -56\ \text{N}$, $x = 0.18\ \text{m}$. تُعطى القوة بالسالب لأنها في الاتجاه المعاكس لـ x.

بالتعويض عن $k = 310\ \text{N/m}$, $x = 0.18\ \text{m}$.

ة صحيحة؟ تُعدّ N/m الوحدة الصحيحة لثابت النابض. والوحدة الصحيحة للطاقة
$(\text{N/m})(\text{m}^2) = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$.

حقيقي؟ يساوي متوسط مقدار القوة التي يؤثر بها النابض 0 و 56 N. ويساوي الشغل
$W = Fx = (28\ \text{N})(0.18\ \text{m}) = 5$.

almanahj.com/ae

بض يستطيل بمقدار 12 cm عندما يُعلَّق به جسم

ابته $k = 144\ \text{N/m}$ بمقدار 16.5 cm. كم تبلغ
رونية للنابض؟

3. إذا كان ثابت نابض 56 N/m. ما مقدار استطالته عندما تُعلَّق كتلة وزن 18 N من طرفه؟

4. **تحفيز** نابضٌ ثابته 256 N/m. ما مقدار المسافة التي يجب أن يستطيلها ليختزن طاقة وضع مرونية تساوي 48 J؟

البندول البسيط

من خلال حركة البندول البسيط فإنه يمكننا توضيح مفهوم الحركة التوافقية البسيطة، وذلك من خلال تأرجح الثقل المعلق بخيطه. **فالبندول** يتكوَّن من جسم صلب مصمت ذي كثافة عالية يسمى ثقل البندول ويعلق في الطرف الحر لخيط أو سلك طوله ℓ. وعند سحب الثقل مبتعدًا عن موضع الاتزان، وتركه ليتحرك بحرية، فإنه يتأرجح ذهابًا وإيابًا في اتجاهين متعاكسين كما في **الشكل 4**. يؤثر الخيط بقوة شد مقدارها (F_T) في ثقل البندول، وتؤثر الجاذبية الأرضية أيضًا بقوة (F_g) ويتحرك الثقل بتأثير محصلة القوتين، وقد تم التعبير عنها في الرسم بثلاث مراحل. ففي الموضعين الأيمن والأيسر في الشكل 4 تكون القوة المحصّلة المؤثرة في ثقل البندول وتسارعه أكبر ما يمكن والسرعة المتجهة صفرًا. بينما تكون القوة المحصلة ثم التسارع صفرًا عند موضع الاتزان وتكون السرعة المتجهة أكبر ما يمكن. ويمكنك ملاحظة أن القوة المحصلة تمثل قوة إرجاع، فتحاول إعادة الجسم المتأرجح إلى موضع الاتزان، وتكون دائمًا معاكسة لاتجاه الإزاحة.

عندما تكون زاوية الإزاحة صغيرة (أقل من 15° تقريبًا)، فإن قوة الإرجاع تتناسب طرديًا مع الإزاحة، وعندها يطلق على هذه الحركة، حركة توافقية بسيطة. ويسمى الزمن المستغرق لعمل اهتزازة كاملة بالزمن الدوري للحركة، ويحسب من خلال المعادلة التالية:

الزمن الدوري للبندول

يساوي الزمن الدوري للبندول حاصل ضرب 2π في الجذر التربيعي لطول البندول مقسوما على عجلة الجاذبية الأرضية.

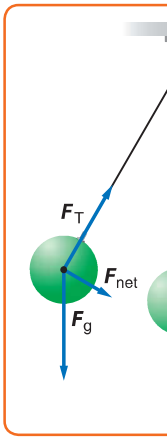
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

لاحظ أنّ الزمن الدوري لا يعتمد إلا على طول البندول وعجلة الجاذبية الجاذبية وليس على كتلة الثقل أو سعة الذبذبة. وثمة استخدام علمي للبندول وهو قياس ***g***، الذي يمكن أن يختلف إلى حد ما في مواقع مختلفة على الأرض.

التأكد من فهم النص **وضّح** العلاقة بين الزمن الدوري للبندول البسيط وكتلة ثقل البندول.

الرنين

لكي تستطيع التأرجح على أرجوحة وأنت جالس عليها، فلا بد من أن تقوم بدفعها عن طريق الانحناء إلى الخلف وسحب حبلها من النقطة نفسها في كل اهتزازة من الحركة، أو تطلب المساعدة من أحد الأشخاص ليدفعك دفعات متكررة وفي اللحظات المناسبة. يحدث **الرنين** عندما تؤثر قوى صغيرة في جسم متذبذب أو مهتز في فترات زمنية متساوية (منتظمة)، وهذا يؤدي إلى زيادة سعة اهتزاز الحركة أو الذبذبة وتكون الفترة الزمنية الفاصلة بين تطبيق القوة على الجسم مساوية للزمن الدوري للحركة (للذبذبة).



بندول مثالًا للحركة
ة الإرجاع تتناسب
ضع الاتزان.

ب في
لفيزياء

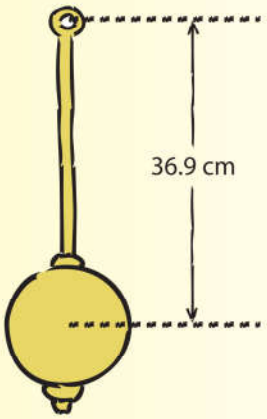
ول
كيف يمكن أن
ل الموجات؟

اح الموجودة حول
حرّك الجسر. عندما
بين القوى الموجودة
التي تولدها الرياح إلى

almanahj.com/ae

McGraw-

مثال



البندول الزمن الدوري لبندول طوله 36.9 cm هو 1.22 s. ما تسارع
موضع البندول البسيط؟

ألة ورسمها

ندول.

المجهول
$g = ?$

جهول

► أوجد قيمة g.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

$$g = \frac{(2\pi)^2\ell}{T^2}$$

$$= \frac{4\pi^2(0.36}{(1.22}$$

$$= 9.78\ \text{m/}$$

► بالتعويض عن $l = 0.369$ m, $T = 1.22$ s.

صحيحة؟ تعد الوحدة N/kg صحيحة لمجال الجاذبية.

حقيقي؟ تقترب قيمة g المحسوبة من القيمة المعيارية 9.8 N/kg المقبولة. يمكن أن يكون
على ارتفاع عالٍ فوق مستوى سطح البحر.

الدوري لبندول يبلغ طوله 1.0 m؟

ب لبندول على سطح القمر عندما يكون $g = 1.6$ N/kg حتى يكون زمنه الدوري 2.0 s؟

الزمن الدوري لبندول طوله 0.75 m يساوي 1.8 s على أحد الكواكب. فما مقدار g لهذا

almanahj.com/ae

راجعة

شرح لماذا يُعدّ البندول مثالًا للحركة الدورية.

إنّ النوابض الموضّحة في **الشكل 6** متطابقة. قارن
ع في النابضين السفليين.

10. **قانون هوك** قد يتشابه نابضان ولكن يكون ثابت النابض لكل منهما مختلفًا عن الآخر. كيف يمكنك تمييز النابض الذي ثابته أكبر؟

11. **قانون هوك** تعلق أوزان مختلفة في شريط مطاطي بواسطة

خصائص الموجات

القسم 2

الفيزياء في حياتك

عندما ترمي كرة إلى أحد أصدقائك، وهي جسيم مادي، فسوف تنتقل إلى يده حاملة معها طاقة. أما إذا أمسكت أنت وزميلك بطرفي حبل وهززت الطرف الذي تمسكه بسرعة، فسيبقى الحبل في يدك ولا تنتقل مادته إلى زميلك، ولكن الطاقة تنتقل إليه عبر الحبل.

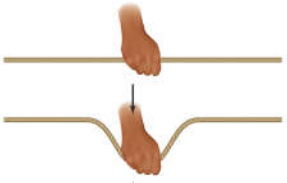
الموجات الميكانيكية

تُعرف **الموجة** أنها اضطراب ينقل الطاقة خلال المادة أو الفراغ من دون نقل المادة. درستَ كيف تحكم قوانين نيوتن للحركة وقانون بقاء الطاقة سلوك الجسيمات. تحكم هذه القوانين أيضًا سلوك الموجات. تُعدّ موجات الماء والموجات الصوتية والموجات التي تنتقل على طول حبل أو نابض موجات ميكانيكية. وكما يمكن أن تنتقل الموجات الميكانيكية عبر وسط مادي مثل الماء أو الهواء أو الحبل.

