



الإمارات العربية المتحدة  
وزارة التربية والتعليم



عام التسامح

المتقدم

2018 - 2019

9

McGraw-Hill Education

الفيزياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

Mc  
Graw  
Hill  
Education

McGraw-Hill Education

# الفيزياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للف 9 المتقدم

مجلد 3



**Project: UAE Science Grade 9 Advanced Physics, Year 3, Volume 3**

FM. Front Matter, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

8. Work, Energy, and Machines, Chapter 10, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

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

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

EM. End Matter, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

صورة الغلاف: Vadym Andrushchenko/Shutterstock

[mheducation.com/prek-12](http://mheducation.com/prek-12)



جميع الحقوق محفوظة © للعام 2019 لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا المنشور أو توزيعه في أي صورة أو بأي وسيلة كانت أو تخزينه في قاعدة بيانات أو نظام استرداد من دون موافقة خطية مسبقة من McGraw-Hill Education. بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، التخزين على الشبكة أو الإرسال عبرها أو البث لأغراض التعليم عن بُعد.

الحقوق الحصرية للتصنيع والتصدير عائدة لمؤسسة McGraw-Hill Education. لا يمكن إعادة تصدير هذا الكتاب من البلد الذي باعته له McGraw-Hill Education. هذه النسخة الإقلمية غير متاحة خارج أوروبا والشرق الأوسط وإفريقيا.

النسخة الإلكترونية

طُبع في دولة الإمارات العربية المتحدة.

رقم النشر الدولي: 978-1-52-688547-0 (نسخة الطالب)  
MHID: 1-52-688547-6 (نسخة الطالب)  
رقم النشر الدولي: 978-1-52-688549-4 (نسخة المعلم)  
MHID: 1-52-688549-2 (نسخة المعلم)

رقم النشر الدولي: 978-1-52-688543-2 (نسخة الطالب)  
MHID: 1-52-688543-3 (نسخة الطالب)  
رقم النشر الدولي: 978-1-52-688545-6 (نسخة المعلم)  
MHID: 1-52-688545-X (نسخة المعلم)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 XXX 22 21 20 19 18 17



**صاحب السمو الشيخ خليفة بن زايد آل نهيان  
رئيس دولة الإمارات العربية المتحدة، حفظه الله**

”يجب التزوّد بالعلوم الحديثة والمعارف الواسعة، والإقبال عليها  
بروح عالية ورغبة صادقة؛ حتى تتمكّن دولة الإمارات خلال  
الأسفوية الثالثة من تحقيق نقلة حضارية واسعة.“  
من أقوال صاحب السمو الشيخ خليفة بن زايد آل نهيان



1	مدخل إلى علم الفيزياء
2	تمثيل الحركة
3	الحركة المتسارعة
4	القوى في بُعد واحد
5	الإزاحة والقوة في بُعدين
6	الحركة في بُعدين
7	الجاذبية
8	الشفل والطاقة والآلات
9	الطاقة الحرارية
10	حالات المادة

1	مدخل إلى علم الفيزياء
2	تمثيل الحركة
3	الحركة المتسارعة
4	القوى في بُعد واحد
5	الإزاحة والقوة في بُعدين
6	الحركة في بُعدين
7	الجاذبية
8	الشفل والطاقة والآلات
9	الطاقة الحرارية
10	حالات المادة

لماذا A<sup>2</sup>؟

تحقيق الدقة أمر أساسي في التزامات ماجروهيل لتحقيق نتائج عالية الجودة موجهة للمتعلمين ومرتبطة بالحياة اليومية وخالية من الأخطاء. ومن العناصر الأساسية لعملية التطوير A<sup>2</sup> التزامنا بجعل الكتاب المدرسي ميسورًا ويسهل استيعابه لكل من الطلاب والمعلمين. ومن خلال التعاون بين المؤلفين ومحرري المحتوى والمستشارين الأكاديميين والمعلمين، تقدم عملية التطوير A<sup>2</sup> فرصًا للتحسين المستمر عن طريق التغذية الراجعة من العملاء وعن طريق مراجعة المحتوى.

تبدأ عملية التطوير A<sup>2</sup> بمراجعة الطبعة السابقة والتطلع إلى تلبية المعايير الحكومية والوطنية. يجمع مؤلفو كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات بين الخبرة في تدريب المعلمين والتعليم إلى جانب إتقان المعرفة بمحتوى الفيزياء. وأثناء عملية إنشاء المخطوطة وتحريرها، يراجع المستشارون دقة المحتوى بينما يقوم أعضاء المجلس الاستشاري للمعلمين لدينا بخص البرنامج التعليمي من منظور كل من المعلم والطالب. ومن ثم تُراجع تجارب الطلاب وموارد التكنولوجيا والعروض التوضيحية للمعلمين من حيث دقة المحتوى والسلامة. وعند تطبيق عناصر التصميم، يُراجع النص مرة أخرى وكذلك الصور والمخططات.

وخلال البرنامج التعليمي، تواصل ماجروهيل استكشاف المشكلات وإصلاحها وإضافة التحسينات. فهدفنا أن نقدم لك برنامجًا دراسيًا تم إنشاؤه وتنقيحه واختباره وتحقيقه ليكون أداة ناجحة تفيدك في تحصيلك الأكاديمي المستمر.





## المؤلفون

استخدم مؤلفو كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات ومعرفتهم بمحتوى مادة الفيزياء وخبراتهم في التدريس لا ابتكار مخطوط يسهل فهمه ويتسم بالدقة ويركز على تحصيل الطلاب.

### بول دبليو زيزيفيتز، المؤلف الرئيس

أستاذ متقاعد مختص في الفيزياء وتعليم العلوم بجامعة ميشيغان - ديربورن. حصل على درجة البكالوريوس في الفيزياء من جامعة كارلتون ثم حصل على درجة الماجستير والدكتوراه في الفيزياء من جامعة هارفارد. وعمل الدكتور زيزيفيتز في تدريس الفيزياء لطلبة البكالوريوس في جامعة ميشيغان - ديربورن لمدة 36 عامًا. ونشر أكثر من 50 ورقة بحثية تضم تجارب في مجال الفيزياء الذرية. وحصل على زمالة الجمعية الفيزيائية الأمريكية لمساهماته في مجال الفيزياء وتعليم العلوم لمعلمي المدارس الثانوية والمدارس الإعدادية وطلابها. وهو الآن يشغل منصب أمين الجمعية الأمريكية لمعلمي الفيزياء وكان رئيساً لفرع الجمعية بميشيغان ورئيساً للمنتدى التعليمي للجمعية الفيزيائية الأمريكية.



### كاثلين أ. هاربر

عضو مساعد في هيئة التدريس بمركز الابتكارات في مجال التعليم الهندسي بجامعة ولاية أوهايو. حصلت على ماجستير العلوم في الفيزياء وبكالوريوس العلوم في الهندسة الكهربائية والفيزياء التطبيقية من جامعة كيس وسترن ريسرف وحصلت على الدكتوراه في الفيزياء من جامعة ولاية أوهايو. وقد دُرست برامج الفيزياء التمهيدية وعلم الفلك والهندسة لطلبة البكالوريوس لمدة 20 عامًا تقريبًا. كما ساعدت على تقديم ورش عمل لنمذجة التدريس لمعلمي المدارس الثانوية في أوهايو وفي جميع أنحاء البلاد. وتتضمن اهتماماتها البحثية تدريس وتعلم مهارات حل المسائل وابتكار صيغ بديلة لها. كما أنها عضو في الجمعية الأمريكية لمعلمي الفيزياء. على المستويين المحلي والوطني. وغالبًا ما تقدم مناقشات وورش عمل حول تدريس حل المسائل. بالإضافة إلى أنها محرر مشارك لمجموعة مختارة من المقالات المتوفرة من خلال البوابة المشتركة للجمعية الأمريكية لمعلمي الفيزياء. تحت عنوان "مدخل إلى بحوث تعليم الفيزياء".



### د. ج. هاس

أستاذ فيزياء متميز لطلاب البكالوريوس بجامعة ولاية كارولينا الشمالية. حصل على درجة البكالوريوس في الفيزياء والرياضيات في جامعة رايس وحصل على درجة الماجستير والدكتوراه في الفيزياء من جامعة ديوك ضمن برنامج الزمالة. من مؤسسة جيمس ديوك. وقد كان باحثًا نشطًا في الفيزياء التجريبية عند درجات الحرارة المنخفضة وفي الفيزياء النووية. ويدرس برنامج الفيزياء لطلبة البكالوريوس والدراسات العليا كما عمل لسنوات عديدة في تدريب معلمي الصفوف من الحضانة إلى الصف الثالث الثانوي. وكان المدير المؤسس لبيت العلوم في ولاية كارولينا الشمالية. وهو مركز لتعليم العلوم والرياضة يقود عملية تدريب المعلمين والبرامج الخاصة بالطلاب في جميع أنحاء كارولينا الشمالية. إلى جانب ذلك، شارك في تأليف ما يزيد عن 100 ورقة بحثية في الفيزياء التجريبية وتعليم العلوم. إضافة إلى أنه زميل الجمعية الفيزيائية الأمريكية. كما تلقى ميدالية ألكسندر هولادي للتميز، من جامعة ولاية كارولينا الشمالية، ومُنح ميدالية بيغرام للتميز في تدريس العلوم واختاره مجلس تطوير ودعم التعليم (CASE) في عام 1990 لجائزة أستاذ العام في ولاية كارولينا الشمالية.



## المجلس الاستشاري للمعلمين

قدم المجلس الاستشاري للمعلمين تغذية راجعة إلى هيئة التحرير وفريق التصميم بشأن محتوى وتصميم كتاب الطالب وأساسيات المعلم. وقد كانت مفيدة في تقديم مساهمة WWW وتقدم بخالص الشكر لهؤلاء المعلمين على عملهم الدؤوب واقتراحاتهم البناءة.

**Don Pata**  
Physics Teacher  
Grosse Pointe North  
High School  
Grosse Pointe Woods,  
MI  
**Charles Payne**  
Physics Teacher  
Northern High School  
Durham, NC

**Nikki Malatin**  
Physics Teacher  
West Caldwell High  
School  
Lenoir, NC  
**Jennifer McDonnell**  
Coordinator of Math and  
Science  
46-School District U  
Elgin, IL  
**Jeremy Paschke**  
Physics Teacher  
York High School  
Elmhurst, IL

**Ryan Hall**  
Physics Teacher  
Palatine High School  
Palatine, IL  
**Stan Hutto**  
Physics Teacher  
Alamo Heights High  
School  
San Antonio, TX  
**.Richard A. Lines, Jr**  
Physics Teacher  
Garland High School  
Garland, TX

**Janet Adams**  
Physics Teacher  
Mars Area High School  
Mars, PA  
**Craig Dowler**  
Physics Teacher  
West Genesee High  
School  
Camillus, NY  
**.C. Foust, M.S**  
Physics Teacher  
Hermitage High School  
Richmond, VA

## مستشارو المحتوى

راجع مستشارو المحتوى وحدات محددة من كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات للتحقق من دقة المحتوى ووضوحه.

**Charles Ruggiero**  
Visiting Assistant Professor  
Allegheny College  
Meadeville, PA  
**Toni Sauncy**  
Associate Professor of Physics  
Angelo State University  
San Angelo, TX  
**Sally Seidel**  
Professor of Physics  
University of New Mexico  
Albuquerque, NM

**Dr. Monika Kress**  
Associate Professor  
Department of Physics &  
Astronomy  
San Jose State University  
San Jose, CA  
**Jorge Lopez**  
Professor  
University of Texas at El Paso  
El Paso, TX  
**Dr. Ramon E. Lopez**  
Department of Physics  
University of Texas at Arlington  
Arlington, TX

**Dr. Solomon Billig, PhD**  
Professor of Physics  
Director: NOAA-ISET Center  
North Carolina A&T State University  
Greensboro, NC

**Ruth Howes**  
Professor Emerita of Physics and Astronomy  
Ball State University  
Muncie, IN

**Dr. Keith H. Jackson**  
Professor and Chair of Department of Physics  
Morgan State University  
Baltimore, MD

**Albert J. Osei**  
Professor of Physics  
Oakwood University  
Huntsville, AL

**Kathleen Johnston**  
Associate Professor of Physics  
Louisiana Tech University  
Ruston, LA

## مؤلفون مساهمون

مؤلفون آخرون في العلوم أضافوا محتوى مميزًا ومواد خاصة بالمعلم وتقويمات وتحقيقات مختبرية.

**Steve Whitt**  
Columbus, OH

**Molly Wetterschneider**  
Austin, TX

**Kenneth Russell Roy, PhD**  
Director of Science and Safety  
Glastonbury Public Schools  
Glastonbury, CT

## مستشار السلامة

راجع مستشار السلامة التجارب ومواد التجارب  
للتأكد من السلامة والتطبيق.

## مراجعات المعلمين

راجع كل معلم وحدات محددة من كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات والتغذية الراجعة المقدمّة والاقتراحات بشأن  
فعالية التدريس.

### J. S. Bonanno

Physics Teacher  
Red Creek Central School  
Red Creek, NY

### Beverly Trina Cannon

Physics Teacher  
Highland Park High School  
Dallas TX

### Katharine Chole

Physics Teacher  
Villa Duchesne School  
St. Louis, MO

### Cheryl Rawlins Cowley

Lead Physics Teacher  
Sherman High School  
Sherman, TX

### B. Wayne Davis

(Physics Teacher (retired  
Henrico County Public  
Schools  
Richmond, VA

### Nina Morley Daye

Physics Teacher  
Orange High School  
Hillsborough, NC

### D. Eberst

Physics Teacher  
Bishop Watterson High  
School  
Columbus, OH

### Terry Elmer

Physics Teacher  
Red Creek Central School  
Red Creek, NY

### Michael Fetsko

Physics Teacher  
Mills E. Godwin High  
School  
Henrico, VA

### .C. Foust, M.S

Physics Teacher  
Hermitage High School  
Richmond, VA

### Elaine Gwinn

Physics Teacher  
Shenandoah High School  
Middletown, IN

### Janie Head

Physics Teacher  
Foster High School  
Richmond, TX

### Stan Hutto

Physics Teacher  
Alamo Heights High  
School  
San Antonio, TX

### Emily James

Physics Teacher  
Brewster Academy  
Wolfeboro, NH

### Dr. C. D. Jones

School of Applied and  
Engineering Physics  
Cornell University  
Ithaca, NY

### Dr. Mike

Papadimitriou  
Headmaster  
Academy for Science  
and Health Professions  
Conroe, TX

### Julia Quaintance

Physics Teacher  
Morgan Local High  
School  
McConnelsville, OH

### Stephen Rea

University of Michigan,  
Dearborn  
Plymouth, MI

### Patricia Rollison

Physics Teacher  
St. Gertrude High School  
Richmond, VA

### Patrick Slattery

Physics Teacher  
South Elgin High School  
South Elgin, IL

### James Stankevitz

Physics Teacher  
Wheaton  
Warrenville South  
High School  
Wheaton, IL

### Jason Sterlace

Physics Teacher  
J.R. Tucker High  
School  
Henrico, VA

### C. White

Physics Teacher  
Seneca High School  
Seneca, SC

### Michael Young, MS

.ACT, Inc  
Iowa City, IA

### Tom Young

Physics Teacher  
Whitehouse High  
School  
Whitehouse, TX

تبدأ كل وحدة بتجربة استهلاكية، وهي تحقيق مختبري تمهيدي مصمّم لتقديم المفاهيم التي تشتمل عليها تلك الوحدة. التجارب المصغرة تحقيقات قصيرة يمكنها تحسين فهمك لمحتوى الفيزياء. وستجد أيضًا مختبر فيزياء أو أكثر في كل وحدة يوفر فرصًا للمزيد من التحقيقات المتعمقة.

2	.....	<b>مدخل إلى علم الفيزياء</b>
4	.....	القسم 1 المنهج العلمي
10	.....	القسم 2 الرياضيات والفيزياء
14	.....	القسم 3 القياس
18	.....	القسم 4 تمثيل البيانات بيانيًا
24	.....	الرسم المتحركة

## الوحدة 1

تجربة استهلاكية الكتلة والأجسام الساقطة  
تجارب مصغرة قياس التغير  
إلى أي مدى تقريبًا؟  
مختبر الفيزياء الدليل في الدم  
الكتلة والحجم  
استكشاف الأجسام المتحركة

جدول المحتويات

32	تمثيل الحركة
34	القسم 1 تصوير الحركة
37	القسم 2 الموقع والزمن
41	القسم 3 التمثيل البياني للحركة
46	القسم 4 السرعة
52	نظرة عن كتب هل لديك الزمن الكافي؟

## الوحدة

# 2

تجربة استهلاكية سباق السيارات اللعبة  
تجارب مصفرة نماذج للمتجهات  
متجهات السرعة المتجهة  
مختبر الفيزياء مخططات الحركة  
السرعة الثابتة  
قياس السرعة المتجهة

58	الحركة المتسارعة
60	القسم 1 التسارع
68	القسم 2 الحركة بتسارع ثابت
75	القسم 3 السقوط الحر
80	الترفيه في الفيزياء ألعاب الإثارة بمدينة الملاهي

## الوحدة

# 3

تجربة استهلاكية الرسم البياني للحركة  
تجارب مصفرة سباق الكرة الفولاذية  
السقوط الحر  
مختبر الفيزياء التسارع  
حركة الكرة المقذوفة  
قياس التسارع  
تسارع السقوط الحر



حقوق الطبع والتأليف © مجموعة كمال مؤسسة McGraw-Hill Education

88	<b>القوى في بُعد واحد</b>
90	القسم 1 القوة والحركة
100	القسم 2 الوزن والقوة المعيقة
106	القسم 3 القانون نيوتن الثالث
112	أسرع من الصوت <b>الحدود في الفيزياء</b>

## الوحدة 4

تجربة استهلاكية القوى في اتجاهين متعاكسين  
تجارب مصغرة الكتلة والوزن  
مظلة مقلوبة  
مختبر الفيزياء القوى في المصعد  
السرعة الحدية  
قانون نيوتن الثالث

120	<b>الإزاحة والقوة في بُعدين</b>
122	القسم 1 المتجهات
130	القسم 2 الاحتكاك
136	القسم 3 القوة في بُعدين
142	في الممثل <b>المجازفة</b>

## الوحدة 5

تجربة استهلاكية جمع المتجهات  
تجارب مصغرة قوة التوازن  
القوى على سطح مائل  
مختبر الفيزياء حادث صدم وهروب  
معامل الاحتكاك  
التزلج على منحدر  
الاحتكاك على سطح مستو  
القوى العمودية



- 150..... **الحركة في بُعدين**
- 152..... **القسم 1** حركة المقذوف.
- 159..... **القسم 2** الحركة الدائرية.
- 164..... **القسم 3** السرعة المتجهة النسبية.
- 168..... **نظرة عن كتب** الحاجة إلى السرعة

**تجربة استهلاكية** حركة المقذوف  
**تجارب مصفرة** كتلة المقذوف  
 مسار المقذوف  
**مختبر الفيزياء** إجراء تحقيق  
 نشاط بلوغ الهدف  
 قوة الجذب المركزي  
 مناط الإسناد المتحرك

- 176..... **الجاذبية**
- 178..... حركة الكواكب والجاذبية.
- 186..... استخدام قانون الجذب العام.
- 194..... **نظرة عن كتب** لا شيء يستطيع الإفلات

**تجربة استهلاكية** نمذجة حركة عطارد  
**تجارب مصفرة** ماء عديم الوزن  
 الوزن في السقوط الحر  
**مختبر الفيزياء** نمذجة المدارات  
 كيف يمكنك قياس الكتلة؟  
 كتلة الغصور وكتلة الجاذبية

202	الشغل والطاقة والآلات
204	القسم 1 الشغل والطاقة
214	القسم 2 الآلات
222	الأطراف الاصطناعية <b>نظرة عن كتب</b>

## الوحدة 8

تجربة استهلاكية الطاقة والسقوط  
تجارب مصفرة قوة مؤثرة بزواوية  
العجلة والمحور  
مختبر الفيزياء صعود السلم والقدرة  
الرفع باستخدام البكرات

230	الطاقة الحرارية
232	القسم 1 درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية
242	القسم 2 تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية
252	في العمل <b>النماذج الفيزيائية وديناميكية المشاة</b>

## الوحدة 9

تجربة استهلاكية انتقال الطاقة الحرارية  
تجارب مصفرة الانصهار  
تحويل الطاقة  
مختبر الفيزياء أجهزة تجميع الطاقة الشمسية  
التسخين والتبريد  
كم عدد السرعات الحرارية الموجودة؟  
حرارة الانصهار



# الوحدة 10

258	حالات المادة
260	القسم 1 خصائص الموائع
268	القسم 2 القوى داخل السوائل
271	القسم 3 الموائع في حالات السكون والحركة
279	القسم 4 الأجسام الصلبة
284	المسار المنحني للقواعد! <b>كتب تعمل</b>

**تجربة استهلاكية** قياس الطفو  
**تجارب مصفرة** الضغط  
الفضازات

**مختبر الفيزياء** التبريد بالتبخير  
تحت الضغط  
قوة الطفو للبناء  
أول عالم في الطب الشرعي



## R-1 الجداول المرجعية

R-1	دليل الألوان
R-1	رموز دائرة كهربائية
R-2	الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات
R-2	الوحدات المشتقة في النظام الدولي للوحدات
R-2	تحويلات مفيدة
R-3	ثوابت فيزيائية
R-3	بادئات النظام الدولي للوحدات
R-3	عزم القصور الذاتي لأجسام مختلفة
R-4	كثافة بعض المواد الشائعة
R-4	درجات الانصهار والغليان لبعض المواد
R-4	الحرارة الكامنة للانصهار والتبخير لبعض العناصر الشائعة
R-5	معاملات التمدد الحراري عند $20^{\circ}\text{C}$
R-5	سرعة الصوت في أوساط متنوعة
R-5	الطول الموجي للضوء المرئي
R-5	ثابت العزل الكهربائي، $(20^{\circ}\text{C})$ . K
R-6	الكواكب
R-6	القمر
R-6	الشمس
R-7	الجدول الدوري للعناصر
R-8	العناصر
R-9	رموز السلامة



الأجزاء الموجودة في نهاية الوحدة تلقي الضوء على الفيزياء في المهن المختلفة وكيف ترتبط بالحياة وما يقوم به علماء الفيزياء اليوم من أجل معرفة المزيد عن عالمنا.

### الترفيه في الفيزياء

كيف تُستخدم الفيزياء في الترفيه؟ قد تدهشك الإجابة! استكشف فيزياء وراء التأثيرات الخاصة والأفلام ثلاثية الأبعاد والصوتيات في المسرح وغير ذلك الكثير!



### نظرة عن كتب

ألقِ "نظرة عن كتب" على عدد من موضوعات الفيزياء واكتشف القصة وراء بعض تطبيقات الفيزياء المهمة!

### كيف تعمل

ربما تتفاجأ عندما تكتشف فيزياء المستخدمة في العديد من المهن المختلفة. استكشف الوظائف التي لا تتوقع أنها تقوم على فهم الفيزياء.



### الحدود في الفيزياء

ما الذي تكتشفه أبحاث الفيزياء اليوم؟ استكشف ما يقوم به علماء الفيزياء اليوم.

### كيف تعمل

استكشف الفيزياء في الأجسام أو الظواهر الطبيعية التي نشاهدها كل يوم عن طريق اكتشاف "طريقة حدوثها".



في بداية كل وحدة، ستشاهد الفكرة الرئيسية التي تساعدك على فهم كيف أن ما توشك على دراسته يمثل جزءًا من الصورة الكبيرة للعلم.



الفكرة الرئيسية هي محور التركيز الذي تدور حوله الوحدة. من خلال قراءة النص وإجراء التجارب والإجابة عن المسائل التدريبية ومراجعات الأقسام وتقويمات الوحدات، ستكوّن فهمًا جيدًا لهذه الفكرة.



في تقويم الوحدة، يوجد سؤال أو مسألة تساعدك على تقييم مدى فهمك للفكرة الرئيسية.

## في بداية كل قسم، يوجد تمهيد للقراءة يُلخّص ما ستعلمه أثناء استكشاف القسم.

### الوزن والقوة المعيقة

**الغزياء في حياتك**

إذا كان قد سبق لك ركوب قطار الألعاب، فمن المحتمل أنك لاحظت الشعور بانعدام الوزن عندما تمر فوق تلة. ولكن ما قوة الجاذبية الأرضية في أعلى التلة فوق قوة الجاذبية الأرضية أسفل التلة أفقياً. فماداً تشعر بانعدام الوزن؟

#### الوزن

من العاين الثاني النيوتن، إذا كانت الكرة في الشكل 10 تتسارع، فهذا يعني وجود قوى غير متزنة تؤثر في الكرة. تمثل قوة الجاذبية الأرضية القوة الوحيدة التي تؤثر في الكرة بسبب كتلة الأرض. **وزن** الجسم قوة الجاذبية التي يوضع لها ذلك الجسم وأساساً قوة الجاذبية هذه قوة مجال يتناسب حجمها طردياً مع كتلة الجسم الذي يتأثر بالقوة. في صيغة معادلة، يمكن كتابة قوة الجاذبية التي تساوي الوزن كالتالي  $F_g = mg$  حيث  $m$  كتلة الجسم و  $g$  مجال الجاذبية وهو كمية متجهة ترتبط بين كتلة الجسم وقوة الجاذبية التي يوضع لها في مكان محدد. بالقرب من سطح الأرض، تكون  $g = 9.8 \text{ N/kg}$  تجاه مركز الأرض. تخضع الأجسام الغريبة من سطح الأرض لقوة قدرها  $9.8 \text{ N}$  لكل كيلوجرام من الكتلة.

**الموازين** عندما تطف على ميزان كما هو موضح في الصورة اليسرى من الشكل 10، يؤثر الميزان عليك بقوة إلى أعلى، ونظراً لأنك لا تتسارع، يجب أن تساوي القوة المحسلة التي تؤثر عليك صغراً، ومن ثم يجب أن يكون مقدار قوة الدفع إلى أعلى التي تؤثر بها الميزان (أرسل  $F_{\text{دفع}}$ ) مساوية لمقدار قوة التسحب إلى أسفل التي تؤثر عليك  $F_g$ . داخل الميزان، تؤثر الزنبركات القوة إلى أعلى اللازمة لجعل القوة المحسلة تساوي صغراً. تتم معايرة الميزان لتحويل تمدد الزنبركات إلى وزن. يتم التأثر في قياس الميزان بمجال الجاذبية على سطح الأرض. إذا كنت فوق كوكب مختلف له جاذبية  $g$  مختلفة، فسيؤثر الميزان بقوة مختلفة لحفاظ على توازنك، وستختلف قراءة الميزان. ونظراً لأن الوزن قوة فإن الوحدة المناسبة المستخدمة في قياس الوزن هي النيوتن.

### القسم 2



#### الفكرة الرئيسية

يمكن استخدام القانون الثاني لنيوتن لتوضيح حركة الأجسام المساقطة

#### الأسئلة الرئيسية

- ما العلاقة بين وزن الجسم وكتلته؟
- ما أوجه اختلاف الوزن الحقيقي عن الوزن الظاهري؟
- ما تأثير الهواء على الأجسام أثناء سقوطها؟

#### مراجعة المفردات

اللزوجة viscosity مقاومة السائق للشدق

#### مفردات جديدة

weight	الوزن
gravitational field	مجال الجاذبية
apparent weight	الوزن الظاهري
weightlessness	انعدام الوزن
drag force	القوة المعيقة

**الفكرة الرئيسية** هي المفهوم الأساسي الذي يتناوله القسم. والأفكار الرئيسية لكافة الأقسام الواردة في الوحدة تدعم الفكرة الرئيسية لها.

**الأسئلة الرئيسية** تعكس أهمية الأهداف التي ينطوي عليها القسم، ويؤدي فهم هذه الأسئلة بدوره إلى فهم الفكرة الرئيسية للقسم.

### مراجعة

**22 الفكرة الرئيسية** يستخط لاعب الغفر الحر في بقّة شهية 13 بسرعة ثابتة 25 تقريهاً ذلك ويستقل مصعداً سريعاً إلى أعلى في وضع التمر السجج. بعد فتح النقلة مباشرة، هل يتسارع لاعب الغفر الحر؟ إذا كان الأمر كذلك، ففي أي اتجاه يتسارع اللاعب؟ اشرح إجاباتك باستخدام قوانين نيوتن.

**26** **تقديراً** هندز يطف خالد الذي تبلغ كتلته  $65.0 \text{ kg}$  في أعلى الجليد. يؤثر صديقه فيه بقوة قدرها  $9.0 \text{ N}$  لخاله؟

**27** **تقديراً** تعمل في وظيفة في مستودع لحم الخنزير إلى الشاحنات لتحميها إلى متاجر البقالة. أحد اللحون قدره  $10,000 \text{ N}$  للتحول. تتدفع كل س سيارة متحرك متجهين المتطابقين إلى الميزان وترته  $F$  الشاحنة. وذلك ليقلع. بعد أن وزنت صديقاً ورتبه  $N$  الميزان، صب بطريقة يمكنك بها تطبيق قوانين نيوتن التقريبية للصناديق المتبخية.

تقد وينه  $4 \times 10^2$  بالوزن والد

### القسم 2 مراجعة



#### الشكل 13

23 جاذبية الغملاوتن من القوة اللازمة لجعل صخرة كتلتها  $10.0 \text{ kg}$  والقوة اللازمة لحملها على العمر، علماً بأن مجال الجاذبية على العمر  $1.6 \text{ N/kg}$ .

24 حركة المصعد تستقل مصعد وأنت تحمل ميزاناً زئربكياً يتعلق به جسم كتلته  $1 \text{ kg}$ . تنظر إلى الميزان وترى أنه يقرأ  $9.3 \text{ N}$  ما الشيء الذي يبتكك استنتاجه عن حركة المصعد في ذلك الوقت، إن وجد؟

في مراجعة القسم، يوجد سؤال يساعدك على تقويم مدى فهمك للفكرة الرئيسية.

تقوم الأسئلة الأخرى مدى فهمك للأسئلة الرئيسية

# الشغل والطاقة والآلات

الفكرة الرئيسية يؤدي القيام بشغل على نظام ما إلى تغيير طاقته.

## الأقسام

1 الشغل والطاقة

2 الآلات

## تجربة استهلاكية

الطاقة والسقوط  
ما العوامل التي تؤثر في حجم الحفرة التي  
يحدثها الشهاب؟



bigalbert.com/kaniz/stufftech.com





Chapter Sourced From: 8. Work, Energy, and Machines, Chapter 10, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

### الفيزياء في حياتك

يُطلق اسم الشغل أحياناً على ممارسة التمارين للبقاء بصحة جيدة. ويشار إلى الأنشطة المتعلقة بالعمل باسم الشغل. كيف يعرف العلماء مصطلح الشغل؟

### الشغل

فكّر في سيارتين تصادمان وجهاً لوجه وتتوقفان فوراً عن الحركة. أنت تعلم أن كمية الحركة (الزخم) يتم الحفاظ عليها. ولكن السيارتين كانتا تتحركان قبل التصادم وتوقفنا عن الحركة بعد التصادم. لذلك، يبدو أنه يجب أن تكون هناك كمية أخرى تغيرت نتيجة للقوة المؤثرة في كل سيارة.

فكّر في قوة مبدولة على جسم ما أثناء تحرك الجسم مسافة معينة. مثل حقيبة الكتب في الشكل 1. ولوجود قوة محصّلة، يتسارع الجسم  $a = \frac{F}{m}$ . وتتغير سرعته المتجهة. تذكر من دراستك للحركة أن التسارع والسرعة المتجهة والمسافة مرتبطة بمعادلة  $v_f^2 = v_i^2 + 2ad$ . يمكن كتابة ذلك كمعادلة  $2ad = v_f^2 - v_i^2$ . إذا استبدلت  $a$  بـ  $\frac{F}{m}$  فستحصل على  $2\left(\frac{F}{m}\right)d = v_f^2 - v_i^2$ . وبضرب كلا طرفي المعادلة في  $\frac{m}{2}$  نحصل على  $Fd = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$ .

يصف الطرف الأيسر للمعادلة إجراء حدث في النظام نتيجة للعالم الخارجي. تذكر أن النظام هو الجسم أو الأجسام المعنية والعالم الخارجي هو كل شيء آخر. فقد بذلت قوة ( $F$ ) على نظام ما أثناء تحرك نقطة التماس. عندما تُطبق قوة باتجاه إزاحة. يتم بذل **شغل ( $W$ )** على النظام.

تسمى وحدة النظام الدولي للوحدات لقياس الشغل **الجول (J)**. والجول الواحد يساوي  $1 \text{ N}\cdot\text{m}$ . يُبذل جول واحد من الشغل عندما تؤثر قوة مقدارها  $1 \text{ N}$  في نظام ما عبر إزاحة مقدارها  $1 \text{ m}$ . فالتفاحة التي تزن حوالي  $1 \text{ N}$  تحتاج إلى قوة مقدارها  $1 \text{ N}$  تقريباً لرفعها بسرعة متجهة ثابتة. لذلك، عندما ترفع تفاحة مسافة  $1 \text{ m}$  بسرعة متجهة ثابتة، فإنك تبذل شغلاً عليها مقدارها  $1 \text{ J}$ .



### الفكرة الرئيسية

الشغل هو انتقال للطاقة يحدث عند تطبيق قوة ما باتجاه إزاحة ما.

### الأسئلة الرئيسية

- ما المقصود بالشغل؟
- ما المقصود بالطاقة؟
- كيف يرتبط الشغل بالطاقة؟
- ما المقصود بالقدرة وكيف ترتبط بالشغل والطاقة؟

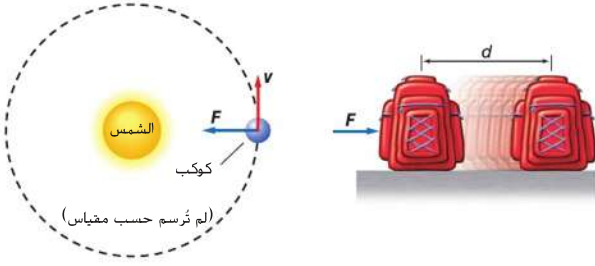
### مراجعة المفردات

قانون حفظ الزخم  
law of conservation of momentum  
conservation of momentum  
ينص على أن الزخم في أي نظام مغلق ومعزول لا يتغير

### مفردات جديدة

work	الشغل
joule	الجول
energy	الطاقة
	نظرية الشغل - الطاقة
work-energy theorem	
kinetic energy	الطاقة الحركية
	الطاقة الحركية الانتقالية
translational kinetic energy	
power	القدرة
watt	الواط

**الشكل 1** يتم الشغل عند تطبيق قوة باتجاه إزاحة.  
**حدّد** مثلاً آخر عندما تبذل قوة شغلاً على جسم ما.



لا تبذل قوة الجاذبية شغلاً على كوكب في مدار دائري لأن القوة تكون عمودية على اتجاه الحركة.

عند تطبيق قوة ( $F$ ) باتجاه إزاحة ( $d$ ) حركة الجسم، يُبذل الشغل ( $W$ ).

## المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

### الشغل (work)

● الاستخدام العلمي القوة المبذولة باتجاه إزاحة

قام الطلاب ببذل شغل على السيارة. بدفعها خارج الوحل.

● الاستخدام العام جيد بدني أو عقلي يمكن أن تتطلب دراسة الفيزياء الكثير من الشغل.

**الشغل المبذول بواسطة قوة ثابتة** في مثال حقيبة الكتب. في الشكل 1 الأيمن تمثل  $F$  قوة ثابتة مبذولة في الاتجاه الذي يتحرك فيه الجسم. في هذه الحالة، يمثل الشغل ( $W$ ) حاصل ضرب القوة ومقدار إزاحة النظام. يعني هذا،  $W = Fd$ .

ماذا يحدث إذا كانت القوة المبذولة عمودية على اتجاه الحركة؟ على سبيل المثال، إذا كان كوكب ما في مدار دائري، فإن القوة تكون دائمًا عمودية على اتجاه الحركة. كما هو موضح في الشكل 1 الأيسر. تذكر من دراستك لقوانين نيوتن أن القوة العمودية لا تتغير سرعة النظام. بل تغير اتجاهه فقط. فلا تتغير سرعة الكوكب وبهذا الجانب الأيمن من المعادلة  $\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$  يساوي صفرًا. ومن ثم، يساوي الشغل المبذول صفرًا هو الآخر.

**قوة ثابتة مبذولة بزاوية** ما الشغل الذي تبذله قوة مبذولة بزاوية معينة؟ على سبيل المثال، ما الشغل الذي يبذله الشخص الذي يدفع السيارة في الشكل 2؟ تذكر أنه يمكن استبدال أي قوة بكوناتها. فإذا استخدمت النظام الإحداثي الموضح في الشكل 2، فإن القوة ( $F$ ) البالغة 125 N المبذولة في اتجاه ذراع الشخص لها مكونان.

يرتبط مقدار المكون الأفقي ( $F_x$ ) بمقدار القوة المطبقة ( $F$ ) من خلال دالة جيب تمام:  $\cos 25.0^\circ = \frac{F_x}{F}$  ويوجد  $F_x$  تحصل على

$$F_x = F \cos 25.0^\circ = (125 \text{ N})(\cos 25.0^\circ) = 113 \text{ N.}$$

وباستخدام الطريقة نفسها، يساوي المكون الرأسي

$$F_y = -F \sin 25.0^\circ = -(125 \text{ N})(\sin 25.0^\circ) = -52.8 \text{ N.}$$

توضح الإشارة السالبة أن القوة تنجه لأسفل. وحيث إن الإزاحة في اتجاه المحور  $x$ ، فإن المكون  $x$  فقط هو الذي يبذل الشغل. أما المكون  $y$  فلا يبذل شغلًا. إن الشغل الذي تبذله عندما تطبق قوة ما على نظام بزاوية تتوافق مع اتجاه الحركة يساوي مكون القوة في اتجاه الإزاحة مضروبًا في الإزاحة. ويمكن إيجاد مقدار قوة المكون ( $F_x$ ) التي تؤثر في اتجاه الإزاحة عن طريق ضرب مقدار القوة ( $F$ ) في جيب تمام الزاوية ( $\theta$ ) المحصورة بين القوة واتجاه الإزاحة:  $F_x = F \cos \theta$ . لذلك، يمثل الشغل المبذول بالمعادلة التالية.

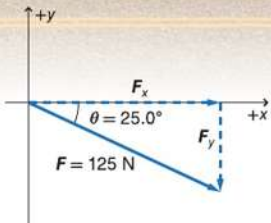
**الشغل** يساوي الشغل ناتج ضرب مقداري القوة والإزاحة مضروبًا في جيب تمام الزاوية الواقعة بينهما.

$$W = Fd \cos \theta$$

✓ **التأكد من فهم النص** حدد الشغل الذي تبذله عندما تطبق قوة مقدارها 3 N عند زاوية 45° من اتجاه الحركة لمدة 1 m.