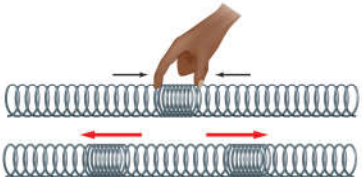
الموجات المستعرضة إنّ **الموجة** هي اهتزاز مفردة أو اضطراب ينتقل عبر وسط ما. في الجزء الأيمن من **الشكل 7**، تُحدث نبضة الموجة اضطرابًا في الحبل في الاتجاه العمودي. ولكن تنتقل الموجة أفقيًّا. تُسمى الموجة التي تُحدث اضطرابًا في الجسيمات الموجودة في الوسط عموديًّا على اتجاه حركتها **الموجة المستعرضة**. وإذا استمرت الاهتزاز بمعدل ثابت، فستنشأ **موجة دورية**.

الموجات الطولية عندما تضغط لفات النابض بشكل متراص ثم تتركها فجأة، تتشكل موجة أو نبضة تنتشر في اتجاه اهتزاز حلقات النابض نفسه، في كلا الاتجاهين. وتسمى الموجات التي تنتشر بهذه الطريقة **الموجات الطولية** لأن الاضطراب ينتشر في اتجاه حركة الموجة نفسها. ومن الأمثلة الأخرى عليها موجات الصوت. حيث تنضغط الجسيمات وتتمدد بالتناوب على طول مسار الموجة.

الموجة المستعرضة



الموجة الطولية



almanahj.com/ae

McGraw-

من دون نقل المادة.

الموجات
؟

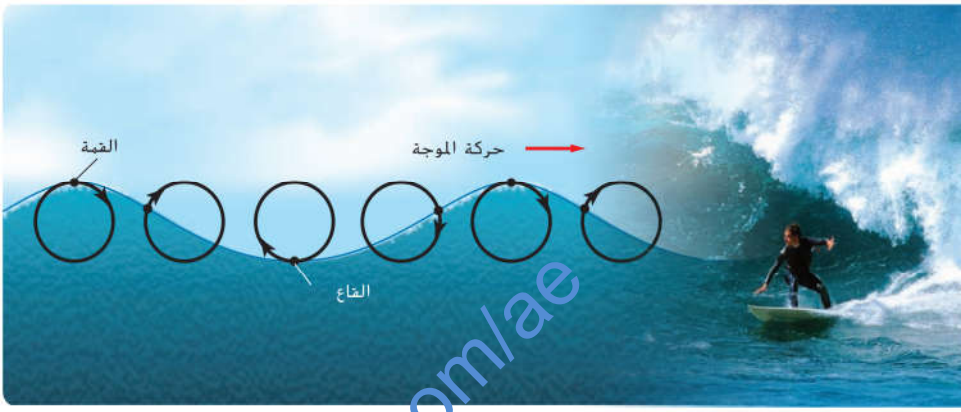
الموجة وطول

جعة

p: في الحركة
ن اللازم لجسم
لة من الحركة

wave
wave pulse

transverse wav
periodic wave
longitudinal wa
surface wave
trough
crest
wavelength
frequency



حية تُعدّ الموجات التي تنشأ في أعماق البحيرات أو المحيطات
ما تتبع جسيمات الماء عند السطح مسارًا دائريًّا موازيًا لاتجاه حركة
ديًّا على اتجاه حركة الموجة في أحيان أخرى، تسمى كل منها **موجة**
مبيّن في **الشكل 8**. تنتقل جسيمات الوسط المهتز (الماء في هذه
اتجاه حركة الموجة أعلى المسار الدائري وأسفله، وهذا ينطبق على
أما عند الجانبين الأيمن والأيسر للمسار الدائري فتتحرك الجسيمات
هذه الحركة الصاعدة والهابطة تكون عمودية على اتجاه الموجة، كما
المستعرضة. لذا فإن كل موجة من هذه الموجات هي موجة سطحية
ن الموجات المستعرضة والموجات الطولية.

الموجة

ت في مجموعة من الخصائص، وتعتمد بعض الخصائص على كيفيّة
تعتمد خصائص أخرى على طبيعة الوسط الذي تنتقل الموجة من

ختلاف بين الموجة الناجمة عن هزّ حبل بلطف والموجة الناجمة
هذا الاختلاف يشبه الاختلاف بين موجة تنشأ في بركة وموجة تنشأ
كون سعتاهما مختلفتين. درست سابقًا أنّ سعة الحركة الدورية هي
وضع الاتزان. وبالمثل فكما هو موضّح في **الشكل 9**، إنّ سعة الموجة
صى إزاحة للموجة من موضع الاتزان. ونظرًا إلى أنّ السعة عبارة عن
وجبة. ستعرف المزيد عن قياس سعة الموجات الطولية عند دراسة

وقف سعة الموجة على طريقة حدوث الموجة. إذ يجب إضافة
لى النظام لإنتاج موجة ذات سعة أكبر. فعلى سبيل المثال، تنتج
ات سعاتها أكبر من سعات الموجات التي تنتجها النسائم اللطيفة.
عات الكبيرة تنقل قدرًا كبيرًا من الطاقة، في حين تنقل الموجات
يرة قدرًا قليلًا من الطاقة. قد تحرك الموجة ذات السعة الصغيرة

الشكل 8 تُحدث الموجات السطحية في الماء حركة موازية لاتجاه حركة الموجة وعمودية عليها. وعندما تتفاعل هذه الموجات مع الشاطئ، تتوقف الحركة الدائرية المنتظمة وتصير الموجات على الشاطئ.

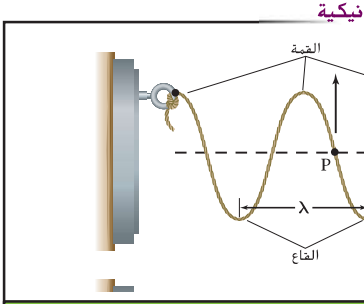
الفيزياء في الحياة اليومية

تسونامي ضرب حاجز مائي يبلغ ارتفاعه عشرة أمتار مناطق في الساحل الشرقي من اليابان في 11 مارس 2011 — تسونامي! إنّ التسونامي عبارة عن سلسلة من موجات المحيطات التي يمكن أن يزيد طول موجتها على 100 km وزمنها الدوري على ساعة واحدة وتتراوح سرعتها الموجية بين 500 و 1000 km/h.

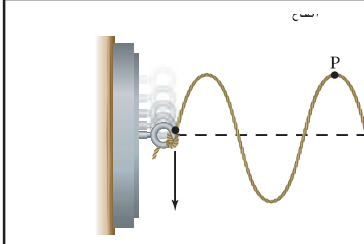
الشكل 9 تُقاس سعة الموجة من موضع الاتزان إلى أبعد نقطة على جانبي موضع اتزان.

almanahj.com/ae

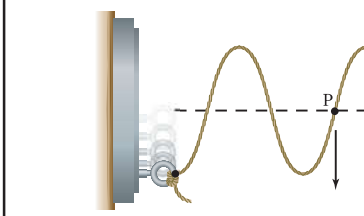
نيكية



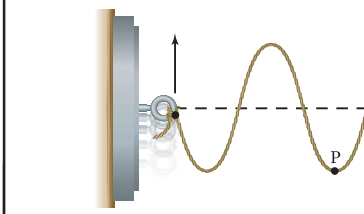
$t = 0$ s



$t = 0.01$ s



$t = 0.02$ s



$t = 0.03$ s

طول الموجة بدلًا من التركيز على نقطة واحدة على الموجة، تخيل أنّك تأخذ لقطة للموجة بحيث يمكنك رؤية الموجة بأكملها في لحظة واحدة من الزمن. توضّح الصورة الموجودة في الجزء العلوي من **الشكل 10** أنّ كل نقطة في أسفل الموجة المستعرضة تسمى **القاع** وأنّ كل نقطة في أعلى الموجة المستعرضة تسمى **قمة** الموجة. وتُسمى أقصر مسافة بين نقطتين يتكرر فيها نمط الموجة نفسه **طول الموجة**. فالمسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعَين متتاليين تساوي الطول الموجي (λ).