لاحظ أن المعادلة الواردة أعلاه تتوافق مع توقعاتنا للقوى الثابتة المبذولة في اتجاه الإزاحة والقوى الثابتة العمودية على الإزاحة. في مثال حقيبة الكتب. في  $\theta = 0^\circ$  و  $\cos 0^\circ = 1$  لذلك،  $W = Fd(1) = Fd$ . تمامًا كما وجدناها من قبل. في حالة الكوكب المداري،  $\theta = 90^\circ$  و  $\cos 90^\circ = 0$ . لذلك،  $W = Fd(0) = 0$ . ويتفق هذا مع استنتاجاتنا السابقة.

**الشكل 2** المكون الأفقي فقط للقوة التي يبذلها الرجل على السيارة يبذل شغلًا لأن إزاحة السيارة أفقية.



## تجربة مصغرة

### قوة مبذولة عند زاوية ما

كيف يؤثر اتجاه القوة في كمية الشغل المبذول على الجسم؟

**الشغل الذي تبذله عدة قوى** افترض أن أحمد يدفع صندوقاً على سطح عديم الاحتكاك بينما يحاول صديقه سالم منعه من تحريك الصندوق، كما هو موضح في الشكل 3. ما القوى التي تؤثر في الصندوق؟ تبذل أنت قوة ناحية اليمين وبيذل صديقك قوة ناحية اليسار. وتبذل الجاذبية الأرضية قوة دفع للأسفل وتبذل الأرض قوة عمودية لأعلى. ما مقدار الشغل المبذول على الصندوق؟

عند تطبيق عدة قوى على نظام ما، احسب الشغل الذي تبذله كل قوة ثم اجمع النتائج. في الصندوق الموجود في الشكل 3، نجد أن قوتي الدفع لأعلى ولأسفل (الجاذبية والقوة العمودية) متعامدتان ( $\theta = 90^\circ$ ) على اتجاه الحركة ولا يبذلان شغلاً. وبالتسوية إلى هذه القوى،  $\theta = 90^\circ$ ، مما يجعل  $\cos \theta = 0$ . لذا فإن،  $W = 0$ . تكون القوة ( $F_{\text{أحمد}}$ ) في اتجاه الإزاحة، ولهذا يساوي الشغل الذي يبذله أحمد

$$W_{\text{أحمد}} = F_{\text{أحمد}} d$$

بيذل سالم قوة ( $F_{\text{سالم}}$ ) في الاتجاه المعاكس للإزاحة ( $\theta = 180^\circ$ ). نظرًا لأن  $\cos 180^\circ = -1$ ، فإن سالم يبذل شغلاً سالبًا:

$$W_{\text{سالم}} = -F_{\text{سالم}} d$$

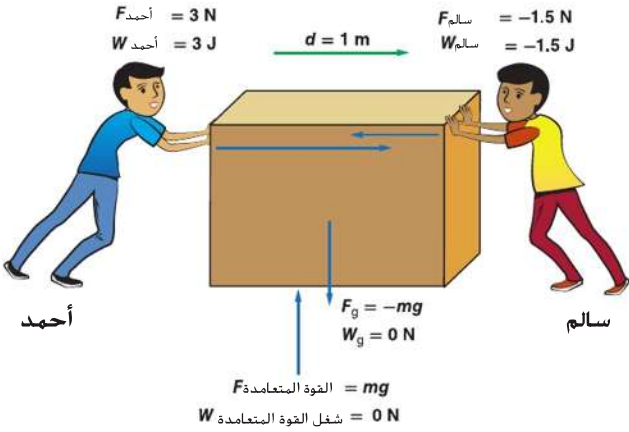
حيث يمثل الشغل الكلي المبذول على الصندوق

$$W_{\text{الكلي}} = F_{\text{أحمد}} d - F_{\text{سالم}} d.$$

✓ **التأكد من فهم النص** اشرح لماذا تبذل شغلاً موجباً على الصندوق وبيذل صديقك شغلاً سالبًا.

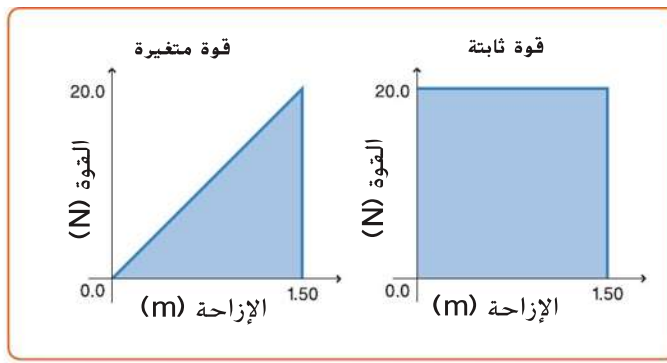
من المهم أيضاً التفكير في كل مسافة بشكل منفصل. على سبيل المثال، افترض أنك تدفع صندوقاً ما لمسافة 1 m بقوة مقدارها 3 N ثم تسحب الصندوق مرة أخرى لمسافة 1 m بقوة مقدارها 3 N. قد تعتقد أنك لم تقم بشغل لأن إجمالي الإزاحة صفر. قد يكون ذلك صحيحاً إذا كانت القوة التي بذلتها ثابتة، لكن قوتك غيرت الاتجاه. وكانت دفعتك في اتجاه حركة الصندوق للجزء الأول، لذلك بذلت شغلاً بمقدار 3 J. وفي الجزء الثاني، انعكس اتجاه كل من القوة التي بذلتها واتجاه الحركة. وكانت دفعتك وحركة الصندوق في الاتجاه نفسه، وبذلت شغلاً بمقدار 3 J على الصندوق. لذلك، قد بذلت شغلاً كلياً بمقدار 6 J على الصندوق.

✓ **التأكد من فهم النص** صف سيناريو آخر تبذل فيه شغلاً على نظام ما واطرح مقدار الشغل المبذول على النظام.



الشكل 3 يمثل الشغل الكلي المبذول على النظام مجموع الشغل الذي يبذله كل عامل يطبق قوة على النظام.

صف الشغل المبذول على الصندوق إذا بذل سالم قوة أكبر من أحمد. تأكد من مراعاة اتجاه الإزاحة.



**إيجاد الشغل المبذول عندما تتغير القوى** في المثال الأخير، تغيرت القوة. لكننا نستطيع تحديد الشغل المبذول في كل مقطع. لكن ماذا إذا تغيرت القوة بشكل أكثر تعقيداً؟ يتيح لك الرسم البياني للقوة في مقابل الإزاحة تحديد الشغل الذي تبذله قوة ما. يمكن توظيف الرسم البياني لحل المسائل التي تكون فيها القوة متغيرة. يوضح الجزء الأيمن من الشكل 4 الشغل المبذول من خلال قوة ثابتة مقدارها 20.0 N تبذل لرفع جسم ما مسافة 1.50 m. ويمكن تمثيل الشغل الذي تبذله هذه القوة بالمعادلة  $W = Fd = (20.0 \text{ N})(1.50 \text{ m}) = 30.0 \text{ J}$ . لاحظ أن المساحة المظللة أسفل الرسم البياني تساوي (20.0 N) (1.50 m) أو 30.0 J أيضاً. وتساوي المساحة تحت الرسم البياني للقوة - الإزاحة الشغل الذي تبذله تلك القوة.

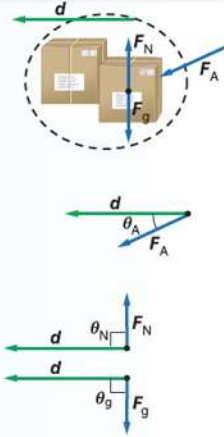
ويعد ذلك صحيحاً حتى إذا تغيرت القوة. يبين الجزء الأيسر من الشكل 4 القوة التي يبذلها زنبرك، والتي تتغير خطياً من 0.0 إلى 20.0 N عند تعرضه للانضغاط مسافة 1.50 m. إن الشغل الذي يبذله القوة التي ضغطت على الزنبرك **يساوي المساحة أسفل الرسم البياني**، والتي تمثل مساحة مثلث  $(\frac{1}{2})$  (القاعدة) (الارتفاع). أو  $W = (\frac{1}{2})(20.0 \text{ N})(1.50 \text{ m}) = 15.0 \text{ J}$ . استخدم استراتيجيات حل المسائل الواردة أدناه عند حل مسائل تتعلق بالشغل.

## استراتيجيات حل المسائل

### الشغل

عند حل مسائل تتعلق بالشغل، استخدم الاستراتيجيات التالية:

1. حدّد النظام وارسم مخططاً توضيحياً له، ثم وضح القوى التي تبذل شغلاً على النظام.
2. صمّم نظاماً إحداثياً، ارسم متجهات إزاحة النظام وكل متجه قوة يبذل شغلاً على النظام.
3. أوجد الزاوية ( $\theta$ ) بين كل قوة وإزاحة.
4. احسب الشغل المبذول من كل قوة باستخدام المعادلة  $W = Fd \cos \theta$ .
5. احسب الشغل الكلي المبذول.



## مثال 1

الشغل يستخدم لاعب الهوكي عصا لبذل قوة ثابتة مقدارها 4.50 N للأمام لدفع قرص هوكي كتلته 105 g ينزلق على الجليد بمسافة إزاحة تبلغ 0.150 m إلى الأمام. ما مقدار الشغل الذي بذلته العصا على قرص الهوكي؟ افترض أن الاحتكاك غير موجود.

### تحليل المسألة ورسم مخطط لها

- حدّد النظام والقوة التي تبذل شغلاً عليه.
- ارسم مخططاً توضيحياً للحالة بوضوح الظروف الابتدائية.
- صنّم نظاماً إحداثياً على أن يكون +x جهة اليمين.
- ارسم مخططاً للمتجهات.

المجهول	المعلوم
$W = ?$	$m = 105 \text{ g}$
	$F = 4.50 \text{ N}$
	$d = 0.150 \text{ m}$
	$\theta = 0^\circ$

### إيجاد المجهول

استخدم تعريف الشغل.

$$W = Fd \cos \theta$$

$$W = (4.50 \text{ N})(0.150 \text{ m})(1) = 0.675 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$W = 0.675 \text{ J}$$

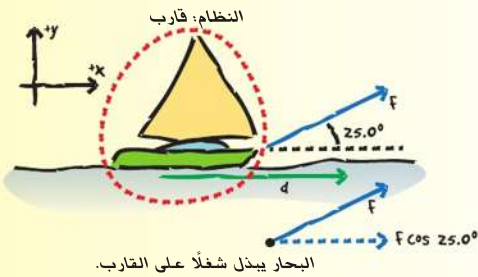
### تقييم الإجابة

- هل الوحدات صحيحة؟ يقاس الشغل بوحدة الجول.
- هل للإشارة معنى؟ تبذل عصا الهوكي (العالم الخارجي) شغلاً على القرص (النظام)، لذلك يجب أن تكون إشارة الشغل موجبة.

### تطبيق

- راجع المثال 1 لحل المسألة التالية.
  - إذا بذل لاعب الهوكي ضعف القوة (9.00 N) على قرص الهوكي خلال المسافة نفسها، فكيف ستأثر كمية الشغل الذي بذلته العصا على قرص الهوكي؟
  - إذا بذل لاعب الهوكي قوة مقدارها 9.00 N ولكن بقيت العصا ملامسة للقرص لنصف المسافة فقط (0.075 m)، فما مقدار الشغل الذي تبذله العصا على القرص؟
- يبذل طالبان معاً قوة مقدارها 825 N لدفع سيارة مسافة 35 m.
  - ما مقدار الشغل الذي يبذله الطالبان على السيارة؟
  - إذا تضاعفت قوتهم، فما مقدار الشغل الذي يجب أن يبذلاه على السيارة لدفعها للمسافة نفسها؟
- تحمل متسلقة صخور حقبية ظهر كتلتها 7.5 kg أثناء تسلق منحدر صخري وبعد 30.0 min وصلت المتسلقة إلى ارتفاع 8.2 m فوق نقطة البداية.
  - ما مقدار الشغل الذي تبذله المتسلقة على حقبية الظهر؟
  - إذا كان وزن المتسلقة 645 N، فما مقدار الشغل الذي بذلته لرفع نفسها وحقبية الظهر؟
- مسألة تحفيزية تدفع نوف صندوقاً كتلته 3.0 kg مسافة 7.0 m على الأرض بقوة مقدارها 12 N ثم ترفع الصندوق لتضعه فوق رف على ارتفاع 1 m فوق سطح الأرض. فما مقدار الشغل الذي تبذله نوف على الصندوق؟

**القوة والإزاحة عند زاوية** يسحب بحار قاربًا مسافة 30.0 m في اتجاه رصيف الميناء مستخدمًا حبلًا يصنع زاوية قدرها 25.0° مع المحور الأفقي. ما مقدار الشغل الذي يبذله الحبل على القارب إذا كانت قوة شدّه 255 N؟



**تحليل المسألة ورسم مخطط لها**

- حدّد النظام والقوة التي تبذل شغلًا عليه.
- أنشئ محاور الإحداثيات.
- ارسم مخططًا توضيحيًا للحالة بوضع الظروف الابتدائية للقارب.
- ارسم المتجهات موضحة الإزاحة والقوة ومكوناتها في اتجاه الإزاحة.

المجهول	المعلوم
$W = ?$	$F = 255 \text{ N}$
	$\theta = 25.0^\circ$
	$d = 30.0 \text{ m}$

**إيجاد المجهول**

استخدم تعريف الشغل.

$$W = Fd \cos \theta$$

$$= (255 \text{ N})(30.0 \text{ m})(\cos 25.0^\circ)$$

$$= 6.93 \times 10^3 \text{ J}$$

▶ بالتعويض  $F = 255 \text{ N}$ ,  $d = 30.0 \text{ m}$ ,  $\theta = 25.0^\circ$

**تقييم الإجابة**

- هل الوحدات صحيحة؟ يقاس الشغل بوحدة الجول.
- هل للإشارة معنى؟ يبذل الحبل شغلًا على القارب يتوافق مع الإشارة الموجبة للشغل.

**تطبيق**

5. إذا كان البحار في المثال 2 قد سحب القارب بالقوة نفسها خلال الإزاحة نفسها ولكن بزاوية 50.0°، فما مقدار الشغل الذي يبذله الحبل على القارب؟

6. يرفع شخصان صندوقًا ثقيلًا مسافة 15 m ويستخدمان حبلين يصنع كل منهما زاوية 15° مع المحور الرأسي. يبذل كل من الشخصين قوة مقدارها 225 N. فما مقدار الشغل الذي يبذله الحبلان؟

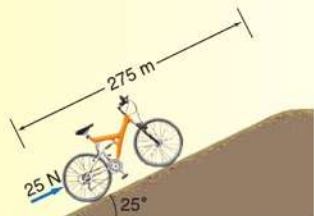
7. يحمل راكب طائرة حقيبته سفر ووزنها 215 N إلى أعلى السلم. وتبلغ الإزاحة 4.20 m رأسيًا و 4.60 m أفقيًا.

- a. ما مقدار الشغل الذي بذله الراكب على حقيبته السفر؟
- b. حمل الراكب نفسه حقيبته السفر نفسها مرة أخرى ونزل بها السلالم نفسها. ما مقدار الشغل الذي بذله الراكب على حقيبته السفر لحملها إلى أسفل السلم؟

8. يُستخدم حبل في سحب صندوق معدني مسافة 15.0 m على الأرض. فإذا كان الحبل مربوطًا بزاوية 46.0° على الأرض وتؤثر قوة مقدارها 628 N في الحبل. فما مقدار الشغل الذي يبذله الحبل على الصندوق؟

9. **مسألة تحفيزية** راكب دراجة يدفع دراجة كتلتها 13 kg إلى أعلى تل شديد الانحدار. يبلغ الميل 25° وطول الطريق 275 m كما هو موضح في الشكل 5. ويدفع الراكب الدراجة في اتجاه مواز للطريق بقوة مقدارها 25 N.

- a. ما مقدار الشغل الذي يبذله الراكب على الدراجة؟
- b. ما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على الدراجة؟



الشكل 5

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

## الطاقة

- الاستخدام العلمي قدرة النظام على إحداث تغيّر في نفسه أو في ما يحيط به. تناقصت الطاقة الحركية لكرة القدم أثناء نباطها.
- الاستخدام العام القدرة على العمل أو ممارسة النشاط
- كان لدى الطلاب صغار السن الكثير من الطاقة خلال الاستراحة.

## الطاقة

انظر مرة أخرى إلى المعادلة  $W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$ . ما خاصية النظام التي

تصفها المعادلة  $\frac{1}{2}mv^2$ ؟ قد تتسبب مركبة ضخمة تتحرك بسرعة كبيرة في إنلاف الأجسام من حولها. كما يمكن أن ترتفع كرة البيسبول إلى مسافات عالية في الهواء عند قذفها بسرعة كبيرة. أي أن النظام الذي يمتلك هذه الخاصية يمكنه إحداث تغيّر في نفسه أو في ما يحيط به. وهذه الخاصية المتمثلة في قدرة النظام على إحداث تغيير في نفسه أو فيما يحيط به تسمى **الطاقة** ويعبر عنها بالرمز  $E$ .

حيث يشير الطرف الأيمن من المعادلة،  $\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$ ، إلى حدوث تغيير في

نوع معين من الطاقة. أي أن الشغل يسبب تغيّراً في الطاقة. ويسمى هذا **نظرية الشغل - الطاقة**، والتي تنص على أنه إذا بُذل شغل على نظام ما، فتكون النتيجة حدوث تغيّر في طاقة النظام. ويمكن تمثيل هذه النظرية بالمعادلة التالية.

## نظرية الشغل - الطاقة

الشغل المبذول على نظام ما يساوي التغير في طاقة النظام.

$$W = \Delta E$$

نظراً لأن الشغل يُقاس بوحدة الجول، يجب أيضاً قياس الطاقة بوحدة الجول. في الواقع، تستمد الوحدة اسمها من عالم الفيزياء جيمس بريسكوت جول الذي كان يعيش في القرن التاسع عشر، والذي أثبت العلاقة بين الشغل المبذول والتغير في الطاقة. تذكر أن الجول الواحد يساوي  $1 \text{ N}\cdot\text{m}$  وأن  $1 \text{ N}$  يساوي  $1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ . لذلك، فإن الجول الواحد يساوي  $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ . هذه هي وحدات  $\frac{1}{2}mv^2$  نفسها.

يمكن أن تنتقل الطاقة بين العالم الخارجي والنظام خلال عملية إنجاز الشغل. ويمكن أن تنتقل الطاقة في كلا الاتجاهين. فإذا قام العالم الخارجي بشغل على النظام، فإن الشغل  $W$  يكون موجباً وتزداد طاقة النظام. أما إذا قام النظام بشغل على المحيط الخارجي، فإن الشغل  $W$  يكون سالباً وتتناقص طاقة النظام. باختصار، الشغل هو انتقال للطاقة يحدث عند تطبيق قوة ما عبر إزاحة ما.

**تغير الطاقة الحركية** لقد ناقشنا حتى الآن الطاقة المرتبطة بحركة نظام ما. على سبيل المثال، يبذل المتزلجون في الشكل 6 شغلاً على زلاجاتهم لجعلها تتحرك في بداية السباق. الطاقة المرتبطة بالحركة تسمى **الطاقة الحركية** ( $KE$ ).

في الأمثلة التي درسناها، كان موقع الجسم يتغير وطاقته ( $\frac{1}{2}mv^2$ ) كانت بسبب هذه الحركة. الطاقة الناتجة بسبب تغير الموقع تسمى **طاقة حركية انتقالية** ويمكن تمثيلها بالمعادلة التالية.