السرعة ما مقدار سرعة انتقال الموجة؟ يمكن إيجاد سرعة الموجة بالطريقة نفسها التي تستخدمها لتحديد سرعة سيارة متحركة. أولًا، قم بقياس مسافة حركة احدى القمم أو القيعان خلال فترة زمنية معينة (Δd)، ثم اقسم الناتج على الفترة الزمنية (Δt) لإيجاد السرعة.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

في ما يتعلق بمعظم الموجات الميكانيكية المستعرضة والطولية على حد سواء باستثناء موجات الماء السطحية لا تتوقف سرعة الموجة على السعة أو التردد أو طول الموجة، لكنها تعتمد على الوسط الذي تنتقل الموجات من خلاله فقط.

التأكد من فهم النص **لخّص** مدى تأثير تغيير سعة الموجة أو ترددها أو طول موجتها في سرعتها.

طور الموجة يُطلق على نقطتين على الموجة يفصل بينهما طول موجي واحد أو مضاعفاته أنهما في الطور نفسه. والجسيمان الموجودان في الوسط نفسه يُعدان في طور واحد إذا كان لهما الإزاحة نفسها عن موضع الاتزان، ولهما السرعة نفسها. أما إذا كان الجسيمان في الوسط متعاكسين في الإزاحة وفي السرعة، فإنهما يكونان متعاكسين في الطور حيث يكون فرق الطور بينهما 180°. إن فرق الطور بين القمة والقاع للموجة يساوي 180°. وبناءً عليه فإن فرق الطور بين أي نقطتين على الموجة ينحصر بين 0° و 180° إحداهما بالنسبة إلى الأخرى. وبالتالي فإن فرق الطور يمكن أن ينحصر بين 0° و 360° درجة بين نقطتين في الوسط نفسه.

الزمن الدوري والتردد على الرغم من أنّ سرعة الموجة والسعة يمكنهما وصف أي موجة، إلا أن الزمن الدوري (T) والتردد ينطبقان فقط على الموجات الدورية. درستَ سابقًا أنّ الزمن الدوري للحركة التوافقية البسيطة، مثل حركة البندول البسيط، هو الزمن الذي الجسم لإتمام دورة واحدة كاملة. وهذا الجسم عادة يكون هو مصدر الموجة الدورية أو المسبب لها. ويكون الزمن

almanahj.com/ae

McGraw-

ن **تردد** الموجة (f) هو عدد الذبذبات الكاملة التي تُحدثها نقطة على
ية. يُقاس التردد بالهرتز (Hz). ويمثّل الهرتز الواحد ذبذبة واحدة في
أو s^{-1}. يرتبط التردد والزمن الدوري للموجة بالمعادلة التالية.

قلوب الزمن الدوري.

$$f = \frac{1}{T}$$

الدوري والتردد للموجة على مصدر الموجة فقط. ولا يعتمد كلّ
لموجة أو الوسط.

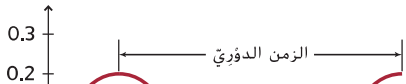
وجة يمكنك قياس طول الموجة مباشرة عن طريق قياس المسافة
المتجاورة. ويمكنك كذلك حسابه من معرفة كل من تردد الموجة
الموجة تتحرك خلال فترة زمنية تساوي الزمن الدوري طولٌ موجيًا
ول الموجي يساوي سرعة الموجة مضروبًا في زمنها الدوري.
$f = \frac{1}{T}$، فإن:

ناتج قسمة السرعة على التردد.

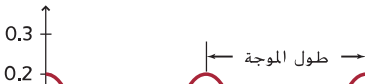
$$\lambda = \frac{v}{f}$$

سيانيًّا إذا أُخذتَ صورة فوتوغرافية لموجة مستعرضة في حبل،
حدى الموجات الموضّحة في **الشكل 10**. يمكن وضع هذه الصورة
ني لتوضيح المزيد من المعلومات عن الموجة، كما في الجزء الأيسر
ك يؤدي القياس من القمة إلى القمة المجاورة أو من القاع الى القاع
للقطة إلى معرفة طول الموجة. وبالمثل لو أنك رصدت حركة جسم
نقطة P في **الشكل 10** فإنه يمكنك تمثيل هذه الحركة بيانيًا على
حيث ترسم الإزاحة بوصفها متغيرًا مع الزمن كما في **الشكل 11** والذي
اد الزمن الدوري، بقياس المسافة من القمة إلى القمة أو من القاع إلى

العلاقة بين الإزاحة و الزمن



ة بين الإزاحة والمسافة من المصدر



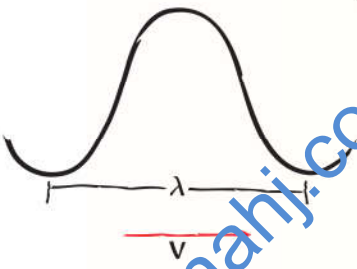
almanahj.com/ae

لغ تردد موجة صوتية 192 Hz وتقطع مسافة بطول ملعب
91.4 خلال 0.271 s.

هذه الموجة؟

وجة؟

442 Hz. فكم سيبلغ طول الموجة الجديد والزمن الدوري الجديد؟



ة ورسمها

للموجة.

رعة.

المجهول

$v = ?$

$\lambda = ?$

$T = ?$

هول

ب المتجهة.

v

▶ بالتعويض عن $\Delta d = 91.4\ m,\ \Delta t = 0.271\ s$

قة بين السرعة المتجهة للموجة وطول الموجة والتردد.

λ

▶ بالتعويض عن $v = 337\ m/s,\ f = 192\ Hz$.

قة بين الزمن الدوري والتردد.

T

▶ بالتعويض عن $f = 192\ Hz$.

▶ بالتعويض عن $v = 337\ m/s,\ f = 442\ Hz$.

almanahj.com/ae

McGraw-

تطبيق

وجة الصوتية الذي تصدره دقات الساعة على بُعد 515 m بعد مرور 1.50 s.

ه القباسات، ما سرعة الصوت في الهواء؟

وجة الصوتية 436 Hz. فكم يبلغ الزمن الدوري لهذه الموجة؟

ة صوت دقات الساعة؟ ؟

دة أطول الموجات في الحبل. فهل ينبغي أن تهزّه بأعلى تردد أم بأقل تردد؟

لموجة الدورية التي يبلغ ترددها 3.50 Hz وطول موجتها 0.700 m؟

طول الموجة بنسبة 50 % في تردد موجة على حبل؟

ة مستعرضة في وتر 15.0 m/s. إذا أحدث المصدر اهتزازًا يبلغ تردده 6.00 Hz. فكم يبلغ

ال موجة كل 0.100 s في خزان ماء. كم تبلغ سرعة الموجة إذا كان طول الموجة
1.20؟

لية دورية يبلغ ترددها 20.0 Hz على طول لعبة بها زنبرك حلزوني. إذا كانت المسافة بين
تتالية 0.600 m. فكم تبلغ سرعة الموجة؟

الموجة عندما يتضاعف زمنها الدوري؟

ي يطرأ على طول الموجة عندما يقل زمنها الدوري إلى نصف ماكان عليه.

الموجة بمقدار 1.5 مرة على سرعتها الأصلية وظل التردد ثابتًا، فما التغير الذي يطرأ على

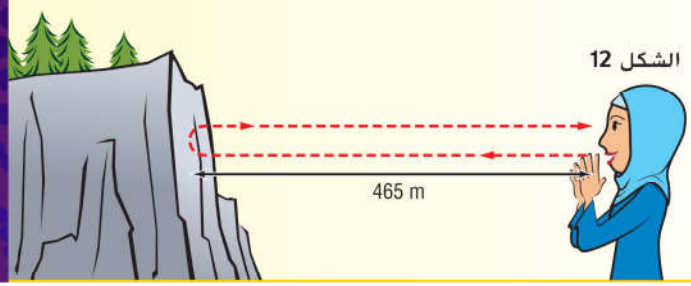
شخص صراخًا باتجاه منحدر رأسي كما هو موضّح في **الشكل 12**.
موت بعد مرور 2.75 s.

موت هذا الشخص في الهواء؟

وجة الصوت 0.750 m. فما تردده؟

وري للموجة؟

الشكل 12



almanahj.com/ae

القسم 3

سلوك الموجات

الفيزياء في حياتك

لعلك لاحظت الموجات الناتجة على سطح بحيرة عند رمي حجر فيها. ماذ سيحدث عند رمي حجرين في مكانين قريبين أحدهما من الآخر في اللحظة نفسها في البحيرة؟ كيف سيكون شكل هذه الموجات؟ وكيف ستتفاعل الموجات الناتجة من هاتين الصخرتين؟

الموجات عند الحدود

عرفت سابقًا أنّ سرعة الموجة الميكانيكية تعتمد على خصائص الوسط الذي تنتقل من خلاله فقط، ولا تعتمد على سعة الموجة أو ترددها. فعلى سبيل المثال، يؤثر عمق الماء في سرعة موجات الماء المتكونة فيه، في حين تؤثر درجة حرارة الهواء في سرعة موجات الصوت التي تنتشر فيه. أما بالنسبة إلى موجات النابض فتعتمد سرعتها على مقدار قوة شدّه، وعلى كتلة وحدة أطواله.

بيّن ما الذي يحدث عند مرور موجة من خلال حد فاصل يفصل بين وسطين كما هو الحال في نابضين مختلفين في سماكتهما ومتصلين من طرفيهما. يوضّح **الشكل 13** الموجة التي تنتقل من النابض الأكثر سماكة إلى النابض الأقل سماكة، حيث تسمى نبضة الموجة التي تصطدم بالحد الفاصل بين النابضين **الموجة الساقطة**. ستلاحظ أن هنالك اختلافًا في سرعة الموجة التي تنتقل من النابض الأكثر سماكة إلى النابض الأقل سماكة، حيث تستمر هذه الموجة المنتقلة، وتبقى متجهة نحو الأعلى.

ينعكس جزء من طاقة الموجة الساقطة نحو الخلف باتجاه النابض الأكثر سماكة في صورة موجة مرتدة تسمى **الموجة المنعكسة**. وتعتمد الموجة المنعكسة سواء أكانت معتدلة أم مقلوبة على خصائص النابضين. فعلى سبيل المثال، ستنقلب الموجة المنعكسة إذا كانت سرعة الموجات في النابض الأقل سماكة أكبر، لأنه أثقل وأكثر صلابة.

■ الموجة عند الحد الفاصل

almanahj.com/ae

McGraw-

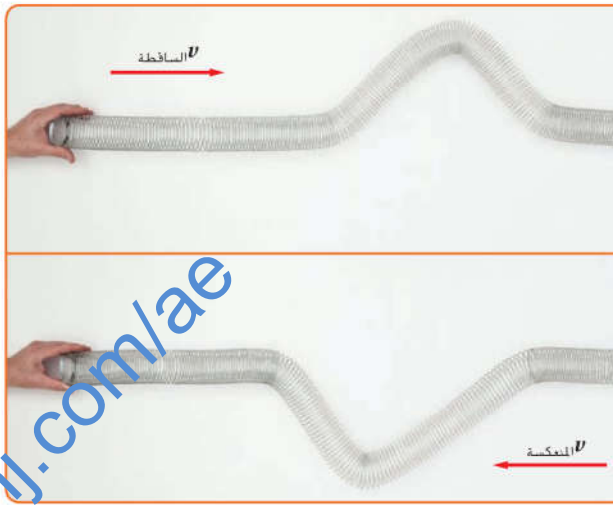
ات بعضها مع
ن موجة في

ة
ث وتنكسر عند
سطين؟
اكب على ظاهرة

جعة
القوة التي يبذلها

ة
incident wave
reflected wave

principle of su
interference
node
antinode
standing wave
wavefront
ray
normal
law of reflecti



الشكل 14 عندما تصطدم الموجة بحد فاصل صلب، تنعكس الموجة. لاحظ أنّ السعة لا تتغير. طرف النابض ثابت بالحاجز.

تجربة مصغرة

انعكاس الموجة هل يغيّر الانعكاس سرعة الموجة؟

عندما تصطدم موجة بحد فاصل صلب، تنعكس هذه الموجة عنه موضّح في **الشكل 14**. إذ يمثل الحائط هنا الحد الفاصل لوسط ة المرور من خلاله، حيث تنعكس عن الحائط عوضًا عن مرورها من الموجة المرتدة مساوية لسعة الموجة الساقطة. لذا، تنعكس معظم الخلف، في حين ينتقل القليل منها إلى الحائط. يمكنك ملاحظة أن نحو الأسفل.

وجات

ة تنتقل على طول نابض تلاقت م بنبضة منعكسة من الحد الفاصل، **الشكل 15**. ما الذي سيحدث في هذه الحالة؟ ستوجد هنالك نبضتان كان والزمان نفسيهما. حيث ستؤثر كل نبضة منهما في الوسط بشكل . يوضّح **مبدأ التراكب** أنّ إزاحة الوسط الناتجة من موجتين أو أكثر ي للإزاحات الناتجة من كل موجة على حدة. بمعنى آخر، يمكن أن ر لتكوين واحدة جديدة. وإذا انتقلت الموجتان باتجاهين متعاكسين، في كل منهما تأثر الأخرى، أو أن تنتج موجة لها سعة أكبر أو أصغر من سمى الأثر الناتج من تراكب موجتين أو أكثر **التداخل**.

وجات

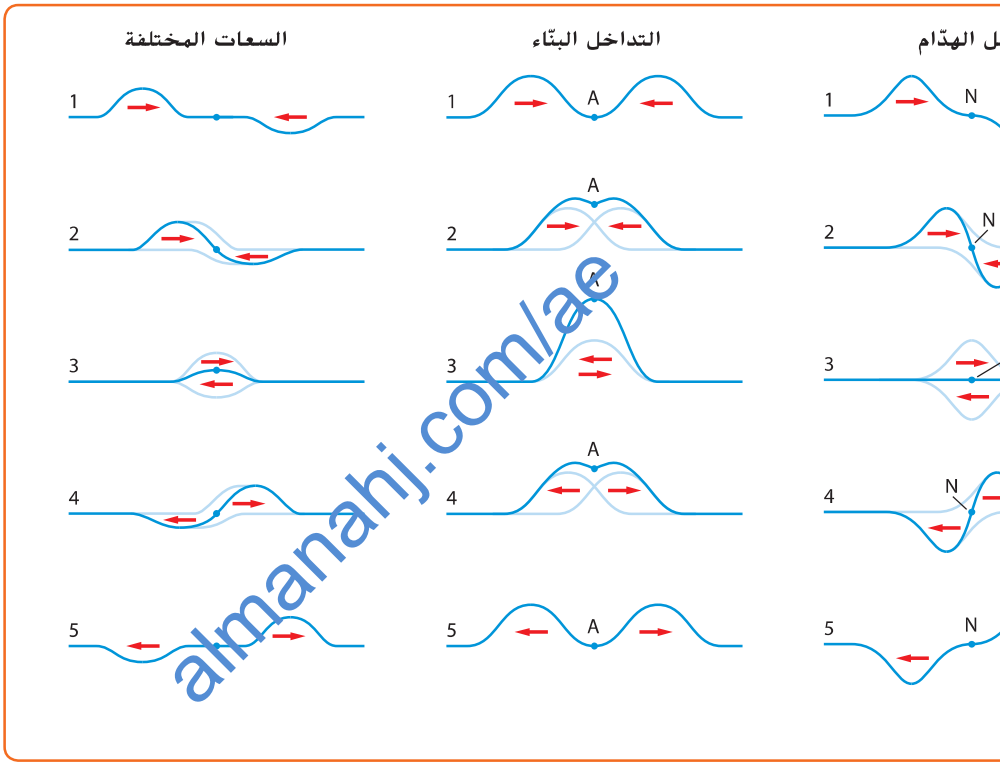
المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

التداخل interference

- **الاستخدام العلمي**
  نتيجة تراكب موجتين أو أكثر كانت سعة تداخل عدة موجات أكبر بكثير من سعة الموجات المنفردة.
- **الاستخدام العام**
  التدخل بطريقة مانعة أو معيقة طُرد مازن من المباراة بسبب ارتكابه مخالفة عند تداخله.

almanahj.com/ae



almanahj.com/ae

تداخل الموجات يوجد التداخل في هيئتين، إما بنّاء أو هدّام. يوضّح الجزء الأيمن من **الشكل 16** التقاء موجتين متساويتين في السعة ومختلفتين في الاتجاه، حيث تقل إزاحة الوسط عند النقاط جميعها في منطقة التداخل، مما يُسبب التداخل الهدّام. فعندما تكون سعتا الموجتين متساويتين، سيساوي مقدار الإزاحة صفرًا. تُسمى النقطة N التي لا تتحرّك على الإطلاق **العقدة**. حيث تنتقل النبضات أفقيًّا وتعود إلى صورتها الأصلية في نهاية الأمر.