الطاقة الحركية الانتقالية تساوي الطاقة الحركية الانتقالية للنظام  $\frac{1}{2}$  مضروباً في كتلة النظام مضروبة في مربع سرعة النظام.

$$KE_{\text{trans}} = \frac{1}{2}mv^2$$

في حالة الزلاجة، تسبب الشغل في تغير الطاقة الحركية الانتقالية للجسم. مع ذلك، يوجد العديد من أشكال الطاقة الأخرى. يمكن أن ينتج الشغل عن تغير في هذه الأشكال الأخرى أيضاً. سنستكشف في الوحدات التالية بعض هذه الأشكال، مثل طاقة الوضع والطاقة الحرارية.

الشكل 6 يبذل المتزلجون شغلاً على الزلاجة عندما يدفعونها. تمثل النتيجة في تغير الطاقة الحركية للزلاجة.



210 الوحدة 8 • الشغل والطاقة والألات



## المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

### القدرة

#### • الاستخدام العلمي

معدل انتقال الطاقة يجب أن يوفر محرك المصعد ما يكفي من الطاقة لرفع 1500 kg إلى أعلى المبنى خلال 25 ثانية.

#### • الاستخدام العام السلطة القانونية أو الرسمية

مثال: يمتلك المجلس التشريعي القدرة على سن القوانين

## القدرة

افترض أن لديك مجموعة كتب تريد أن تحركها من الأرض إلى الرف. يمكنك رفع المجموعة بالكامل مرة واحدة أو رفع كل كتاب على حدة كل مرة. كيف تقارن كمية الشغل بين الحالتين؟ نظرًا لأن القوة الكلية المبدولة والإزاحة هما أنفسهما في كلتا الحالتين، فإن الشغل يظل كما هو. مع ذلك، يختلف الوقت اللازم. تذكر أن الشغل يسبب تغييرًا في الطاقة. المعدل الذي تنتقل به الطاقة هو **القدرة**. وتساوي القدرة تغير الطاقة مقسومًا على الزمن اللازم لحدوث التغير.

### القدرة

تساوي القدرة تغير الطاقة مقسومًا على الزمن اللازم لحدوث التغير.

$$P = \frac{\Delta E}{t}$$

عندما يسبب الشغل تغييرًا في الطاقة، تساوي القدرة الشغل المبذول مقسومًا على الزمن اللازم لبذل الشغل.

$$P = \frac{W}{t}$$

فكّر في الرافعتين الشوكيتين الموجودتين في الشكل 7. ترفع الرافعة الشوكية اليسرى الحمولة في 5 ثوانٍ وترفع الرافعة الشوكية اليمنى الحمولة في 10 ثوانٍ. حيث إن الرافعة الشوكية اليسرى أكثر قوة من اليمنى. فرغم أن كليهما تنجز الشغل نفسه، إلا أن الرافعة اليسرى تنجزه في زمن أقل ومن ثم توفر قدرة أكبر.

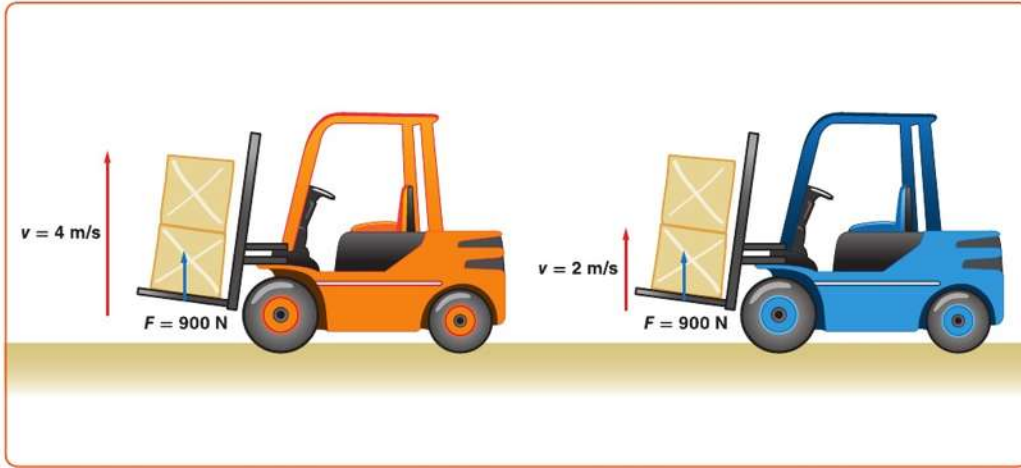
تُقاس القدرة بوحدة الواط (W). ويساوي الواط الواحد انتقال طاقة مقدارها 1 J خلال 1 s. أي أن  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ . ويمثل الواط وحدة قياس قدرة صغيرة نسبيًا. على سبيل المثال، يبلغ وزن كوب من الماء حوالي 2 N، فإذا رفعته مسافة 0.5 m إلى فمك بسرعة ثابتة فإنك تكون قد بذلت شغلًا مقداره 1 J. وإذا رفعت الكوب خلال 1 s فستكون قد بذلت شغلًا بمعدل 1 W. ولأن الواط وحدة صغيرة فإن القدرة تقاس غالبًا بوحدة الكيلوواط (kW). ويساوي الكيلوواط الواحد 1000 W.

## مختبر الفيزياء

### صعود السلالم والقدرة

ما القدرة القصوى التي يمكنك تحقيقها أثناء صعود السلالم؟

الشكل 7 تحقق الرافعة الموجودة جهة اليسار قدرة أكبر من الرافعة الموجودة جهة اليمين. فهي ترفع الحمولة بمعدل أسرع.

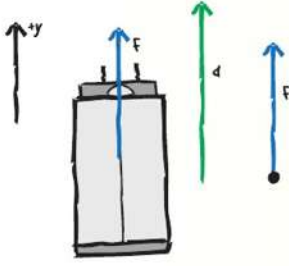


حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لمصاح مؤسسة McGraw-Hill Education

القدرة يرفع محرك كهربائي مصعدًا مسافة 9.00 m خلال 15.0 s ببذل قوة لأعلى مقدارها  $1.20 \times 10^4 \text{ N}$ . ما القدرة التي ينتجها المحرك بوحدة kW؟

**تحليل المسألة ورسم مخطط لها**

- ارسم مخططًا توضيحيًا للحالة بوضوح النظام مثل المصعد بظروفه الابتدائية.
- صمّم نظامًا إحداثيًا على أن يكون الاتجاه لأعلى هو الاتجاه الموجب.
- ارسم مخطط متجهات للقوة والإزاحة.



المجهول	المعلوم
$P = ?$	$d = 9.00 \text{ m}$
	$t = 15.0 \text{ s}$
	$F = 1.20 \times 10^4 \text{ N}$

**إيجاد المجهول**

استخدم تعريف القدرة.

$$P = \frac{W}{t}$$

$$= \frac{Fd}{t}$$

$$= \frac{(1.20 \times 10^4 \text{ N})(9.00 \text{ m})}{(15.0 \text{ s})}$$

$$= 7.20 \text{ kW}$$

▶ بالتعويض  $W = Fd \cos 0^\circ = Fd$

▶ بالتعويض  $F = 1.20 \times 10^4 \text{ N}$ ,  $d = 9.00 \text{ m}$ ,  $t = 15.0 \text{ s}$

**تقييم الإجابة**

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس القدرة بوحدة الجول لكل ثانية أو الواط.
- هل للإشارة معنى؟ تتفق الإشارة الموجبة مع الاتجاه العلوي للقوة.

**تطبيق**

10. يُرفع صندوق بزن 575 N رأسياً إلى أعلى مسافة 20.0 m بواسطة سلك موصل بمحرك. يتحرك الصندوق بسرعة متجهة ثابتة وتكتمل المهمة خلال 10.0 s. فما القدرة التي يولدها المحرك بوحدة W ووحدة kW؟

11. تدفع عربة يدوية مسافة 60.0 m وبسرعة ثابتة لمدة 25.0 s لبذل قوة مقدارها 145 N أفقيًا.

a. ما مقدار القدرة التي تولدها؟

b. إذا كنت تحرك العربة اليدوية بضعف السرعة. فما مقدار القدرة التي تولدها؟

12. ما مقدار القدرة التي تولدها مضخة لرفع 35 L من الماء كل دقيقة من عمق 110 m؟ (كُل 1 L من الماء تبلغ كتلته 1.00 kg)

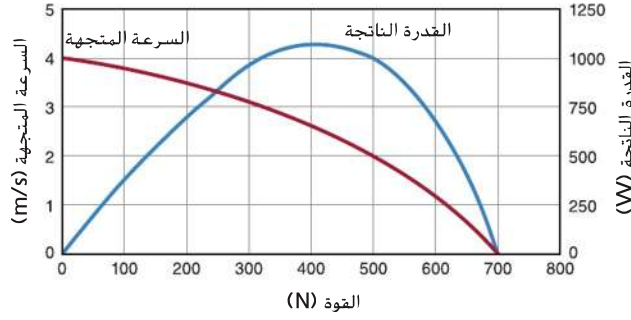
13. يولد محرك كهربائي قدرة 65 kW أثناء رفع مصعد مكتمل الحمولة مسافة 17.5 m خلال 35 s. ما مقدار القوة التي يبذلها المحرك؟

14. مسألة تحفيزية يتم الإعلان عن رافعة صممت لتركيبها على شاحنة، كما هو موضح في الشكل 8، ويزعمون أنها قادرة على بذل قوة مقدارها  $6.8 \times 10^3 \text{ N}$  وتوليد قدرة مقدارها 0.30 kW. ما الزمن الذي تستغرقه الشاحنة والرافعة لسحب جسم ما مسافة 15 m؟

الشكل 8



## تضخيم القدرة في دراجة هوائية متعددة السرعات



**الشكل 9** عندما تتركب دراجة متعددة السرعات، تعتمد القدرة الناتجة على القوة التي نبذلها وسرعتك. لاحظ أن الرسم البياني يعبر عن علاقتهما: العلاقة بين القوة والسرعة (باللون الأحمر) والعلاقة بين القدرة الناتجة والقوة (باللون الأزرق)

## الفيزياء

### في الحياة اليومية

**سباق الدراجات طواف دبي** يقود سائق دراجة دراجته في سباق طواف دبي بسرعة متوسطة تقدر بحوالي 8.94 m/s لأكثر من 6 h يوميًا. القدرة الناتجة للمتسابق 1 kW تقريبًا، حيث يُستهلك ربع تلك القدرة في تحريك الدراجة ضد مقاومة الهواء والسرعات والإطارات، وتستخدم ثلاثة أرباع القدرة لتبريد جسم المتسابق.

**القدرة والسرعة** ربما تكون قد لاحظت في مثال المسألة 3 أنه عندما يكون للقدرة

مكون ( $F_x$ ) في الاتجاه نفسه مثل الإزاحة، فإن  $P = \frac{F_x d}{t}$ . ورغم ذلك، فلأن

$$v = \frac{d}{t}, \quad P = F_x v$$

عندما تتركب دراجة متعددة السرعات، كيف تختار السرعة الصحيحة؟ ترغب في جعل جسمك ينتج أكبر كمية من القدرة، وبمراعاة المعادلة  $P = Fv$ ، يمكنك ملاحظة أن القدرة تكون صفر عندما تكون القوة صفرًا أو تكون السرعة صفرًا ولجعل القدرة أكبر ما يمكن يجب أن تكون كل من القوة والسرعة أكبر ما يمكن. ولا تستطيع العضلات بذل قوى كبيرة جدًا كما تعجز عن التحرك بسرعة كبيرة للغاية. ولذلك، سيؤدي المزج بين القوة المعتدلة والسرعة المعتدلة إلى إنتاج أكبر كمية من القدرة. يوضح **الشكل 9** أنه في هذه الحالة الخاصة، يزيد الحد الأقصى لإنتاج القدرة عن 1000 W عندما تكون القوة 400 N تقريبًا ومقدار السرعة 2.6 m/s تقريبًا.

وجميع المحركات — وليس فقط البشر — تخضع لهذه القيود. وغالبًا تُصمم الآلات البسيطة لتلائم القوة والسرعة اللتين يستطيع المحرك توفيرهما للوفاء باحتياجات العمل. ستتعلم المزيد عن الآلات البسيطة في القسم التالي.

## القسم 1 مراجعة

- العكس الرئيسية** إذا ضاعف الشغل المبذول على جسم ما من طاقته الحركية، فهل يضاعف سرعته؟ إذا لم يكن كذلك، فما نسبة تغييره للسرعة؟
- الشغل** يدفع سالم جسمًا كتلته 20 kg مسافة 10 m على أرضية بقوة أفقية مقدارها 80 N. احسب مقدار الشغل الذي يبذله سالم على الكتلة.
- الشغل** افترض أنك تدفع سيارة متوقفة، وأثناء حركة السيارة، تحتاج إلى قوة أقل وأقل كي تستمر في الحركة. خلال أول 15 m تناقصت قوتك بمعدل ثابت من 210.0 N إلى 40.0 N. فما مقدار الشغل الذي بذلته على السيارة؟ ارسم رسمًا بيانيًا للقوة - الإزاحة لتمثيل الشغل المبذول خلال هذه الفترة.
- الشغل** يحمل ناقل الأثاث ثلاثة كتلتها 185 kg إلى شاحنة نقل بدفع التلاجة بسرعة ثابتة إلى أعلى منصة تحميل منحدره عديمة الاحتكاك طولها 10.0 m وبزاوية ميل قدرها 11°. ما مقدار الشغل الذي يبذله ناقل الأثاث على التلاجة؟
- الشغل** تسقط كرة كتلتها 0.180 kg مسافة 2.5 m. فما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على الكرة؟
- الشغل والقدرة** هل يعتمد الشغل اللازم لرفع كتاب إلى رف عالٍ على مقدار سرعة رفعه؟ وهل تعتمد القدرة اللازمة لرفع الكتاب على سرعة رفعه؟ اشرح.
- القدرة** يرفع مصعد كتلة إجمالية تبلغ  $1.1 \times 10^3$  kg مسافة 40.0 m خلال 12.5 s. ما مقدار القدرة التي يولدها المصعد؟
- الكتلة** ترفع رافعة شوكية صندوقًا بمقدار 1.2 m وتبذل عليه شغلًا مقداره 7.0 kJ. ما كتلة الصندوق؟
- الشغل** تحمل أنت وصديقك صندوقين متماثلين من الطابق الأول في المبنى إلى غرفة تقع في الطابق الثاني عند نهاية الممر. واخترت أن تحمل الصندوق أولًا وتضعه به على السلالم ثم تسير عبر الممر إلى الغرفة. أما صديقك فقد حمل صندوقه من الممر في الطابق الأول ثم صعد سلمًا مختلفًا حتى وصل إلى الطابق الثاني. كيف تقارن بين كميتي الشغل الذي بذلتهما على الصندوقين؟
- التفكير الناقد** اشرح كيفية إيجاد التغير في طاقة نظام ما إذا أثرت فيه ثلاث قوى في آن واحد.

عندما تفكر في كلمة آلة قد تفكر في المكائن الكهربائية أو أجهزة الكمبيوتر أو المعدات الصناعية. ولكن سلاسل الطائرة والبراعي والعتلات تعتبر من الآلات كذلك.

الفيزياء  
في  
حياتك  
.....



### الفكرة الرئيسية

تؤدي الآلات إلى تسهيل إنجاز المهام عن طريق تغيير مقدار أو اتجاه القوة المبذولة.

### الأسئلة الرئيسية

- ما الآلة وكيف تجعل المهام أسهل؟
- ما العلاقة بين الفائدة الميكانيكية وقوة الجهد وقوة المقاومة؟
- ما المقصود بالفائدة الميكانيكية المثالية للآلة؟
- ماذا يعني مصطلح الكفاءة؟

### مفردات للمراجعة

الشغل (work) قوة مبذولة عبر مسافة ما

### مراجعة المفردات

machine	الآلة
effort force	قوة الجهد
resistance force	قوة المقاومة
	الفائدة الميكانيكية
mechanical advantage	الفائدة الميكانيكية المثالية
ideal mechanical advantage	الكفاءة
efficiency	الآلة المركبة
compound machine	

### فوائد الآلات

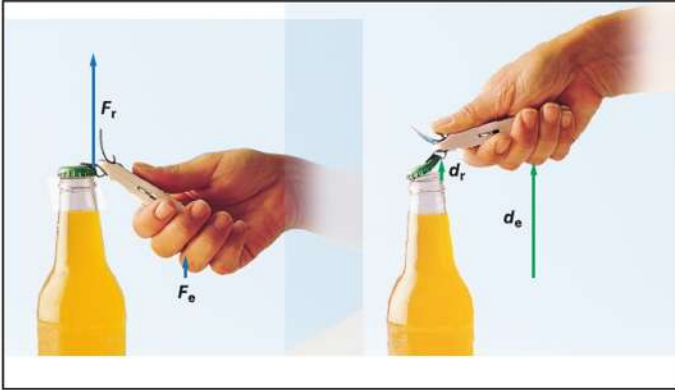
سواء كانت هذه الآلات تُدار بالحركات أم بقوة البشر، فهي تؤدي إلى تسهيل المهام. والآلة جهاز يجعل المهام أسهل، وذلك بتغيير مقدار أو اتجاه القوة المطبقة. فكّر في فتاحة الزجاجات المبيّنة في الشكل 10. فعندما ترفع المقيض، تكون قد بذلت شغلاً على الفتاحة. وعندما ترفع الفتاحة الغطاء فإنها تَبذل شغلاً عليه. ويُسمى الشغل الذي تبذله بالشغل المبذول ( $W_f$ ). أما الشغل الذي بذلته الآلة فيسمى الشغل الناتج ( $W_o$ ). تذكر أن الشغل ينقل الطاقة، فعندما تَبذل شغلاً على فتاحة الزجاجات، تنقل الطاقة إليها. وتبذل الفتاحة شغلاً على الغطاء وتنقل الطاقة إليه. ليست الفتاحة مصدرًا للطاقة، لذلك، لا يستطيع الغطاء اكتساب طاقة تزيد عن الطاقة التي تضعها في الفتاحة. ومن ثمّ، لا يمكن أن يكون الشغل الناتج أكبر من الشغل المبذول. وتساعد الآلة فقط على نقل الطاقة منك إلى غطاء الزجاجات.

**الفائدة الميكانيكية** إن القوة التي يبذلها شخص ما على آلة تسمى **قوة الجهد** ( $F_e$ ). أما القوة التي تبذلها الآلة فتسمى **قوة المقاومة** ( $F_r$ ). بالنسبة إلى فتاحة الزجاجات المبيّنة في الشكل 10، تمثل  $F_e$  القوة الرأسية إلى أعلى التي يبذلها الشخص عند استخدام فتاحة الزجاجات وتمثل  $F_r$  القوة الرأسية التي بذلتها فتاحة الزجاجات. وتسمى نسبة قوة المقاومة إلى قوة الجهد  $\left(\frac{F_r}{F_e}\right)$  **الفائدة الميكانيكية** ( $MA$ ) للآلة.

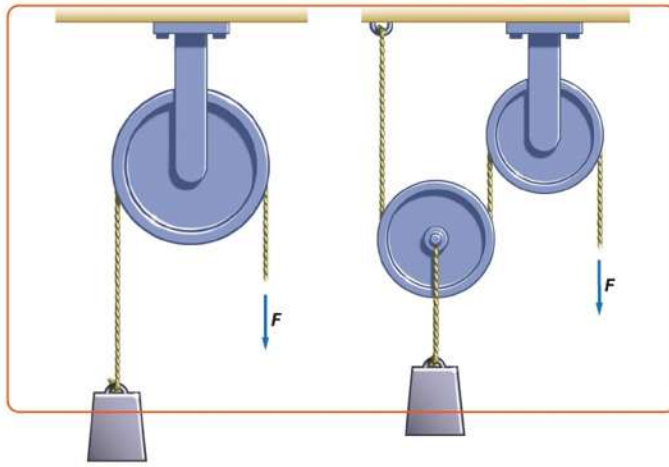
الفائدة الميكانيكية الفائدة الميكانيكية للآلة تساوي ناتج قسمة قوة المقاومة على قوة الجهد.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

الشكل 10 فتاحة الزجاجات هذه تسهل فتح الزجاجات، مع ذلك، فهي لا تنقل من الشغل اللازم للقيام بذلك.