يحدث التداخل البنّاء عندما تكون إزاحات الموجات في الاتجاه نفسه. وينتج من ذلك موجة سعتها أكبر من سعة الموجات المنفردة. يوضح الجزء الأوسط من **الشكل 16**. ظهور نبضة أكبر عند النقطة A عند التقاء موجتين متساويتين. أي إنّ إزاحة النقطة A هي الأكبر وتُسمى **البَطن**. تنتقل النبضتان إحداهما من خلال الأخرى من دون تغيّرهما في الشكل أو الحجم. إذا كانت النبضتان سعتاهما غير متساويتين، فإنّ النبضة الناتجة عند التداخل ستساوي المجموع الجبري لإزاحتي النبضتين. كما هو موضّح في الجزء الأيسر من الشكل 16.

موجات جبريًّا، قد
الناتجة إلى
ردة.

ب في
لفيزياء

د كيف تتداخل
ض؟

McGraw-

رة لنفترض أنّك ضبطت حركة يدك بحيث يساوي الزمن الدوري
ي تستغرقه الموجة إكمال اهتزازة واحدة من يدك إلى الباب ذهابًا
ع الإزاحة التي تولدها يدك إلى الحبل كل مرة مع إزاحة الموجة
لك، سيكون اهتزاز الحبل أكبر بكثير من حركة يدك. تُعدّ هذه
عة الكبيرة مثالًا للرنين الميكانيكي.

يل العقدتين وتوجد البَطن في منتصف النبضة، كما هو موضّح في
الشكل 17. حيث تُسمى الموجة التي تبدو أنها لا تزال ساكنة **الموجة**
أن تلاحظ أنّ الموجة المستقرة عبارة عن تداخل موجتين تتحركان
سين. إذا ضاعفتَ تردد الاهتزاز، فيمكنك الحصول على عقدة أخرى
ل. ويظهر أنّ الموجة تهتز في قسمين. عند زيادة تردد الاهتزاز أكثر،
بطون أكثر كما هو موضّح في الصورة السفلية في الشكل 17.

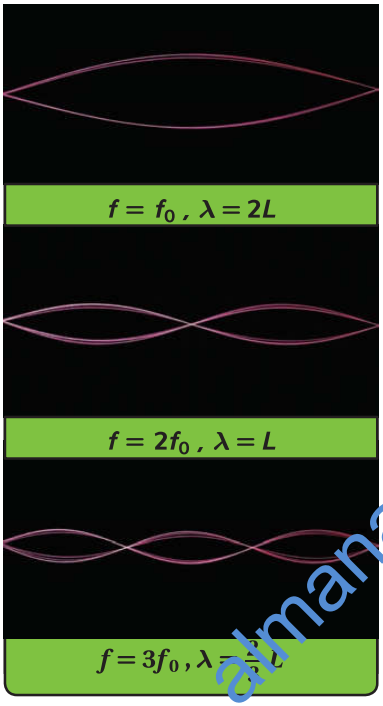
لتي تنتقل في بُعدين

موجات التي تنتقل عبر حبل أو نابض، عندما تنعكس عن الحواجز
سعة الموجات صفرًا بسبب التداخل الهدّام. تتحرك هذه الموجات
واحد فقط. أما موجات سطح الماء فتتحرك في بُعدين، وسوف
وجات الصوتية والموجات الكهرومغناطيسية تتحرك في ثلاثة أبعاد.
موجات في بُعدين؟

لتي تنتقل في بعدين عندما تلقي حجرًا صغيرًا في بركة ماء
القيعان للموجات الدائرية الناتجة تنتشر نحو الخارج في جميع
ثيل هذه الموجات عن طريق رسم دوائر تمثّل قمم الموجات. فعندما
في الماء عدة مرات وتحركه بتردد ثابت، فإنّ الرسم التخطيطي الناتج
سلسلة من دوائر متحدة في مراكزها، وتكون إصبعك مركز تلك الدوائر
الموجات. إنّ **مقدمة الموجة** عبارة عن خط يمثّل قمة الموجة في
دام مقدمات الموجات لتوضيح الموجات بأي شكل كانت، بما في ذلك
والدائرية. توضّح الصورة الموجودة في **الشكل 18** الموجات الدائرية
الدوائر المرسومة على الرسم التخطيطي مقدمات هذه الموجات
لماء هذه.

ت في بعدين دائمًا في اتجاه متعامد مع مقدماتها أيًّا كان شكلها.
تجاه **بشعاع** على شكل خط يصنع زاوية قائمة مع الموجة. وإذا
انتقال الموجة فقط، فمن الأنسب أن ترسم أشعة بدلًا من مقدمات
م الحمراء الموجودة في **الشكل 18** عبارة عن أشعة توضّح اتجاه
يُعدّ توضيح طول الموجة أحد مزايا رسم مقدمات الموجة عند
الرسم. في **الشكل 18**، حيث إن طول الموجة يساوي المسافة من
لتي تليها.

النص حدد العلاقة بين مقدمات



الشكل 17 ينتج عن التداخل موجات مستقرة عند ترددات معينة فقط.

توقع طول الموجة إذا كان التردد أربعة أضعاف أقل تردد.

الشكل 18 تنتشر الموجات بنمط دائري من مصدر التذبذب.

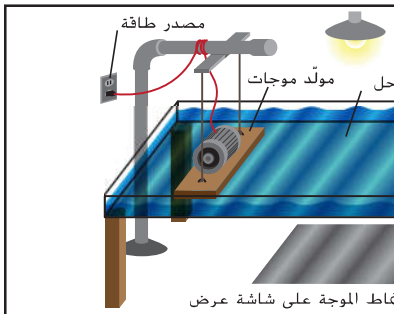
almanahj.com/ae

إنشاء الموجات في بعدين يُعدّ حوض الموجات جزءًا من معدات المختبر التي تستخدم للتحقق من خصائص الموجات التي تنتشر في بعدين. وكما يبيّن **الشكل 19** أنه يحتوي على طبقة ماء ضحلة، وألواح اهتزاز تولد موجات ذات مقدمات موجية مستقيمة. يوجد مصباح فوق الحوض ينتج ظلالًا تتكون أسفل الحوض توضّح مواقع قمم الموجات وقيعانها. توضّح الصورة العلوية في**الشكل 19** موجة تنتقل عبر حوض الموجات. يُمثَّل اتجاه انتشار الموجة برسم مخطط شعاعي. حيث يمثل الشعاع المتجه الموجة الساقطة. في حين يمثل الشعاع المتجه الموجة المنعكسة.

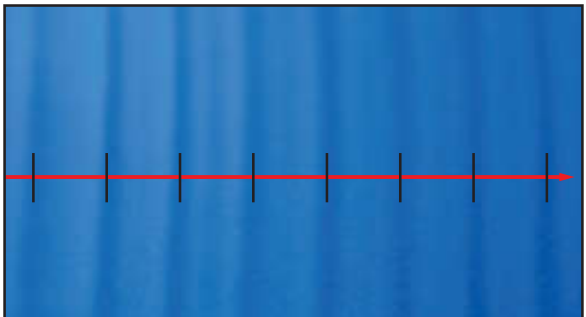
انعكاس الموجات في بعدين يوضّح الجزء السفلي في **الشكل 19** شعاعًا ساقطًا يعترض مساره حدًا فاصلًا صلب عند زاوية على مسار الشعاع. ويُوضَّح اتجاه الحد بخط يُسمى **العمود المقام** رسم عموديًا على الحد. تُسمى الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام زاوية السقوط ويُرمز إليها بالرمز θ_i في الرسم التخطيطي. وتُسمى الزاوية المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنعكس زاوية الانعكاس ويُرمز لها بالرمز θ_r. ينص **قانون الانعكاس** على أنّ زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس. ينطبق قانون الانعكاس على أنواع مختلفة من الموجات، وليس على الموجات الموجودة في حوض الموجات فحسب.

التأكد من فهم النص **اشرح** كيف تُقاس كل من زاوية السقوط وزاوية الانعكاس.

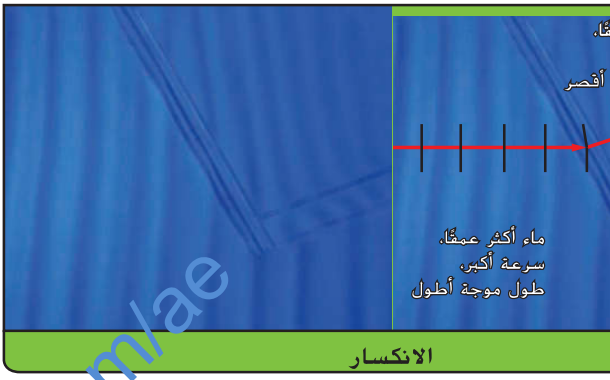
almanahj.com/ae



حوض الموجات


موجة في بعدين

McGraw-



الشكل 20 تُغيّر الموجات الموجودة في حوض الموجات اتجاهها عندما تدخل الماء الضحل.

وضّح طريقة تغيّر طول الموجة عندما تنتقل الموجة إلى المياه الضحلة.

التي تنتقل في بُعدين يُمكن أن يُمثّل حوض الموجات سلوك
ما تنتقل من وسط إلى آخر. يوضّح **الشكل 20** لوحًا زجاجيًّا موضوعًا
ض الموجات. وسُمك طبقة الماء الموجودة فوق اللوح الزجاجي أقل
جود في باقي الحوض. عندما تنتقل الموجات من الماء العميق إلى
سرعتها ويتغيّر اتجاهها. حيث تُعدّ هذه التغيّرات التي تحدث في
ل الموجات من وسط إلى آخر.

الموجودة في الماء الضحل بالموجات الموجودة في الماء العميق.
ى تردد الموجات في كلا الوسطين. وفقًا للمعادلة $\lambda = \frac{v}{f}$ ، ويعني
ة الموجات، أنّ طول الموجة يكون أقصر في الماء الضحل. يُسمى
في اتجاه الموجات عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين
شكل 20 مقدمة الموجة ونموذج المخطط الشعاعي للانكسار. إذ
موجة عند الحد الفاصل وينعكس جزء آخر.

النص توقع معامل تغيّر طول الموجة إذا كانت سرعة الموجة المنكسرة
عة الموجة الساقطة.

ل والانكسار لعدة أنواع مختلفة من الموجات. ويعد صدى الأصوات
ات الصوتية عن السّطوح الصلبة، مثل جدران صالة الألعاب
سطح جرف صخري بعيد. وتتكون أقواس المطر نتيجة لانعكاس
ندما يمرّ ضوء الشمس عبر قطرات المطر. يحلل الانعكاس والانكسار
فردة وينتج قوس المطر. سيُناقش سلوك الصوت والضوء بمزيد من
ت أخرى.

تجارب في الفيزياء

الانعكاس والانكسار كيف يكون سلوك الموجات عند الحد الفاصل؟

almanahj.com/ae

أهمية

زل متكررة وخطيرة ومدمرة
مثل زلزال توهوكو الذي حدث
ونتيجة لذلك، صمّم المهندسون
سحاب في اليابان يمكن أن
ل بأقل حد من الأضرار. ومن
رج لاندمارك المكوّن من 73
ي يوكوهاما.

2 يُستخدم هيكل مزدوج الأنبوب لإطار برج لاندمارك. ويمرّ الأنبوب الخارجي من خلال الجدار الخارجي للمبنى. يحيط الأنبوب الداخلي بمركز المبنى. ويمتص هذا الهيكل الذبذبات الجانبية من الموجات الزلزالية.

3 يتميّز البرج بقاعدة عريضة ويوجد جزء كبير من كتلته بالقرب من هذه القاعدة مقارنة بالمباني الأخرى التي لها ارتفاع مماثل. يساعد هذا التصميم على الحد من حركة الأساس أثناء حدوث زلزال.

almanahj.com/ae

دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة تُعدّ الموجات والحركة التوافقية البسيطة مثالين للحركة الدورية.

القسم 1 الحركة الدورية

الفكرة الرئيسة تتكرر الحركة الدورية في فترات زمنية منتظمة.

- تنشأ الحركة التوافقية البسيطة عندما تتناسب قوة الإرجاع المؤثرة في جسم طرديًا مع إزاحة الجسم من موضع الاتزان، وفي اتجاه معاكس.
- تمثّل المعادلة التالية طاقة الوضع المرونية المختزنة في نابض يحقق قانون هوك:

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

- يتوقف الزمن الدوري للبندول على طول البندول وعجلة الجاذبية الأرضية المؤثّرة في موضع البندول. يمكن معرفة الزمن الدوري باستخدام المعادلة التالية:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

periodic motion
period
amplitude
simple harmonic
Hooke's law
simple pendulum
resonance

القسم 2 خصائص الموجات

الفكرة الرئيسة تنقل الموجاتُ الطاقةَ دون نقلٍ لجزيئات المادة المسببة لتلك الموجات.

- تُعدّ الموجات اضطرابات تنقل الطاقة من دون نقل جزيئات المادة المسببة للموجات.
- في الموجات المستعرضة، تكون إزاحة الوسط عمودية على اتجاه حركة الموجة. أما في الموجات الطولية، فتكون إزاحة الوسط موازية لاتجاه حركة الموجة.
- تساوي السرعة للموجة تردد الموجة مضروبا في طول الموجة.

$$v = f\lambda$$

wave
wave pulse
transverse wave
periodic wave
longitudinal wave
surface wave
trough
crest
wavelength
frequency

القسم 3 سلوك الموجات

الفكرة الرئيسة يمكن أن تتداخل الموجات بعضها مع بعض عند وجود اكثر من موجة في الوسط نفسه.

incident wave
reflected wave
principle of superposition

almanahj.com/ae

التقويم

ة الدورية

ا الحركة الدورية؟ اذكر ثلاثة
رية.

د والزمن الدوري؟ كيف يرتبط كل منهما

ة البسيطة؟ اذكر مثالًا عليها.

ضع لقانون هوك. فما العلاقة التي تربط
ستطالته؟

ثابت النابض من الرسم البياني للعلاقة
الاستطالة؟

طاقة الوضع المرونية المختزنة في
بياني للقوة والأستطالة؟

دوري للبندول على كتلة الثقل؟ أم
سعة الذبذبة؟ ما الذي يعتمد عليه أيضًا الزمن

ة لحدوث الرنين؟

ئل

مسافة 0.12 m عندما عُلّق في أسفله
وزنها 3.2 N كما في **الشكل 21**. فما مقدار

47. قاذفة الصواريخ تتضمن لعبة قاذفة الصواريخ نابضًا يبلغ ثابته 35 N/m. ما المسافة التي يجب أن ينضغطها النابض لتخزين 1.5 J من الطاقة؟

48. مَثّلت بيانات مقدار القوة والاستطالة لنابض في الرسم البياني الوارد في **الشكل 22**.

a. أجد ثابت النابض؟

b. وطاقة الوضع المرونية للنابض عندما يستطيل 0.50 m؟

الشكل 22

49. ما مقدار الطول اللازم للبندول ليصبح زمنه الدوري 2.3 s على سطح القمر إذا كانت $g = 1.6\ N/kg$؟

50. مهمة الترتيب رتّب البندولات التالية وفقًا للزمن الدوري من الأصغر إلى الأكبر.

A. الطول 10. cm، الكتلة = 0.25 kg

B. الطول 10. cm، الكتلة = 0.35 kg

C. الطول 20. cm، الكتلة = 0.25 kg

D. الطول 20. cm، الكتلة = 0.35 kg

القسم 2 خصائص الموجات

إتقان المفاهيم

almanahj.com/ae

McGraw-

ي لموجة؟

دثتَ نبضة عبر حبل. ما وجه المقارنة بين
ى الحبل قبل وصول النبضة وموضع النقطة
ة؟

ت بين الموجة والموجة الدورية؟

بين تردد الموجة والسرعة للموجة.