**الشكل 11** بكرة ثابتة لها فائدة ميكانيكية تساوي 1 لكنها مفيدة لأنها تغير اتجاه القوة. نظام البكرات الذي يحوي بكرة قابلة للحركة له فائدة ميكانيكية أكبر من 1.



بالنسبة إلى بكرة ثابتة، مثل البكرة الموضحة على اليسار في الشكل 11، تعد قوة الجهد ( $F_e$ ) وقوة المقاومة ( $F_r$ ) قوتين متساويتين. لذا فإن  $MA$  تساوي 1. ما فائدة هذه الآلة؟ تعد البكرة الثابتة مفيدة، ليس لأنها تقلل من قوة الجهد، ولكن لأنها تغير من اتجاهها. إن الكثير من الآلات، مثل فتاحة الزجاجات الموضحة في الشكل 10 ونظام البكرات الموضح جهة اليمين في الشكل 11، لها فائدة ميكانيكية أكبر من 1. فعندما تكون الفائدة الميكانيكية أكبر من 1، تعمل الآلة على زيادة القوة المطبقة بواسطة شخص ما.

التأكد من فهم النص احسب آلة ما لها فائدة ميكانيكية قيمتها 3. إذا كانت القوة المبذولة تساوي 2 N فما القوة الناتجة؟

**الفائدة الميكانيكية المثالية** تستطيع الآلة زيادة القوة، لكنها لا تستطيع زيادة الطاقة. ونظراً لأن الآلة المثالية تنقل كل الطاقة، فإن الشغل الناتج يساوي الشغل المبذول:  $W_o = W_i$ . حيث إن الشغل المبذول يساوي حاصل ضرب قوة الجهد والإزاحة التي تعمل من خلالها قوة الجهد:

$W_i = F_e d_e$ . الشغل الناتج يساوي حاصل ضرب قوة المقاومة والإزاحة التي تعمل من خلالها قوة المقاومة.  $W_o = F_r d_r$ . وباستبدال هذه التعابير بـ  $W_o = W_i$  فستحصل على  $F_r d_r = F_e d_e$ . ويمكن إعادة كتابة هذه المعادلة على الشكل  $\frac{F_r}{F_e} = \frac{d_e}{d_r}$ .

تذكر أن الفائدة الميكانيكية يُعبر عنها بالمعادلة  $MA = \frac{F_r}{F_e}$ . لذا فإن **الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA)** للآلة المثالية تساوي إزاحة قوة الجهد مقسومة على إزاحة قوة المقاومة. ويمكن التعبير عن الفائدة الميكانيكية المثالية كما يلي.

**الفائدة الميكانيكية المثالية**

الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة تساوي إزاحة قوة الجهد مقسومة على إزاحة قوة المقاومة.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

لاحظ أنك تقيس مسافات الإزاحة لحساب الفائدة الميكانيكية المثالية، في حين تقيس القوى المبذولة لإيجاد الفائدة الميكانيكية الفعلية.

## مختبر الفيزياء

### الرفع باستخدام البكرات

كيف يؤثر ترتيب نظام البكرات في فائدتها الميكانيكية المثالية.

## المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

### الكفاءة (efficiency)

#### • الاستخدام العلمي

نسبة الشغل الناتج إلى الشغل المبذول.  
كفاءة نظام البكرات تساوي 86 بالمئة.

#### • الاستخدام العام

الإنتاج بدون إهدار  
تستهلك الفسالة الجديدة ذات الكفاءة  
العالية مياهاً وكهرباء أقل مقارنة بالفسالة  
التدمية.

**الكفاءة** في الآلات الحقيقية. يكون الشغل المبذول أكبر من الشغل الناتج. وتعني الطاقة التي أزيلت من النظام عبر الحرارة أو الصوت أن هناك مقدار الشغل الناتج من الآلة أقل. ونتيجة لذلك، تكون الآلة أقل كفاءة عند إنجاز المهمة. وتُعرف **كفاءة** الآلة ( $e$ ) على أنها نسبة الشغل الناتج إلى الشغل المبذول.

#### الكفاءة

تساوي كفاءة الآلة (كنسبة مئوية) الشغل الناتج مقسوماً على الشغل المبذول ومضروباً في العدد 100.

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100$$

تتميز الآلة المثالية بشغل ناتج ومبذول متساويين،  $\frac{W_o}{W_i} = 1$ . وكفاءتها تساوي 100 بالمئة. وتميز جميع الآلات الحقيقية بكفاءات أقل من 100 بالمئة.

يمكن التعبير عن الكفاءة من حيث الفائدة الميكانيكية والفائدة الميكانيكية المثالية.

ويمكن إعادة كتابة الكفاءة:  $e = \frac{W_o}{W_i}$ . على النحو التالي:

$$e = \frac{W_o}{W_i} = \frac{F_r d_r}{F_e d_e}$$

ولأن  $MA = \frac{F_r}{F_e}$  و  $IMA = \frac{d_e}{d_r}$ ، يمكن كتابة التعبير التالي للكفاءة.

#### الكفاءة

إن كفاءة الآلة (كنسبة مئوية) تساوي فائدتها الميكانيكية مقسومة على فائدتها الميكانيكية المثالية ومضروبة في العدد 100.

$$e = \left( \frac{MA}{IMA} \right) \times 100$$

يحدّد تصميم الآلة فائدتها الميكانيكية المثالية. فالآلة ذات الكفاءة العالية لها فائدة ميكانيكية تساوي غالباً كفاءتها الميكانيكية المثالية. والآلة ذات الكفاءة المتدنية لها فائدة ميكانيكية قليلة بالنسبة إلى كفاءتها الميكانيكية المثالية. وللحصول على قوة المقاومة نفسها، يجب بذل قوة أكبر في الآلة ذات الكفاءة المتدنية مقارنة بالآلة ذات الكفاءة العالية.

✓ **التأكد من فهم النص حدّد** إذا كانت كفاءة الآلة 50 بالمئة وكفاءتها الميكانيكية 3، فما كفاءتها الميكانيكية المثالية؟

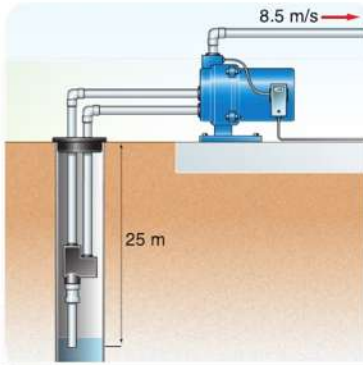
## مسألة تحفيزية

تسحب مضخة كهربائية الماء بمعدل  $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$  من بئر عمقه 25 m. ويتدفق الماء خارجاً من المضخة بسرعة  $8.5 \text{ m/s}$ .

1. فما القدرة اللازمة لرفع الماء إلى السطح؟

2. وما مقدار القدرة اللازمة لزيادة الطاقة الحركية للمياه؟

3. إذا كانت كفاءة المضخة بمقدار 80 بالمئة، فما مقدار القدرة التي يجب تزويد المضخة بها؟



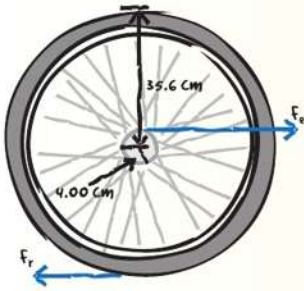






الفائدة الميكانيكية لفتراض أنك تفحص العجلة الخلفية لدراجتك. يبلغ نصف قطر العجلة 35.6 cm ونصف قطر ناقل الحركة 4.00 cm وعندما تسحب السلسلة بقوة مقدارها 155 N. تتحرك حافة العجلة مسافة 14.0 cm. وتبلغ كفاءة هذا الجزء من الدراجة 95.0 بالمئة.

- ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للعجلة وناقل الحركة؟
- ما مقدار الفائدة الميكانيكية للعجلة وناقل الحركة؟
- ما مقدار قوة المقاومة؟
- ما مقدار مسافة سحب السلسلة لتحريك الحافة مسافة 14.0 cm؟



### تحليل المسألة ورسم مخطط لها

- ارسم مخططاً توضيحياً للعجلة والمحور.
- ارسم مخططاً توضيحياً لمتجهات القوة.

المجهول	المعلوم
$F_r = ?$ $IMA = ?$	$e = 95.0\%$ $r_e = 4.00 \text{ cm}$
$d_e = ?$ $MA = ?$	$d_r = 14.0 \text{ cm}$ $r_r = 35.6 \text{ cm}$
	$F_e = 155 \text{ N}$

### إيجاد المجهول

- أوجد قيمة الفائدة الميكانيكية المثالية.

$$IMA = \frac{r_e}{r_r}$$

$$= \frac{4.00 \text{ cm}}{35.6 \text{ cm}} = 0.112$$

- أوجد قيمة الفائدة الميكانيكية.

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$MA = \left(\frac{e}{100}\right) \times IMA$$

$$= \left(\frac{95.0}{100}\right) \times 0.112 = 0.106$$

- أوجد قيمة القوة.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_r = (MA)(F_e)$$

$$= (0.106)(155 \text{ N}) = 16.4 \text{ N}$$

- أوجد قيمة المسافة.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

$$d_e = (IMA)(d_r)$$

$$= (0.112)(14.0 \text{ cm}) = 1.57 \text{ cm}$$

### تقييم الإجابة

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس القوة بوحدة نيوتن والمسافة بوحدة السنتيمتر.
- هل المقدار واقعي؟ تعد الفائدة الميكانيكية المثالية ( $IMA$ ) قليلة بالنسبة إلى دراجة نظراً لاستبدال  $F_e$  كبيرة بـ  $d_r$  كبيرة. وتكون الفائدة الميكانيكية ( $MA$ ) دائماً أقل من الفائدة الميكانيكية المثالية ( $IMA$ ). ولأن الفائدة الميكانيكية ( $MA$ ) قليلة، فستكون  $F_r$  قليلة أيضاً. تنتج المسافة الطويلة التي يتحركها المحور عن مسافة كبيرة تتحركها العجلة. لذلك ينبغي أن تكون  $d_e$  قليلة جداً.

▶ بالنسبة إلى آلة مكونة من عجلة ومحور. فإن الفائدة الميكانيكية المثالية تساوي نسبة نصفي قطريهما.

▶ بالتعويض  $r_e = 4.00 \text{ cm}$ ,  $r_r = 35.6 \text{ cm}$

▶ بالتعويض  $e = 95.0\%$ ,  $IMA = 0.112$

▶ بالتعويض  $MA = 0.106$ ,  $F_e = 155 \text{ N}$

▶ بالتعويض  $IMA = 0.112$ ,  $d_r = 14.0 \text{ cm}$



## آلة المشي البشرية



الشكل 17 وظيفة ساق وقدم الإنسان باعتبارها آلة مركبة.

◀ **الربط بـ علم الأحياء** يمكن توضيح حركة الجسم البشري بالمبادئ نفسها المرتبطة بالقوة والشغل والتي تصف كل أنواع الحركة. الآلات البسيطة، على هيئة رافعات، تمنح البشر القدرة على السير والركض والقيام بالعديد من الأنشطة الأخرى. وتتميز أنظمة الرافعات في جسم الإنسان بالتعقيد. ومع ذلك، يحتوي كل نظام على الأجزاء الأربعة الرئيسية التالية:

1. قضيب صلب (العظم)
  2. مصدر قوة (انقباض العضلات)
  3. نقطة ارتكاز أو محور دوار (المفاصل المتحركة بين العظام)
  4. مقاومة (وزن الجسم أو شيء يتم رفعه أو تحريكه)
- يوضح الشكل 17 هذه الأجزاء المكونة لنظام الرافعة في ساق بشرية. أنظمة الرفع في جسم الإنسان ليست عالية الكفاءة وفوائدها الميكانيكية قليلة. وهذا يفسر سبب حاجة المشي والعدو البطيء إلى طاقة (حرق السعرات الحرارية) ويساعد الأشخاص على فقدان الوزن.

عندما يسير الشخص يعمل الورك كنقطة ارتكاز ويتحرك خلال قوس دائرة مركزها القدم. كما يتحرك مركز كتلة الجسم في صورة مقاومة حول نقطة الارتكاز في القوس نفسه. ويمثل طول نصف قطر الدائرة طول الرافعة المكونة من عظام الساق. ويزيد الرياضيون في سباقات المشي من سرعتهم المتجهة عن طريق أرجحة الوركين نحو الأعلى لزيادة نصف القطر هذا.

يتميز جسم الشخص طويل القامة بأنظمة رفع بها فائدة ميكانيكية أقل من الشخص القصير. فرغم أن طول القامة يستطيعون المشي بسرعة أكبر من قصيري القامة، إلا أنه يجب عليهم تطبيق قوة أكبر لتحريك الرافعة الطويلة المكونة من عظام الساق لديهم. كيف يكون أداء الشخص الطويل في سباق للمشي؟ ما العوامل التي تؤثر في أدائه؟ يكون طول سباقات المشي عادةً 20 km أو 50 km. ونظرًا لعدم كفاءة أنظمة الرفع لديهم وطول مضمار سباق المشي، نادرًا ما يكون لدى الأشخاص الطوال للغاية القدرة على الاحتمال لتحقيق الفوز.

Pete Gardner/Digital Vision/Getty Images

## القسم 2 مراجعة

33. **الكفاءة** افترض أنك تريد من كفاءة آلة بسيطة، فهل تزداد الكفاءة الميكانيكية (MA) والكفاءة الميكانيكية المثالية (IMA) أم تنقص أم تبقى كما هي؟

34. **التأكد من فهم النص** تتغير الكفاءة الميكانيكية لدراجة متعددة نواقل الحركة بتحريك السلسلة إلى ناقل حركة خلفي مناسب.

a. للانطلاق بالدراجة، يجب عليك التسارع بها ومن ثم تحتاج إلى أن تجعل الدراجة تبتدل أكبر قوة ممكنة. فهل ينبغي أن تختار ناقل حركة صغيرًا أم كبيرًا؟

b. عندما تصل إلى سرعة الحركة المناسبة، فإليك تريد تدوير الدواسات أقل عدد ممكن من الدورات. فهل ينبغي أن تختار ناقل حركة صغيرًا أم كبيرًا؟

c. تمنحك أيضًا العديد من الدراجات فرصة اختيار حجم ناقل الحركة الأمامي. فإذا كنت بحاجة إلى قوة أكبر لتحدث تسارعًا أثناء صعود تل، فهل تنتقل إلى ناقل حركة أمامي أكبر أم أصغر؟

30. **العكسة الرئيسية** صنف كل أداة باعتبارها رافعة أو عجلة ومحورًا أو مستوى مائلًا أو وتدًا. صف كيف تغير تلك الأداة القوة لتجعل إنجاز المهام أسهل.

- a. مفك براغي  
b. كباشة  
c. إزميل  
d. كلابية سحب المسامير

31. **الكفاءة الميكانيكية المثالية (IMA)** يختبر عامل نظام بكرات متعددة لتقدير أفضل جسم يمكن رفعه. وأكبر قوة يمكن للعامل بذلها إلى أسفل تساوي وزنه وتبلغ 875 N. وعندما يحرك العامل الحبل مسافة 1.5 m، يتحرك الجسم مسافة 0.25 m. فما وزن أفضل جسم يمكن رفعه؟

32. **الآلات المركبة** يحتوي الونش على ذراع تدوير مثبت على ذراع مفاس 45 cm يُدَوَّر أسطوانة نصف قطرها 7.5 cm من خلال مجموعة من نواقل الحركة. يحتاج ذراع التدوير إلى ثلاث دورات لتدوير الأسطوانة دورة واحدة، فما مقدار الكفاءة الميكانيكية المثالية (IMA) لهذه الآلة المركبة؟

McGraw-Hill Education مؤسسة جروسبنت للناشر © محفوظة الحقوق والتأليف

# disADVANTAGE?

**الأطراف الاصطناعية في الماضي، كان فقدان كلتا الساقين بدءًا من الركبة يعني أن الشخص مبتور الساقين قد لا يتمكن من المشي مجددًا، ناهيك عن الجري. ولكن مع ظهور الأطراف الاصطناعية الحديثة المخصصة للجري — سيقان اصطناعية ذات أنصال مقوّسة مصنوعة من ألياف الكربون — يستطيع مبتورو السيقان المنافسة في مسابقات الجري الدولية.**



**الشكل 1** صور تحويل الطاقة بالنسبة إلى الساق الطبيعية أقل كفاءة مقارنة بالساق الاصطناعية.

**الطاقة** يستخدم العدّائون ذوو السيقان الطبيعية أفخاذهم وركبهم وعضلات الربلة والكواحل لامتصاص الطاقة عندما تصطدم كل قدم بالأرض وترتفع عنها، كما يوضح **الشكل 1**. مع الساق الاصطناعية، يختزن بعض من الطاقة الحركية للنصل المتأرجح عندما ينضغط عند اصطدامه بالأرض. يعمل النصل المنضغط كأنه زنبرك، حيث يعيد تحويل الطاقة المخزنة إلى طاقة حركية ويدفع العداء إلى الأمام مع كل خطوة بخطوها، كما يوضح **الشكل 2**.

## هل من الأسهل الجري باستخدام أطراف اصطناعية؟

يعتقد الكثير من العدائين أن الأطراف الاصطناعية قد تمنح مبتوري السيقان، الذين يمكنهم ارتداء أجهزة تكنولوجية صُممت بغرض تحسين أدائهم إلى الحد الأقصى، ميزة عن العدائين الآخرين ذوي السيقان الطبيعية. يختبر العلماء الأطراف الاصطناعية لتحديد كيف يمكن قياس أدائها مقارنةً بالسيقان والأقدام الطبيعية.



**الشكل 2** عندما تصطدم القدم الاصطناعية بالأرض، فإنها تنضغط وتخزن الطاقة من أثر الاصطدام.

ولكن عندما يتعلق الأمر بالجري، فإن للأطراف الاصطناعية عيوبها أيضًا. عند نقطة بدء السباق، يهدر العدّائون ذوو السيقان الاصطناعية وقتًا أكثر للانطلاق في العدو مقارنةً بالعدائين ذوي السيقان الطبيعية. علاوة على ذلك، يوجد دليل على أن العدائين ذوي السيقان الاصطناعية يعانون من عيب في إنتاج القوة، مما قد يقلل من سرعة ركضهم.

## لمزيد من التعمق <<<

**البحث** الجدل الدائر حول الأحداث الرياضية التي يستخدم فيها بعض المشاركين أطرافًا اصطناعية. اكتب مقال رأي عن مدى عدالة السباقات التي يتنافس فيها عدّائون ذوو سيقان طبيعية مع عدائين لديهم ساق واحدة أو ساقان مبتورتان.

الفكرة الرئيسية يؤدي بذل شغل على نظام ما إلى تغيير طاقته.

### القسم 1 الشغل والطاقة

- الفكرة الرئيسية الشغل هو انتقال للطاقة يحدث عند تطبيق قوة ما باتجاه إزاحة ما.
- يُبدل الشغل عند تطبيق قوة باتجاه إزاحة ما. ينتج الشغل عن القوة المبذولة على نظام ما وعلى مكُون المسافة التي يتحرك خلالها النظام، وتكون في اتجاه مواز لاتجاه القوة.

$$W = Fd \cos \theta$$

- يمكن تحديد مقدار الشغل المبذول بحساب المساحة أسفل الرسم البياني للقوة - الإزاحة.
- الطاقة هي قدرة نظام ما على إحداث تغيير في نفسه أو في بيئته. الجسم المتحرك له طاقة حركية. الأجسام التي يتغير موقعها لها طاقة حركية انتقالية.

$$KE_{\text{trans}} = \frac{1}{2}mv^2$$

- الشغل المبذول على نظام ما يساوي التغير في طاقة النظام. وهذا ما يسمى بنظرية الشغل والطاقة.

$$W = \Delta E$$

- القدرة هي معدل تحوّل الطاقة. عندما يحدث الشغل تغيرًا في الطاقة، تكون القدرة مساوية لمعدل الشغل المبذول.

$$P = \frac{\Delta E}{t} = \frac{W}{t}$$

#### المفردات

work	الشغل
joule	الجول
energy	الطاقة
	نظرية الشغل - الطاقة
(work-energy theorem)	الطاقة الحركية
(kinetic energy)	الطاقة الحركية الانتقالية
translational kinetic energy	القدرة
power	الواط
watt	

### القسم 2 الآلات

الفكرة الرئيسية الآلات تسهّل المهمات بتغيير مقدار القوة المبذولة أو اتجاهها.

- الآلات، سواء التي تعمل بمحركات أو التي يُشغّلها البشر، لا تغيّر مقدار الشغل المبذول ولكنها تسهّل المهمة بتغيير مقدار قوة الجهد أو اتجاهها.
- الفائدة الميكانيكية (MA) هي نسبة قوة المقاومة إلى قوة الجهد.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

- الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) هي نسبة المسافات المقطوعة.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

- كفاءة الآلة هي نسبة الشغل الناتج إلى الشغل المبذول.

$$e = \left( \frac{W_o}{W_i} \right) \times 100$$

يمكن حساب كفاءة الآلة من الفوائد الميكانيكية الحقيقية والمثالية. في جميع الآلات الحقيقية، تكون MA أقل من IMA، وتكون e أقل من 100 بالمائة.

$$e = \left( \frac{MA}{IMA} \right) \times 100$$

#### المفردات

machine	الآلة
	قوة الجهد
effort force	قوة المقاومة
resistance force	الفائدة الميكانيكية
mechanical advantage	الفائدة الميكانيكية المثالية
ideal mechanical advantage	الكفاءة
efficiency	الآلة المُركّبة
compound machine	

## القسم 1 الشغل والطاقة

## إتقان المفاهيم

35. ما وحدات قياس الشغل؟

36. هناك قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار دائري. هل تبذل الجاذبية شغلاً على هذا القمر الصناعي؟ اشرح.

37. ينزلق جسم بسرعة ثابتة على سطح غير احتكاكي. ما القوى التي تؤثر في الجسم؟ ما مقدار الشغل المبذول على الجسم بواسطة كل قوة؟

38. عرّف الشغل والقدرة.

39. ما الذي يعادل الواط بالنسبة إلى الكيلوجرامات والأمتار والثواني؟

## إتقان حل المسائل

40. يرتفع الطابق الثالث في منزل عن مستوى الشارع مسافة 8 m. ما مقدار الشغل الذي ينبغي أن يبذله نظام الرفع بالكرة لرفع قرن كتلته 150 kg بسرعة ثابتة إلى الطابق الثالث؟

41. يبذل أحمد شغلاً بمقدار 176 J لرفع نفسه مسافة 0.300 m بسرعة ثابتة. كم تبلغ كتلة جسم أحمد؟

42. لعبة شد الحبل أثناء ممارسة لعبة شد الحبل. يبذل الفريق (أ) شغلاً بمقدار  $2.20 \times 10^3$  J في سحب الفريق (ب) مسافة 8.00 m. فما متوسط القوة التي بذلها الفريق (أ)؟

43. للتحرك بسرعة متجهة ثابتة، تبذل سيارة قوة بمقدار 551 N لموازنة مقاومة الهواء. ما مقدار الشغل الذي تبذله السيارة على الهواء عندما تتحرك مسافة 161 km من عجمان إلى العين؟

44. ركوب الدراجات يبذل راكب دراجة قوة بمقدار 15.0 N أثناء قطع مسافة 251 m بالدراجة خلال 30.0 s. ما مقدار القدرة التي يكتسبها راكب الدراجة؟

45. يرفع أمين مكتبة الطلاب كتاباً يزن 2.2 kg من الأرضية إلى ارتفاع 1.25 m. وينقله مسافة 8.0 m إلى مخزن الكتب ويضعه على رف يرتفع عن الأرض بمسافة 0.35 m. ما مقدار الشغل الذي يبذله على الكتاب؟

46. تُستخدم قوة أفقية مقدارها 300.0 N لدفع كتلة مقدارها 145 kg أفقياً مسافة 30.0 m خلال 3.00 s.

a. احسب الشغل المبذول على الكتلة.

b. احسب القدرة المكتسبة.

47. عربة تُسحب عربة بقوة 38.0 N مبدولة على المقبض بزاوية  $42.0^\circ$  على المستوى الأفقي. إذا سُحبت العربة لمسافة 157 m. فما مقدار الشغل المبذول على العربة؟

48. آلة جز العشب لجز عشب الغناء. يدفع راشد آلة جز العشب مسافة 1.2 km بقوة أفقية مقدارها 66.0 N. هل تبذل كل القوة المطبقة شغلاً على آلة جز العشب. وما مقدار الشغل الذي يبذله راشد على الآلة؟

49. من المقرر سحب صندوق مسافة 20.0 m. مما يتطلب بذل شغل بمقدار 1210 J على الصندوق. أنجزت المهمة بربط حبل وسحبه بقوة 75.0 N. فما زاوية ربط الحبل؟

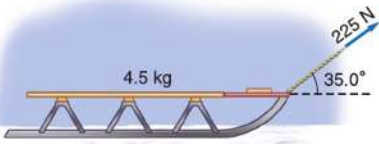
50. جرار جز العشب يصعد جرار جز العشب الموضوح في الشكل 18 على تل بسرعة متجهة ثابتة خلال 2.5 s. احسب القدرة التي اكتسبها الجرار.



الشكل 18

51. تقوم بسحب صندوق أعلى منحدر بزاوية  $30.0^\circ$  إلى ارتفاع رأسي يبلغ 1.15 m. وتبذل قوة موازية للمنحدر بمقدار 225 N. فيتحرك الصندوق بسرعة ثابتة. يبلغ معامل الاحتكاك 0.28. ما مقدار الشغل الذي تبذله على الصندوق؟52. يتم نقل بيانو يزن  $4.2 \times 10^3$  N أعلى منحدر بمسافة 3.5 m بسرعة ثابتة باستخدام عربة. يشكل المنحدر زاوية قياسها  $30.0^\circ$  على المستوى الأفقي. أوجد الشغل الذي يبذله رجل يدفع العربة التي تحمل البيانو لأعلى المنحدر.

53. الزلاجة يسحب علي زلاجة عبر سطح الجليد، كما هو موضح في الشكل 19. إذا تحركت الزلاجة مسافة 65.3 m، فما مقدار الشغل الذي يبذله علي على الزلاجة؟



الشكل 19

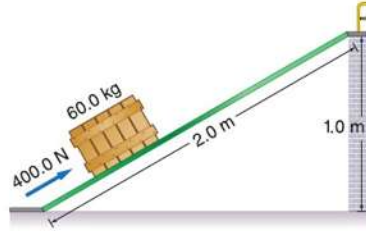
54. السلم المتحرك تبلغ كتلة علباء 52 kg. وتركب السلم المتحرك في مدينة ألعاب، بطول 227 m وزاوية ميله تساوي  $31^\circ$ .a. ما مقدار الشغل الذي يبذله السلم المتحرك على علباء؟  
b. تبلغ كتلة أحمد 65 kg. وهو يركب السلم المتحرك أيضاً. ما مقدار الشغل الذي يبذله السلم المتحرك على أحمد؟

55. جزارة العشب الأسطوانية جزارة عشب أسطوانية تُدفع عبر مرج من الأعشاب بقوة 115 N في اتجاه المقبض أعلى المستوى الأفقي بزاوية 22.5°. إذا اكتسبت قذرة مقدارها 64.6 W لمدة 90.0 s، فما المسافة التي تحركتها الجزارة؟

56. محرك القارب يدفع محرك قاربًا عبر المياه بسرعة ثابتة تبلغ 15. m/s. يجب أن يبذل المحرك قوة بمقدار 6.0 kN لموازنة القوة التي تبذلها المياه ضد جسم القارب. ما مقدار القذرة التي يكتسبها المحرك؟

57. يسحب خالد صندوقًا أعلى منحدر مائل يستند إلى منصة، كما هو موضح في الشكل 20. يلزم بذل قوة بمقدار 400.0 N، موازية للمنحدر، لسحب الصندوق لأعلى المنحدر بسرعة ثابتة. a. ما مقدار الشغل الذي يبذله خالد لسحب الصندوق إلى أعلى المنحدر؟

b. ما مقدار الشغل المبدول على الصندوق إذا قام خالد برفع الصندوق من الأرضية إلى أعلى المنصة مباشرة بسرعة ثابتة؟



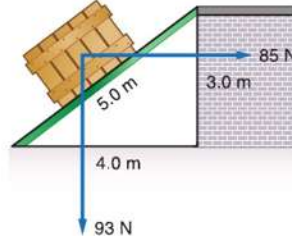
الشكل 20

58. عامل يدفع صندوقًا يزن 93 N لأعلى سطح مائل بسرعة ثابتة، كما توضح الشكل 21. يدفع العامل القفص في اتجاه مواز لسطح الأرض بقوة 85 N.

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله العامل على الصندوق؟

b. ما مقدار الشغل الذي تبذله الجاذبية على الصندوق؟ (كن حذرًا بشأن الإشارات التي تستخدمها).

c. معامل الاحتكاك يساوي  $\mu = 0.20$ ، ما مقدار الطاقة المتحولة بفعل الاحتكاك؟ (كن حذرًا بشأن الإشارات التي تستخدمها).



الشكل 21

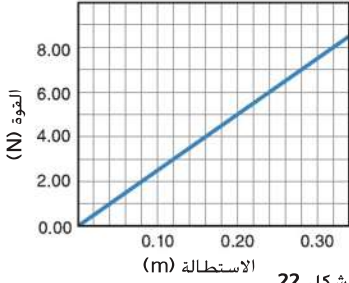
59. تبين الشكل 22 مقدار القوة اللازمة لكي يتمدد زنبرك ما مقابل المسافة التي يتمدد خلالها الزنبرك.

a. احسب ميل الرسم البياني ( $k$ ). ووضّح أن  $F = kd$ ، حيث  $k = 25 \text{ N/m}$ .

b. استخدم الرسم البياني لإيجاد الشغل المبدول لتمدد الزنبرك من 0.00 m إلى 0.20 m.

c. وضّح أنه يمكن حساب الإجابة عن الجزء b باستخدام الصيغة  $W = \left(\frac{1}{2}\right)kd^2$ ، حيث  $W$  تساوي

القوة مقابل الاستطالة



الشكل 22

الشغل.  $k = 25 \text{ N/m}$  (ميل الرسم البياني). و  $d$  هي المسافة التي تمدد خلالها الزنبرك (0.20 m).

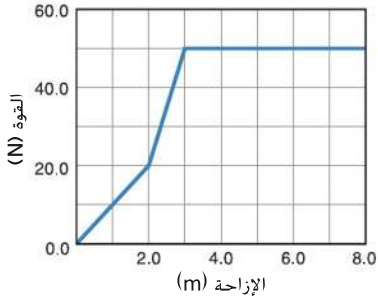
60. استخدم الرسم البياني الوارد في الشكل 23 لإيجاد الشغل المطلوب لكي يتمدد الزنبرك من 0.12 m إلى 0.28 m.

61. يوضح الرسم البياني الوارد في الشكل 23 القوة المبدولة على جسم يجري سحبه وإزاحة هذا الجسم.

a. أوجد الشغل المبدول لسحب الجسم مسافة 7.0 m.

b. احسب القذرة المكتسبة عند بذل الشغل خلال 2.0 s.

القوة مقابل الإزاحة



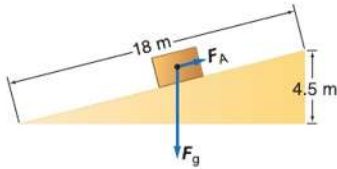
الشكل 23

71. تُبذل قوة بمقدار  $1.4 \text{ N}$  على حبل في نظام بكرة رفع. تُبذل القوة خلال مسافة  $40.0 \text{ cm}$ . لرفع كتلة تبلغ  $0.50 \text{ kg}$  لمسافة  $10.0 \text{ cm}$ . احسب ما يلي:

- مقدار الفائدة الميكانيكية
- مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية
- مدى الكفاءة

72. استخدم الشكل 24 للإجابة عن الأسئلة التالية.

- ما مقدار القوة، الموازية للمنحدر، ( $F_A$ )، المطلوبة لسحب صندوق كتلته  $25 \text{ kg}$  بسرعة ثابتة لأعلى المنحدر؟ تجاهل الاحتكاك.
- ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للمنحدر؟
- ما المقدار الفعلي للفائدة الميكانيكية ومدى كفاءة المنحدر إذا كانت هناك حاجة إلى بذل قوة موازية مقدارها  $75 \text{ N}$ ؟



الشكل 24

73. دراجة هوائية تضغط أمل على دواسات الدراجة ذات العجلة الواضحة في الشكل 25. إذا دارت العجلة مرة واحدة، فما طول السلسلة التي استخدمت؟



الشكل 25

74. يدير محرك كفاءته  $88$  بالمئة رافعة كفاءتها  $42$  بالمئة. تبلغ القدرة التي يوفرها المحرك  $5.5 \text{ kW}$ . ما السرعة الثابتة التي ترفع بها الرافعة صندوقًا كتلته  $410 \text{ kg}$ ؟

75. ما مقدار الشغل المطلوب لرفع كتلة تبلغ  $215 \text{ kg}$  لمسافة  $5.65 \text{ m}$ . باستخدام آلة تبلغ كفاءتها  $72.5$  بالمئة؟

76. طرح المسألة استكمل هذه المسألة حتى يتسنى حلها باستخدام القدرة: "أثناء إعادة ترتيب قطع الأثاث، تحتاج أوبا إلى نقل أريكة كتلتها  $50 \text{ kg}$ ..."

62. مضخة النفط خلال  $35.0 \text{ s}$ . تضخ إحدى المضخات  $0.550 \text{ m}^3$  من النفط داخل براميل على منصة ترتفع عن أنبوب السحب بمسافة  $25.0 \text{ m}$ . تبلغ كثافة النفط  $0.820 \text{ g/cm}^3$ .

- احسب الشغل المبذول على النفط بواسطة المضخة.
- احسب القدرة التي تنتجها المضخة.

63. الحزام الناقل يُستخدم حزام ناقل طوله  $12.0 \text{ m}$  وله زاوية ميل تساوي  $30.0^\circ$  لنقل حزم من الجرائد من غرفة البريد إلى عنبر الشحن لتحميلها على شاحنات النقل. تبلغ كتلة الجريدة الواحدة  $1.0 \text{ kg}$ . وتحتوي كل حزمة على  $25$  جريدة. أوجد القدرة التي يكتسبها الحزام الناقل إذا كان ينقل  $15$  حزمة في الدقيقة.

## القسم 2 الآلات

### إتقان المفاهيم

- هل يمكن الحصول على شغل من الآلة بقدر أكبر مما بذلته فيها؟
- اشرح كيف أن دواسات الدراجة عبارة عن آلة بسيطة.

### إتقان حل المسائل

66. البيانو يرفع حسن بيانو بقوة  $1200 \text{ N}$  لمسافة  $5.00 \text{ m}$  باستخدام مجموعة من بكرات الرفع. يسحب حسن مسافة  $20.0 \text{ m}$  من الحبل.

- ما مقدار قوة الجهد التي سيطبقها تاركيشي إذا كانت هذه البكرات آلة مثالية؟
- ما مقدار القوة المستخدمة لموازنة قوة الاحتكاك إذا كان الجهد الفعلي يساوي  $340 \text{ N}$ ؟
- ما مقدار الشغل الناتج؟
- ما مقدار الشغل المبذول؟
- ما الفائدة الميكانيكية؟

67. نظرًا لوجود احتكاك ضئيل جدًا، تُعد الرافعة آلة بسيطة شديدة الفعالية. باستخدام رافعة فعالة بنسبة  $90.0$  بالمئة، ما مقدار الشغل المبذول المطلوب لرفع كتلة تبلغ  $18.0 \text{ kg}$  مسافة  $0.50 \text{ m}$ ؟

68. يبذل طالب قوة مقدارها  $250 \text{ N}$  على رافعة خلال مسافة  $1.6 \text{ m}$  أثناء رفعه لصندوق كتلته  $150 \text{ kg}$ . إذا بلغت كفاءة الرافعة  $90.0$  بالمئة، فما المسافة التي رُفِع إليها الصندوق؟

69. مسألة عكسية اكتب مسألة فيزيائية تنطوي على أجسام من الحياة اليومية تكون المعادلة التالية جزءًا من حلها:  

$$(12.5 \text{ N})d = \frac{1}{2}(6.0 \text{ kg})(1.10 \text{ m/s})^2 - \frac{1}{2}(6.0 \text{ kg})(0.05 \text{ m/s})^2$$

70. يُستخدم نظام بكرة لرفع وزن يبلغ  $1345 \text{ N}$  لمسافة  $0.975 \text{ m}$ . يسحب بول الحبل لمسافة  $3.90 \text{ m}$ . حيث يبذل قوة مقدارها  $375 \text{ N}$ .

- ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للنظام؟
- ما مقدار الفائدة الميكانيكية؟
- ما مدى كفاءة النظام؟



**87. الوتد** كيف يمكنك زيادة الفائدة الميكانيكية للوتد دون تغيير فائدته الميكانيكية المثالية؟

## مراجعة عامة

**88. المنحدرات** ينبغي على حصة وضع بيانو على منصة بارتفاع  $2.0\text{ m}$  وتستطيع استخدام منحدر غير احتكاكي طوله  $3.0\text{ m}$  أو  $4.0\text{ m}$ . فأي منحدر ينبغي عليها استخدامه إذا كانت تريد بذل أقل قدر من الشغل؟

**89.** يرفع سعيد، وهو بطل في رياضة رفع الأثقال، كتلاً تبلغ  $240\text{ kg}$  لمسافة  $2.35\text{ m}$  بسرعة ثابتة.

**a.** أوجد الشغل الذي يبذله سعيد على الكتل.

**b.** ما مقدار الشغل الذي يبذله سعيد لحمل الكتل فوق رأسه؟

**c.** ما مقدار الشغل المبذول الذي يبذله سعيد لإنزال الكتل إلى الأرض مرة أخرى؟

**d.** هل يبذل سعيد شغلاً إذا أقلت الكتل وتركتها تسقط أرضاً مرة أخرى؟

**90.** يلزم تطبيق قوة أفقية مقدارها  $805\text{ N}$  لسحب صندوق عبر طابق أفقي بسرعة ثابتة، فتقوم أنت بسحبه باستخدام حبل مربوط بزاوية  $32^\circ$ .