دثتَ موجة مستعرضة عن طريق هزّ أحد
ن جانب إلى آخر. ما وجه المقارنة بين تردد
د الموجة؟

ان على الموجة في الطور نفسه، ومتى
متعاكستين في الطور؟ اذكر مثالًا لكل منهما.

ن سعة الموجة والطاقة التي تنقلها.

سائل

أرجح برج ويليس في مدينة شيكاغو ذهابًا
الريح بتردد 0.12 Hz تقريبًا. كم يبلغ الزمن
؟

ط يبلغ طول موجة محيط 12.0 m. وتمر
ت كل 3.0 s. كم تبلغ سرعة الموجة؟

حة لموجات الماء في طبق مسطح 6.0
ماء صعودًا وهبوطًا بمعدل 4.8 ترددات في

ة الموجات؟

ن الدوري لهذه الموجات؟

ماء في بحيرة بمعدل 3.4 m خلال 1.8 s.
ري للذبذبة 1.1 s.

ة موجات الماء؟

ي موجتها؟

طول موجة إشارة سونار ترددها
1. نحو 1.50 mm في الماء.

ة الإشارة في الماء؟

67. تحدث موجة صوتية طول موجتها 0.60 m وسرعتها 330 m/s خلال 0.50 s.

a. ما تردد الموجة؟

b. كم عدد الموجات الكاملة المُرسلة في هذه الفترة الزمنية؟

c. بعد مرور 0.50 s. كم تبعد مقدمة الموجة عن مصدر الصوت؟

68. يستريح مازن وعبدالله على منصة بحرية بعد السباحة. قدّر كلاهما أنّ المسافة التي تفصل بين القاع والقمة المجاورة لكل موجة سطحية في البحيرة 3.0 m. عدّ كلاهما 12 قمة خلال 20.0 s. احسب مقدار السرعة التي تنتقل بها الموجات.

69. **الزلازل** تبلغ السرعة للموجات المستعرضة التي يُحدثها زلزال 8.9 km/s. تبلغ السرعة للموجات الطولية 5.1 km/s. يسجل جهاز قياس الزلازل وصول الموجات المستعرضة قبل الموجات الطولية بمقدار 68 s. ما مقدار المسافة التي يبعدها الزلزال؟

القسم 3 سلوك الموجات

إتقان المفاهيم

70. عندما تعبر موجة حدًّا فاصلًا بين حبل رفيع وحبل سميك كما هو موضّح في **الشكل 23**، يتغيّر طولها الموجي وسرعتها ولا يتغيّر ترددها. اشرح لماذا يبقى التردد ثابتًا.

الشكل 23

71. ما وجه الاختلاف بين نبضة موجة منعكسة من جدار صلب والنبضة الساقطة؟

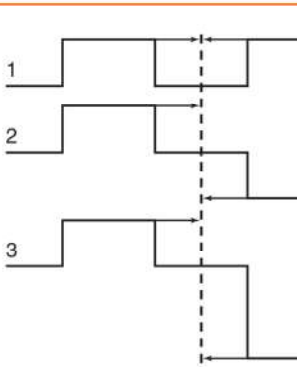
72. صِف حركة جسيمات وسط يقع عند عُقد موجات مستقرة.

73. **الموجات المستقرة** ثُبّتت لوحة من منتصفها. ونُثرت عليها كمية من السكر. عند النقر على وتر كمان بالقرب منها. تهتز حافة اللوحة، ويتجمع السكر في مناطق معينة ويبتعد عن مناطق أخرى. صِف هذه المناطق في ضوء الموجات المستقرة.

almanahi.com/ae

ئل

كل من الحالات الثلاث الموضّحة في
ما يقع مركزا نبضتين موجيتين متقاربتين على
يث تتداخل النبضتان تمامًا.



يلغ سرعة الموجة في وتر الجيتار
طول الوتر 63 cm. وعندما حُرّك منتصف
على وتركه، انتقلت الموجات في كلا
ت بعيدًا من طرفي الوتر.
ة التي تستغرقها الموجه لتنتقل إلى الوتر
صف؟
وجات، هل يوجد الوتر فوق موقعه المستقر أم

ر مسافة 15 cm من أحد طرفيه. فأين
ان؟
رة في الأوتار الأربعة الموضّحة في
تلة كل الأوتار هي نفسها لكل وحدة طول
الشد نفسها.
أوتار (L) معلومة. رتّب ترددات الموجات من

تطبيق المفاهيم

79. تهتز كرة إلى أعلى وإلى أسفل معلقة بطرف نابض. وضّح تغيّرات الطاقة التي تحدث خلال اهتزازة واحدة كاملة. هل تتغيّر الطاقة الميكانيكية الكلية؟

80. هل يمكن استخدام ساعة بندولية في محطة الفضاء الدولية الدوّارة؟ وضح ذلك.

81. لنفترض أنّك تمسك ساقا فلزيا طوله 1 m بيدك وطرقتَ أحد طرفيه بمطرقة في اتجاه موازٍ لطوله في المرة الأولى وفي اتجاه عمودي على طوله في المرة الثانية. صِف الموجات الناتجة في كلتا الحالتين.

82. لنفترض أنّك غمست إصبعك عدة مرات في حوض ممتلئ بالماء لصنع موجات دائرية. ماذا يحدث لطول الموجة عندما تُحرك إصبعك بوتيرة أسرع؟

83. ماذا يحدث للزمن الدوري لموجة عندما يزداد ترددها؟

84. ماذا يحدث لطول الموجة عندما يزداد ترددها؟

85. لنفترض أنّك أحدثتَ نبضة واحدة في سلك ممتد. ما مقدار الطاقة اللازمة لإحداث نبضة ثانية لها. سعتها مثلي السعة الأصلية؟

86. لا يمكنك أن تجعل الماء يتدفق ذهابًا وإيابًا في وعاء مسطح إلا إذا جعلت الوعاء يهتز بالتردد المناسب. وضح ذلك.

مراجعة جامعة

87. احسب الزمن الدوري لبندول طوله 1.4 m؟

88. **موجات الراديو** تُبث إشارات راديو AM بتريدات تتراوح بين 550 kHz (كيلوهرتز) و 1600 kHz بسرعة 3.0×10^8 m/s.
   a. ما مدى أطوال موجات الإشارات؟
   b. تتراوح ترددات FM بين 88 MHz (ميجاهرتز) و 108 MHz بالسرعة نفسها. ما مدى أطوال الموجة لموجات FM؟

89. إذا كان الزمن اللازم لتغيير موجة الماء من مستوى الاتزان إلى القمة 0.18 s. احسب:
   a. طول الموجة

almanahj.com/ae

McGraw-

بعيدًا من الشاطئ، بالرغم من أن نبضات
نحو الشاطئ، فإنها لا تنقلك بالقرب منه.

ة التي تواجهها عندما تسبح في الماء؟

تنقلك الموجة بالقرب من الشاطئ.

ك 10 موجات في غضون 15 s. كم يبلغ الزمن
الموجات؟

بلغ تردد هذه الموجات؟

قمم الموجة تبعد إحداها من الأخرى مسافة 3
رعة المتجهة للموجات؟

ى الشاطئ، تعرف أنّ الموجات تنتقل بسرعة
م يبلغ طول الموجة الفعلي لهذه الموجات؟

لحبال قفز أحد لاعبي القفز بالحبال كتلته
لاد هواء ساخن باستخدام حبل مطاطي طوله
لاستطالة. وعند اكتمال القفز كان اللاعب معلقًا
سبح طوله 1710 m. كم يبلغ ثابت المرونة للحبل

كانيكي لوزن السمك مزوّد بنابض ينضغط
إلى خطاف مثبّت أسفل الميزان. لسوء الحظ،
ميزان تمامًا. بالرغم من ذلك، لديك كتلة واحدة
50 تجعل النابض ينضغط مسافة مقدارها 2.0

يض لهذا النابض؟

سمكة بأن ينضغط النابض مسافة
4.5. ما كتلة السمكة؟

في الصيف فوق نهر نيو ريفر في فرجينيا
رجح العديد من الأولاد باستخدام الحبال ثم
في النهر بعد بضعة تأرجحات ذهابًا وإيابًا.