**a.** ما القوة التي تبذلها على الحبل؟

**b.** ما مقدار الشغل الذي تبذله على الصندوق إذا حركته مسافة  $22\text{ m}$ ؟

**c.** إذا أنجزت المهمة خلال  $8.0\text{ s}$ ، فما كمية القدرة المكتسبة؟

**91. منصة نقالة ومنحدر** تُستخدم منصة نقالة لرفع ثلاثة كتلتها  $115\text{ kg}$  لأعلى منحدر وإدخالها في أحد المنازل، يبلغ طول المنحدر  $2.10\text{ m}$  وارتفاعه  $0.850\text{ m}$ . يقوم الشخص الذي يحرك المنصة بسحبها بقوة موازية للمنحدر مقدارها  $496\text{ N}$ . تشكل المنصة النقالة والمنحدر آلة.

**a.** ما مقدار الشغل الذي يبذله الشخص الذي يحرك المنصة النقالة عليها؟

**b.** ما مقدار الشغل الذي تبذله الآلة على النقالة؟

**c.** ما مدى كفاءة الآلة؟

**92.** تبذل نوب شغلاً مقدارها  $11.4\text{ kJ}$  لسحب صندوق خشبي لمسافة  $25.0\text{ m}$  عبر أرضية بسرعة ثابتة. يشكل الحبل الذي تستخدمه نوب لسحب الصندوق زاوية قدرها  $48.0^\circ$  على المستوى الأفقي.

**a.** ما القوة التي يبذلها الحبل على الصندوق؟

**b.** أوجد مقدار قوة الاحتكاك المبذولة على الصندوق.

**c.** ما مقدار الطاقة المتبقية بفعل تأثير قوة الاحتكاك بين الأرضية والصندوق؟

**93. التزلج** تُسحب زلاجة قوتها  $845\text{ N}$  مسافة  $185\text{ m}$ . تتطلب المهمة بذل شغل مقدارها  $1.20 \times 10^4\text{ J}$  من خلال سحب حبل بقوة  $125\text{ N}$ . فما زاوية ربط الحبل؟

**77.** آلة مركبة مصنوعة بتوصيل رافعة بنظام بكرة رفع. فكّر في آلة مركبة مثالية تتكوّن من رافعة ذات فائدة ميكانيكية مثالية تبلغ  $3.0$  ونظام بكرة رفع ذي فائدة ميكانيكية مثالية تبلغ  $2.0$ .

**a.** وضح أن الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة المركبة تبلغ  $6.0$ .

**b.** إذا بلغت كفاءة الآلة المركبة  $60.0\%$  بالمئة، فما مقدار الشغل الذي يجب تطبيقه على الرافعة لرفع صندوق يزن  $540\text{ N}$ ؟

**c.** إذا نقلت جانب الجهد على الرافعة مسافة  $12.0\text{ cm}$ ، فما المسافة التي رُفِع إليها الصندوق؟

## تطبيق المفاهيم

**78.** أيهما يتطلب شغلاً أكثر: حمل حقيبة ظهر تزن  $420\text{ N}$  لصعود تل ارتفاعه  $200\text{ m}$  أم حمل حقيبة ظهر تزن  $210\text{ N}$  لصعود تل ارتفاعه  $400\text{ m}$ ؟ لماذا؟

**79. الرفع** ترفع صندوقاً به كتب من على الأرضية ببطء وتضعه على طاولة. تبذل الجاذبية الأرضية قوة بمقدار  $mg$ . لأسفل، بينما تبذل أنت قوة بمقدار  $mg$ . لأعلى. القوتان تتساويان في المقدار ولكنها في اتجاهين متضادين، يبدو أنه لا يوجد شغل مبذول، ولكنك تعلم أنك بذلت شغلاً. اشرح الشغل الذي بذلته.

**80.** تعمل بوظيفة بعد المدرسة. حيث تحمل كرتين أوراق النسخ الجديدة وتضعدها بها السلالم ثم تحمل الورق المُعاد تدويره وتنزل به إلى أسفل السلم، وفي كلتا الحالتين تتساوى كتلة الورق. يقول معلم الفيزياء إنك لم تعمل لتحصل على أجر، بأي منطق يكون معلم الفيزياء على صواب؟ ما ترتيب الدفعات المثالية الذي قد تقوم به لضمان حصولك على مقابل مناسب؟

**81.** بمجرد هبوطك على السلالم، فإنك تحمل كرتين الورق عبر ردهة طولها  $15\text{ m}$ . هل تبذل شغلاً بحملك للصناديق إلى نهاية الردهة؟ اشرح.

**82. صعود السلالم** يصعد شخصان كتلتها واحدة على السلالم نفسها. يستغرق الشخص الأول  $25\text{ s}$  لصعود السلالم، بينما يستغرق الشخص الآخر  $35\text{ s}$ .

**a.** أي شخص يبذل شغلاً أكثر؟ اشرح.

**b.** أي شخص ينتج قدرة أكثر؟ اشرح.

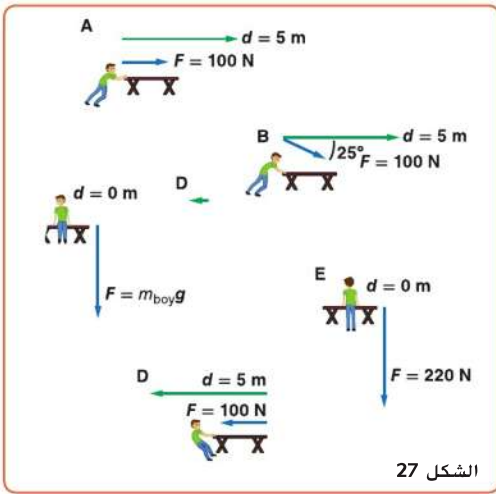
**83.** وضح أنه يمكن إعادة كتابة القدرة كالتالي  $P = Fv \cos \theta$ .

**84.** كيف يمكنك زيادة الفائدة الميكانيكية المثالية لآلة ما؟

**85. الفكرة الرئيسية المهارات** اشرح لماذا لا يتناقض كوكب يدور حول الشمس مع نظرية الشغل والطاقة.

**86. مطرقة ذات كمامة** تُستخدم المطرقة ذات الكمامة النموذجية لسحب مسبار من قطعة خشب. أين يجب أن تضع يدك على المقبض وأين يجب أن يتعلق المسار في الكمامة لتقليل قوة الجهد إلى أقصى قدر ممكن؟

98. مهمة التصنيف يتعامل صبي صغير كتلته 20 kg مع أحد المقاعد، كما تُظهر الشكل 27. صُفِّ كل تعامل للصبي حسب الشغل الذي يبذله على المقعد، من المقدم، من الأدنى إلى الأعلى. حدد العلاقات بوضوح.



الشكل 27

### الكتابة في الفيزياء

99. بما أن الدراجة آلة مركبة، فإنها مثل السيارة. أوجد كفاءات الأجزاء المكوّنة لمجموعة نقل الحركة (المحرك ونافل الحركة والعجلات والإطارات). استكشف التحسينات الممكنة في كل من هذه الكفاءات.
100. المصطلحات القوة والشغل والقدرة والطاقة غالبًا ما تُستخدم كمترادفات في الاستخدام اليومي. احصل على أمثلة من الإذاعة والتلفاز ووسائل الإعلام المطبوعة والإعلانات التي توضح معاني تلك المصطلحات التي تختلف عن تلك المستخدمة في الفيزياء.

### مراجعة تراكمية

101. تقوم برعاية حديقتك وتملأ صندوق قمامة بأجزاء من التربة وأعشاب. هذه العلب التي كتلتها 24 kg ثقيلة جدًا فلا يمكنك رفعها، لذلك تدفعها عبر الضياء. يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين العلب والغشب الموحل بالطين 0.27. بينما يبلغ معامل الاحتكاك الساكن 0.35. ما مقدار القوة التي يجب أن تدفع بها أفقيًا لبدء تحريك العلب فقط؟
102. البيسبول يقذف رامي كرة بيسبول شهير كرة سريعة أفقيًا بسرعة 40.3 m/s (ما يعادل 90 mph). كم تبعد المسافة التي تضغط عندها الكرة عندما تغير القاعدة الرئيسية بمسافة 18.4 m (ما يعادل 60 ft)؟

94. يسحب ونش كهربائي صندوقًا قوته 875 N لأعلى سطح مائل بزاوية 15° بسرعة 0.25 m/s. يبلغ معامل الاحتكاك بين الصندوق والسطح المائل 0.45.

- a. ما مقدار القدرة التي يكتسبها النش؟  
b. ما مقدار القدرة الكهربائية التي ينبغي تزويد النش بها إذا كانت كفاءته 85 بالمئة؟

### التفكير الناقد

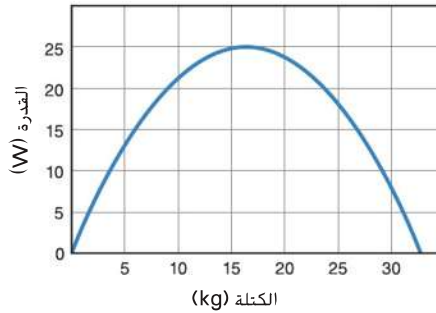
95. طَبِّق المفاهيم يجري عداء كتلته 75 kg سباق 50.0 m خلال 8.50 s. افترض أن تسارع العداء ثابت طوال السباق.

- a. أوجد متوسط قدرة العداء في السباق.  
b. ما القدرة القصوى التي يكتسبها العداء؟
96. طَبِّق المفاهيم يركض العداء المذكور في المسألة السابقة سباق 50.0 m مجددًا خلال 8.50 s. ولكن هذه المرة يسرّع العداء من ركضه في الثانية الأولى ويركض المسافة الباقية من السباق بسرعة ثابتة.

- a. احسب متوسط القدرة الناتجة للثانية الأولى تلك.  
b. ما مقدار القدرة القصوى التي ينتجها العداء حاليًا؟

97. حلل واستنتج تحمل صناديق إلى مخزن بطابق علوي يرتفع عن سطح الأرض بمسافة 12 m. تحتاج إلى نقل 30 صندوقًا بإجمالي كتلة تبلغ 150 kg في أسرع وقت ممكن. بإمكانك أن تحمل أكثر من صندوق في المرة الواحدة. ولكن إذا حاولت نقل صناديق كثيرة في وقت واحد، فستتحرك ببطء شديد وتتوقف كثيرًا للراحة. أما إذا حملت صندوقًا واحدًا فقط في المرة، فستستهلك معظم طاقتك في رفع جسدك. تعتمد القدرة التي يمكن أن يكتسبها جسمك على مدى فترة طويلة على الكتلة التي تحملها. كما هو موضح في الشكل 26. أوجد عدد الصناديق المطلوب حملها في كل مرة بفرض تقليل الوقت اللازم. كم تستغرق من الوقت لإنجاز المهمة؟ تجاهل الوقت اللازم لهبوط السلالم مرة أخرى ورفع كل صندوق وإنزاله على الأرض.

القدرة مقابل الكتلة

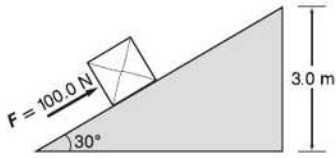


الشكل 26

اختيار من متعدد

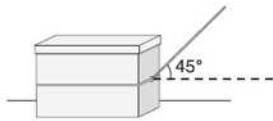
6. ينزلق متزلج كتلته 50.0 kg عبر بركة جليدية بدون احتكاك يذكر. وعند اقترابه من صديق له، يسلك كل منهم بيد الآخر ويبذل صديقه قوة في الاتجاه المعاكس لحركة المتزلج. مما يخفض سرعة المتزلج من 2.0 m/s إلى 1.0 m/s. ما مقدار التغير في الطاقة الحركية للمتزلج؟
- A. -25 J .C  
B. -75 J .D

7. يُدفع الصندوق المُوضَّح في الرسم لأعلى السطح المنحدر بقوة 100.0 N. فما مقدار الشغل المبذول على الصندوق؟ ( $\sin 30^\circ = 0.50$ ,  $\cos 30^\circ = 0.87$ ,  $\tan 30^\circ = 0.58$ )
- A. 150 J .C  
B. 260 J .D



أسئلة ذات إجابات مفتوحة

8. يوضح المخطط صندوقًا يُسحب على طول سطح أفقي بقوة تبلغ 200.0 N. احسب مقدار الشغل المبذول على الصندوق والقدرة المطلوبة لسحبه مسافة 5.0 m خلال 10.0s ( $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0.71$ )



1. كرة قدم وزنها 4 N تُلقاة في وضع السكون على أرضية الملعب. تيدل قدم لاعب قوة على الكرة تبلغ 5 N لمسافة 0.1 m. فنتحرك الكرة مسافة 10 m. ما مقدار الطاقة الحركية التي تكتسبها الكرة من قدم اللاعب؟
- A. 0.5 J .C  
B. 0.9 J .D

2. يتكوّن نظام بكرة رفع من بكرتين مثبتتين وأخرين متنقلتين ترفعان صخرة تزن 300 N بسرعة ثابتة. إذا بلغت قوة الجهد المُستخدمة لرفع الصخرة 100 N. فما العائدة الميكانيكية للنظام؟
- A.  $\frac{1}{3}$  .C  
B.  $\frac{3}{4}$  .D

3. تتكوّن آلة مرّجبة تُستخدم لرفع الصناديق الثقيلة من سطح منحدر وبكرة. تبلغ كفاءة سحب صندوق كتلته 100 kg لأعلى السطح المنحدر 50 بالمئة. إذا كانت كفاءة بكرة الرفع 90 بالمئة. فكم تبلغ الكفاءة الكلية للآلة المرّجبة؟
- A. 40 بالمئة .C  
B. 45 بالمئة .D

4. قالب يزن 20.0 N مربوط بطرف جبل مملووف حول نظام بكرة رفع. إذا سحبت الطرف المقابل من الجبل مسافة 2.00m. يرفع نظام البكرة القالب مسافة 0.40 m. فما العائدة الميكانيكية المثالية لنظام بكرة الرفع؟
- A. 2.5 .C  
B. 4.0 .D

5. يحمل شخصان صناديق متماثلة الحجم تزن 40.0 N لأعلى سطح منحدر يبلغ طوله 2.00 m ويستند إلى منصة ارتفاعها 1.00 m. يستغرق أحد الأشخاص 2.00 s لصعود السطح المنحدر. بينما يستغرق شخص آخر 4.00 s. فما الفرق في القدرة التي يستخدمها كلا الشخصين لحمل الصناديق لأعلى المنحدر؟
- A. 5.00 W .C  
B. 10.0 W .D

# الطاقة الحرارية

**الفكرة الرئيسية** ترتبط الطاقة الحرارية بحركة جسيمات الجسم ويُمكن نقلها وتحويلها.

## الأقسام

1 درجة الحرارة والحرارة  
والطاقة الحرارية

2 تغيرات الحالة والديناميكا  
الحرارية

## التجربة الاستهلاكية

### انتقال الطاقة الحرارية

كيف تنتقل الطاقة الحرارية من يدك إلى كوب  
الماء؟



حقوق الطبع والنشر © محفوظة الحقوق محفوظة © Education Hill-Craw-Mc

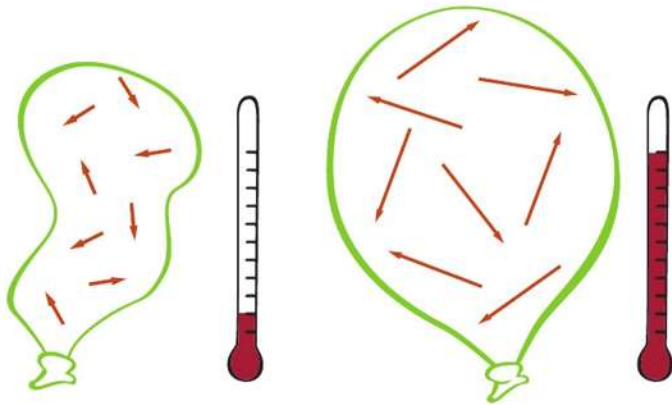
Chapter Sourced From: 9. Thermal Energy, Chapter 12, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

**الفيزياء في حياتك**  
هل شاهدت بالوناً في الخارج في يوم بارد من قبل؟ ربما كان منكش الحجم. ولكنه إذا أخذته إلى منزل 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 تنتسب في العديد من التصادمات تنتقل بينها الطاقة بشكل عشوائي. لذا، من الملائم مناقشة الطاقة الكلية للجسيمات التي يتكون منها الغاز ومتوسط الطاقة للجسيم الواحد في الغاز. تذكر 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 جسماً ما ساخناً؟ 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 كل 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 تكون أكبر من متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الجسم البارد.



### الفكرة الرئيسية

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

### الأسئلة الرئيسية

- 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**  
الحمل الحراري  
**convection**  
الإشعاع  
**radiation**  
الحرارة النوعية  
**specific heat**

إذا وضعت بالوناً 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.

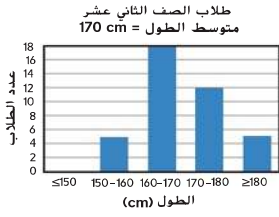
**الطاقة الحرارية في المواد الصلبة** إن الذرات أو الجسيمات داخل المواد الصلبة لديها طاقة حركية أيضاً ولكنها لا تتحرك في جميع الاتجاهات كما تفعل ذرات الغاز. ثمة طريقة لتوضيح بنية المواد الصلبة وهي تصور مجموعة من الذرات ترتبط فيما بينها بقوة تشبه النوابض. لا تتمكن الذرات من الحركة بحرية، ولكنها ترتد للخلف 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 مضروباً في  $N$ .

## الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة

الجسيمات التي يتكون منها جسم ما لا تمتلك جميعها بالضرورة نفس الكمية من الطاقة؛ فهي تمتلك نطاقاً واسعاً من الطاقة. ومع ذلك، فإن متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي يتكون منها الجسم 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 الكبيرة الحجم تمتلك عشرة أمثال الطاقة الحرارية للكعكة صغيرة الحجم. تعتمد الطاقة الحرارية لجسم ما على كل من درجة الحرارة وعدد الجسيمات التي يتكون منها الجسم.

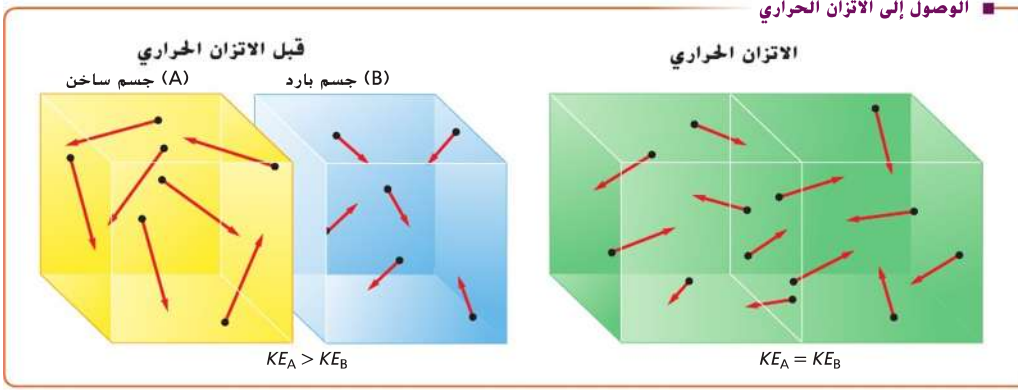


**الشكل 2** متوسط طول طلاب الصف التاسع أقل من متوسط طول طلاب الصف الثاني عشر. وبالمثل، متوسط الطاقة الحركية لجسيمات جسم ساخن أكبر من متوسط الطاقة الحركية لجسيمات جسم بارد.