"حسام" حبلًا طوله 10.0 m. فما الزمن الذي
يعمل اهتزازة كاملة؟

ة "فهد" أكبر من كتلة "حسام" بمقدار 20 kg.
لاختلاف الزمن الدوري لحركة تأرجحه عن حركة
م"؟

ة في حركة التأرجح تبلغ طاقة الحركة أقصى

ة في حركة التأرجح تبلغ طاقة الوضع أقصى

96. مدينة الألعاب إذا كانت لعبتك المفضلة في مدينة الالعاب هي عربة مثبتة في هيكل بحيث تتأرجح مثل البندول. وإذا كانت العربة تتأرجح من موضع إلى آخر ثماني مرات في 1 min بالضبط. أصبحت الآن تتأرجح ست مرات فقط في 1 min. أجب عن الأسئلة التالية.

a. ما الزمن الدوري الأصلي للعبة؟

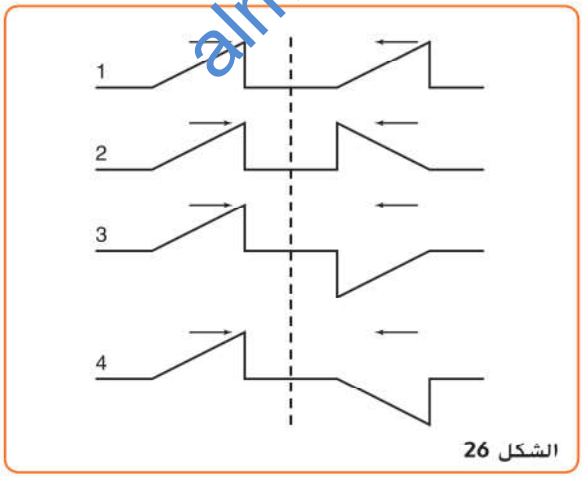
b. ما الزمن الدوري الجديد للعبة؟

c. احسب التردد الجديد.

d. ما دور السائق الذي يحمل العربة في اللعبة؟

e. إذا أراد أصحاب مدينة الالعاب مضاعفة الزمن الدوري للعبة، فما النسبة المئوية للزيادة التي يلزم إضافتها إلى طول الساق؟

97. مثّل بالرسم نتيجة كل من الحالات الأربع الموضّحة في **الشكل 26**، عندما يقع كل من النبضتين على الخط المنقط بحيث تتداخل النبضتان تمامًا.



الشكل 26

98. الساعات يتحكّم البندول المتأرجح في السرعة التي تعمل بها الساعة الدقاقة.

a. إذا وجدتَ أنّ الساعة تؤخر الوقت يوميًا. فما التعديل الذي يلزم إجراؤه على البندول لضبط الوقت؟

almanahj.com/ae

موجة التي تنتقل عبر وتر على قوة
كتلة لكل وحدة طول للوتر. إذا كانت F_T
الوتر وμ هي الكتلة لكل وحدة طول،
رعة (v) من خلال المعادلة التالية.

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$

الوتر طوله 5.30 m نحو 15.0 g. فكم
الشد في الوتر حتى يصبح طول موجة
ساوي 120.0 cm؟

اكتب مسألة فيزيائية تتضمن أجسامًا من
ل المعادلة التالية جزءًا من الحل المطلوب لها:

$$(9.8\ \text{N/kg})(1.65\ \text{kg}) = k\ (0.1$$

ل هذه المسألة بحيث يجب حلها
الوارد أدناه: "عُلّقت كتلة رأسيا في
200 N/m ..."

لبيانية واستخدامها عُلّقت عدة أوزان
استطالات النابض. يوضّح **الجدول 2**
الحصول عليها.

زان المؤثرة في نابض

F (N)	الاستطالة، x (m)
	0.12
	0.26
	0.35
	0.50
	0.60
	0.71

103. التحليل والاستنتاج إذا لزمت قوة مقدارها 20 N لإحداث استطالة في نابض مقدارها 0.5 m.

a. احسب ثابت النابض

b. ما مقدار الطاقة الكامنة في النابض؟

c. لماذا لا يساوي الشغل المبذول لتمدد النابض القوة مضروبة في المسافة أو 10 J؟

104. تطبيق المفاهيم تتكون تموجات ترابية في الغالب على الحرّ الترابية، ويكون بعضها متباعدًا عن بعض بصورة منتظ كما تكون هذه التموجات عمودية على الطريق كما في **الشكل 27**. وينتج هذا التموج بسبب حركة معظم السيارات بالسرعة نفسها واهتزاز النوابض المتصلة بعجلات السيارة بالتردد نفسه. فإذا كان بعد التموجات بعضها من بعض 1.5 m. وتتحرك السيارات على هذا الطريق بسرعة 5 m/s. فما تردد اهتزاز نوابض السيارة ؟

الشكل 27

الكتابة في الفيزياء

105. أجرِ بحثًا عن أعمال كريستيان هيجينز المتعلقة بالموجات والخلاف بينه وبين نيوتن حول طبيعة الضوء. قارن وقابل بين تفسيراتهما لظواهر مثل الانعكاس والانكسار. أي النموذجين تؤيد؟ لماذا؟

مراجعة تراكمية

106. تقطع سيارة كتلتها 1400 kg مسافة 402 m خلال زمن مقداره 9.8 s. فإذا كانت سرعتها النهائية 112 m/s. فأجب عما يلي:

a. ما طاقة الحركة النهائية لهذه السيارة؟

almanahj.com/ae

McGraw-

تدريب على الاختبار المعياري

متعدد

ض تبلغ طاقة وضعه المرونية 8.67 J عندما 247 mm؟

C. 142 N/m

D. 284 N/m

تي تؤثر في نابض يبلغ ثابته 275 N/m 14.3 cm؟

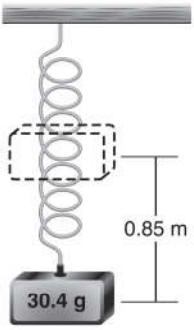
C. 39.3 N

D. 3.93×10^{30} N

ي النهاية الطرف لنابض فاستطال بمقدار موضّح في الشكل التالي. كم يبلغ ثابت النابض؟

C. 26 N/m

D. 3.5×10^{2} N/m



ي 350 N/m يسحب بابًا لكي يغلقه. ما يذول عندما يسحب النابض الباب بسرعة ثابتة مقدارها 85.0 cm إلى استطالة مقدارها 5.0

C. 220 N · m

D. 1.1×10^{3} J

لغ زمنه الدوري 4.89 s؟

7. اعتمادًا على معادلة الزمن الدوري للبندول ،أي الآتية معادلة صحيحة لطول بندول؟

A. $\ell = \frac{4\pi^2 g}{T^2}$

B. $\ell = \frac{gT}{4\pi^2}$

C. $\ell = \frac{T^2 g}{(2\pi)^2}$

D. $\ell = \frac{Tg}{2\pi}$

8. أي صفوف الجدول يمثل موجة مستقرة؟

	الموجات	الاتجاه	الوسط
a	متماثلة	نفسه	نفسه
b	غير متماثلة	متعاكس	مختلف
c	متماثلة	متعاكس	نفسه
d	غير متماثلة	نفسه	مختلف

9. ما اسم الظاهرة الذي يُطلق على سلوك الموجة التي يتغيّر فيها اتجاه الموجة عند انتقالها من وسط إلى آخر؟

A. التداخل

B. التخلخل

C. الانعكاس

D. الانكسار

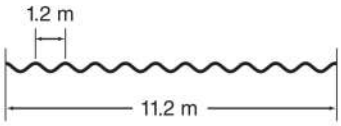
10. قطعت الموجة الموضّحة في الشكل التالي مسافة 11.2 m إلى جدار وانعكست مرة أخرى في 4 s. كم يبلغ تردد الموجة؟

A. 0.2 Hz

B. 2 Hz

C. 5 Hz

D. 9 Hz



أسئلة ذات إجابات مفتوحة

11. استخدم تحليل الوحدات للمعادلة $kx = mg$ لاشتقاق k.

almanahj.com/ae