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





## الاتزان والقياس الحراري

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

**الاتزان الحراري** أثناء انتقال الطاقة الحرارية من جسمك إلى جسيمات الثرموميتر، تقوم هذه الجسيمات بإعادة بعض الطاقة الحرارية إلى جسمك. عند لحظة معينة، يكون معدل انتقال الطاقة من الثرموميتر إلى جسمك مساوياً لمعدل الانتقال في الاتجاه الآخر. وفي هذه الحالة، يصل كل من جسمك والثرموميتر إلى الاتزان الحراري. **الاتزان الحراري** هو الحالة التي تكون فيها معدلات الطاقة الحرارية التي تنتقل بين جسمين متساوية ويكون كل 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 ثرموميتر خاصية تتغير بتغير درجة الحرارة. فمثلاً تحتوي الثرموميترات المنزلية غالباً على الكحول الملون الذي يتمدد بالحرارة. كلما ازدادت درجة حرارة الثرموميتر ازداد تمدد الكحول وارتفع داخل الأنبوب. يستخدم ثرموميتر البلورات السائلة الموضح في **الشكل 5** مجموعة متنوعة من الجسيمات التي تعيد ترتيبها ويتغير لونها عند درجات حرارة معينة. تستخدم كل من الثرموميترات الطبية والثيرموميترات الأخرى التي تستخدم لمراقبة درجة حرارة محركات السيارات دوائر إلكترونية صغيرة جداً حساسة للحرارة وذلك لإجراء قياسات سريعة.

**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.

**الشكل 5** يتغير لون ثرموميتر البلورات السائلة بتغير درجة الحرارة.

**لخّص** ما يحدث عند وضع الثرموميتر على جيبك.

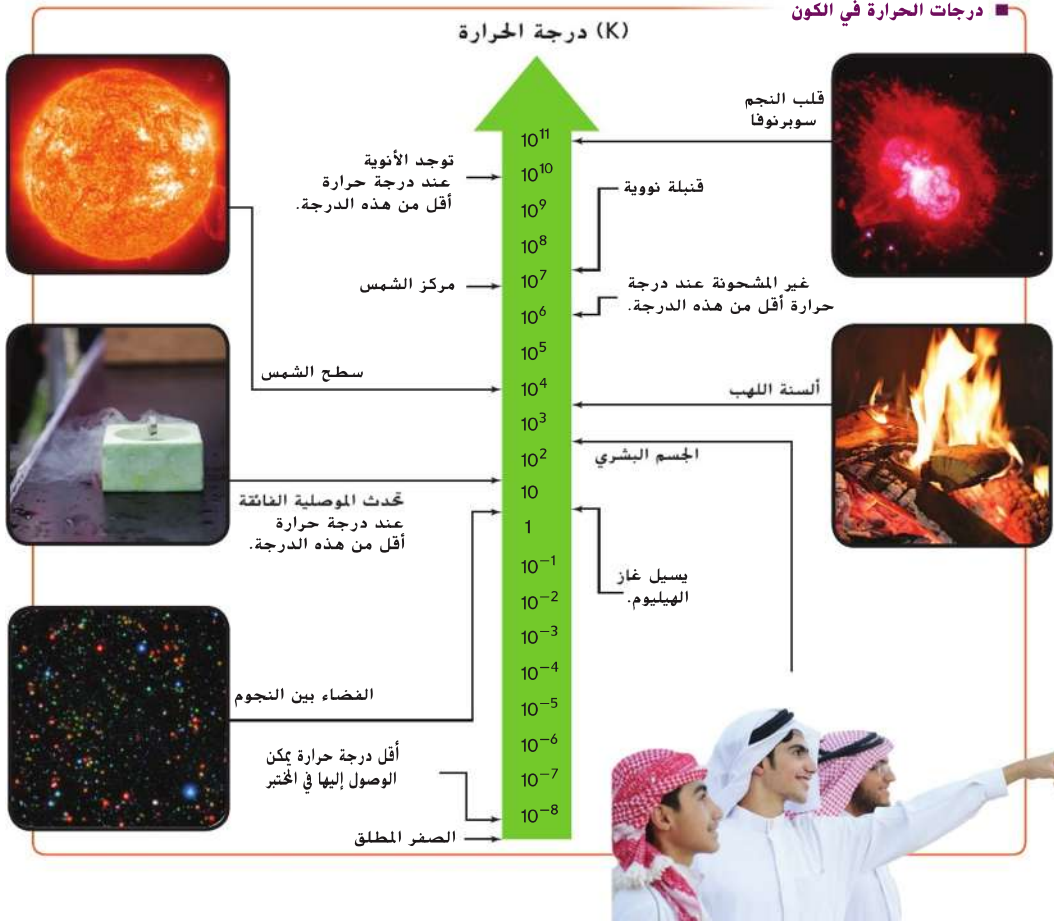




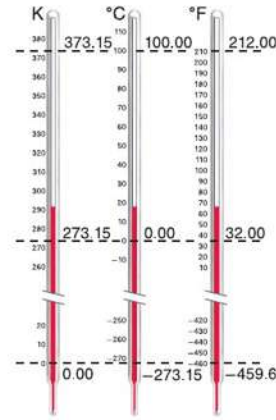
**حدود درجة الحرارة** قد تقول إن النار ساخنة وأن المُجمّدة باردة. لكن الأجسام من حولك ما هي إلا مجموعة صغيرة من الأجسام الموجودة في الكون كما هو موضح في **الشكل 6**. لا يبدو أن درجات الحرارة لها حد أقصى. درجة الحرارة داخل الشمس تكون على الأقل  $1.5 \times 10^7^\circ\text{C}$  أما مركز النجم سوبرنوفافيهو أكثر حرارة. ومن ناحية أخرى، يمكن أن تكون الغازات السائلة باردة جدًا. على سبيل المثال يسيل الهيليوم عند  $-269^\circ\text{C}$ . 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  $-273.15^\circ\text{C}$ . 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  $-273.15^\circ\text{C}$ . 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.



## مقارنة مقياس درجة الحرارة



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

**الشكل 8** يُمكن نقل الطاقة الحرارية عن طريق التوصيل أو الحمل أو الإشعاع. **حدّد** بعض الحالات الأخرى الشائعة التي يحدث فيها التوصيل، والحمل، والإشعاع.

## مقاييس درجة الحرارة

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

**مقياس كلفن** يمكن أن تكون درجات الحرارة في الترمومتر السيليزي سالبة القيمة. قد يُفهم من درجات الحرارة السالبة أنه قد يكون للجسيم طاقة حركية سالبة. وبما أن درجة الحرارة تُمثل متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الجسم، فمن المنطقي استخدام ترمومتر 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  $273\text{ K}$  ( $0^{\circ}\text{C}$ ) تقريبًا، أما درجة غليان الماء فهي  $373\text{ K}$  تقريبًا. تسمى كل درجة على هذا المقياس بـ "كلفن" وتعادل  $1^{\circ}\text{C}$ . ولذا فإن  $T_{\text{K}} = T_{\text{C}} + 273$ . **الشكل 7** يقارن مقياسي المهنهايت 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 الترمومتر من الجلد الدافئ إلى الترمومتر البارد بسبب تصادمات الجسيمات. في حالة امتصاص جسم ما للطاقة الحرارية، فإن  $Q$  تكون موجبة، أما إذا انتقلت الطاقة الحرارية من جسم 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.



الإشعاع



الحمل الحراري



التوصيل

## مختبر الفيزياء

### أجهزة تجميع الطاقة الشمسية

مختبر برمجات الجسات 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 سائل ما أو غاز نتيجة اختلافات درجة الحرارة **الحمل الحراري**. تحدث الاضطرابات الجوية بفعل الحمل الحراري للغازات في الغلاف الجوي. تمثل العواصف الرعدية والأعاصير أمثلة جيدة للحمل الحراري الذي يحدث في نطاق واسع في الغلاف الجوي. يُسهّم 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 المشمس، تُشع الشمس الطاقة الحرارية إلى الرمال على الشواطئ وإلى مياه المحيط. تصبح الرمال على الشواطئ دافئة إلى حد 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** لمادة 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 حرارته 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 مقارنة بالمواد الأخرى. وبالمثل، فإن الحرارة النوعية للجليد وبخار الماء مرتفعة نسبيًا. تؤثر هذه الحرارة النوعية المرتفعة في مناخنا وأجسامنا تأثيرًا كبيرًا.

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	الخاصين	388
الحديد	450		



**الشكل 9** هذه الأواني مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ أما القاع فيصنوع من النحاس والمقابض بلاستيكية. **فَسِّرْ** كيف يعتمد اختيار هذه المواد على الحرارة النوعية لها.

## مختبر الفيزياء

التسخين والتبريد  
كيف تؤثر الطاقة الحرارية في  
درجة حرارة الماء؟

قياس الطاقة الحرارية المنتقلة من أو إلى الجسم عند تسخين مادة ما. فإن درجة حرارة تلك المادة يمكن أن تتغير. يعتمد تغيير درجة الحرارة ( $\Delta T$ ) 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 جسم ما.

الطاقة الحرارية المنتقلة من أو إلى جسم

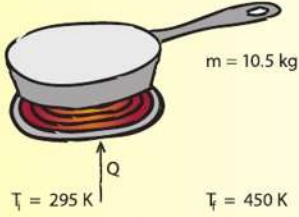
تساوي كتلة الجسم مضروبة في الحرارة النوعية لهذا الجسم مضروبة في الفرق بين درجات الحرارة النهائية والأولية.

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

على سبيل المثال، عندما ترتفع درجة حرارة 10.0 kg من الماء من 80 K إلى 85 K، فإن  $Q = (10.0 \text{ kg})(4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)})(85 \text{ K} - 80 \text{ K}) = 2.1 \times 10^5 \text{ J}$ . تذكر أن التدرج الواحد في مقياس كلفن يعادل تدرجاً واحداً في المقياس السيليزي. ولهذا السبب، يمكنك حساب  $\Delta T$  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؟



#### تحليل المسألة

ارسم مخططاً للطاقة الحرارية المنتقلة إلى المقلاة من سطح الموقد.

المجهول	$Q = ?$
المعلوم	$C = 450 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
$m = 5.10 \text{ kg}$	$T_i = 295 \text{ K}$
$T_f = 373 \text{ K}$	

#### إيجاد القيمة المجهولة

$$Q = mC(T_f - T_i) = (5.10 \text{ kg})(450 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)})(373 \text{ K} - 295 \text{ K}) = 1.8 \times 10^5 \text{ J}$$

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

#### تقييم الإجابة

- هل الوحدات صحيحة؟ نقياس تقاس الطاقة الحرارية المنتقلة بوحدة الجول.
- هل الإشارة منطقية؟ ترتفع درجة الحرارة ولذا فإن  $Q$  تكون موجبة.

### تطبيق

- 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؟
- تقدر شركة الكهرباء ثمن استهلاك الطاقة الكهربائية بوحدة الكيلو واط. ساعة. حيث إن  $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ . افترض أن تكلفة الكيلو واط. ساعة هي 0.30 AED. كم تكلفة عملية تسخين 75 kg من الماء من 15°C إلى 43°C لتماؤ حوض الاستحمام؟
- تحدي يحتوي نظام التبريد لمحرك سيارة على 20.0 L من الماء (تبلغ كتلة 1 L من الماء 1 kg).
  - ما التغير الذي يحدث لدرجة حرارة الماء إذا اكتسب 836.0 kJ من الطاقة الحرارية؟
  - افترض أن نظام التبريد في سيارة مملوء بالميثانول. كثافة الميثانول  $0.80 \text{ g/cm}^3$ . ما الزيادة التي كانت ستحدث في درجة حرارة الميثانول إذا امتص 836.0 kJ من الطاقة الحرارية؟
  - أي السائلين أفضل للاستخدام في نظام التبريد الماء أم الميثانول؟ فسّر إجابتك.

## قياس الحرارة النوعية

الكالوريومتر (المسعر). مثل الجهاز البسيط الموضح في الشكل 10، هو جهاز لقياس التغيرات في الطاقة الحرارية. يتم عزل الكالوريومتر 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 الكالوريومتر. يحتوي الكالوريومتر على كتلة معلومة من الماء البارد تحت درجة حرارة معلومة أيضًا ( $T_B$ ). تنتقل الطاقة الحرارية من المادة الساخنة إلى الماء البارد إلى أن يصل 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 الكالوريومتر 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 ( $\Delta E_A$ ) فإن التغير في الطاقة الحرارية للماء ( $\Delta E_B$ ) 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 مادة يمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

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

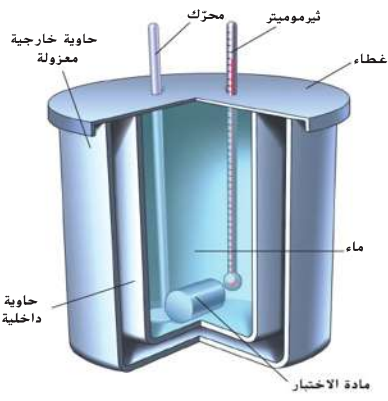
بالتعويض في المعادلة  $\Delta E_A = -\Delta E_B$  ينتج:

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

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

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

الكالوريومتر (المسعر)

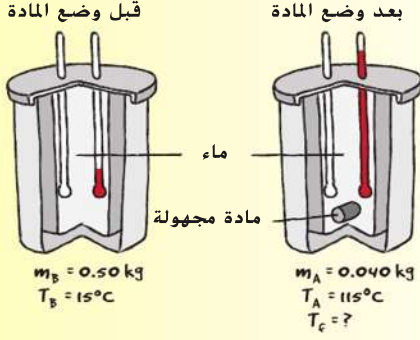


الشكل 10 في جهاز كالوريومتر بسيط، يتم وضع مادة الاختبار الساخنة ومقدار معروف من الماء البارد في نظام معزول ومن ثم الوصول إلى الاتزان الحراري. الكالوريومتر المثالي معزول تمامًا ولا ينتقل الطاقة الحرارية إلى أو من الوسط المحيط به. تُستخدم أنواع أخرى من الكالوريومتر لقياس التفاعلات الكيميائية والطاقة والمحتوى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

## مختبر الفيزياء

كم عدد السرعات الحرارية الموجودة؟  
كيف يمكن استخدام الكالوريومتر لتحديد انتقالات الطاقة؟

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؟



### تحليل المسألة

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

والمجهول  
 $C_A = ?$

المعلوم  
 $m_A = 0.10 \text{ kg}$   
 $T_A = 62^\circ\text{C}$   
 $m_B = 0.50 \text{ kg}$   
 $C_B = 4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$   
 $T_B = 15^\circ\text{C}$   
 $T_f = 16^\circ\text{C}$

### إيجاد القيمة المجهولة

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

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

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

$$= 450 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$$

عوض  $m_A = 0.10 \text{ kg}$ ,  $T_A = 62^\circ\text{C}$ ,  $m_B = 0.50 \text{ kg}$ ,  
 $C_B = 4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ ,  $T_B = 15^\circ\text{C}$ ,  $T_f = 16^\circ\text{C}$

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

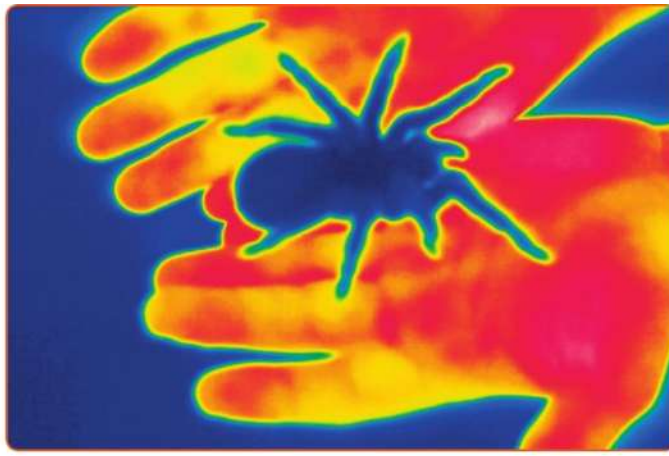
### تقييم الإجابة

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

### تطبيق

- توضع قطعة ألومنيوم كتلتها  $1.00 \times 10^2 \text{ g}$  A درجة حرارتها  $100.0^\circ\text{C}$  في  $1.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الماء تحت درجة حرارة  $10.0^\circ\text{C}$ . تبلغ درجة الحرارة النهائية للخليط  $26.0^\circ\text{C}$ . ما هي الحرارة النوعية للألمنيوم؟
- ثلاثة أُنقال فلزية، كتلة كل منها  $1.00 \times 10^2 \text{ g}$  وعند درجة حرارة  $100.0^\circ\text{C}$ . تم وضعها في  $1.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الماء عند درجة حرارة  $35.0^\circ\text{C}$ . درجة الحرارة النهائي للخليط  $45.0^\circ\text{C}$ . ما الحرارة النوعية للفلز المستخدم في الأُنقال.
- يتم خلط عينة من الماء كتلتها  $2.00 \times 10^2 \text{ g}$  عند  $80.0^\circ\text{C}$  مع  $2.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الماء عند  $10.0^\circ\text{C}$  في الكالوريميتر. ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟
- توضع قطعة من الزجاج كتلتها  $1.50 \times 10^2 \text{ g}$  درجة حرارتها  $70.0^\circ\text{C}$  في وعاء مع  $1.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الماء عند درجة حرارة  $16.0^\circ\text{C}$ . ما درجة حرارة المزيج النهائية؟
- تحتوي  $4.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الماء درجة حرارتها  $15.0^\circ\text{C}$  تم خلطها مع  $4.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الماء درجة حرارتها  $85.0^\circ\text{C}$ . بعد وصول النظام إلى الاتزان الحراري، يتم إضافة  $4.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الميتانول درجة حرارتها  $15^\circ\text{C}$ . افترض عدم فقدان طاقة حرارية إلى البيئة المحيطة. ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟

**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 بدا الإنسان أكثر دفئًا من الهواء المحيط به.



للاحتفاظ بالدفء. أما الحيوانات الأخرى فهي ذات الدم الحار وتحكم 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 وتقترب درجة حرارة أجسامهم من  $37^{\circ}\text{C}$ . لضبط 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.

## 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 تصرفه وسلوكه، كالاختباء تحت صخرة للاحتفاظ ببرودة جسمه أو البقاء تحت ضوء الشمس

### القسم 1 مراجعة

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. **التكبير 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؟

9. **العكرة** الرئيسة تشعر دائمًا ببرودة أرضية الحمام المغطاة باليلاط 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.  $5^{\circ}\text{C}$  إلى كلفن
  - b.  $34\text{ K}$  إلى درجات سيليزية
  - c.  $212^{\circ}\text{C}$  إلى كلفن
  - d.  $316\text{ K}$  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.

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

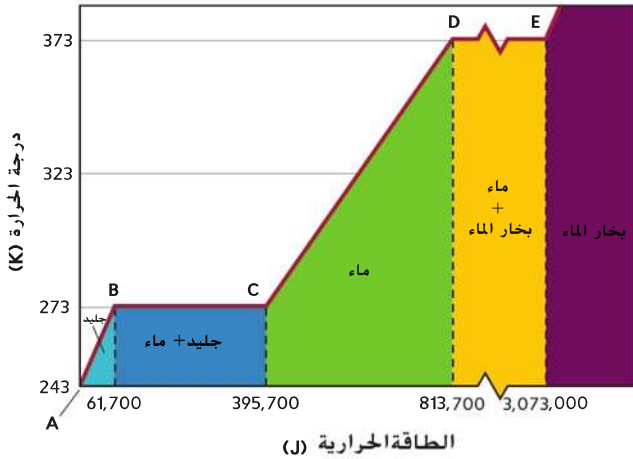
### تغيرات الحالة

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 تغيراً بطراً على بُنيته بالإضافة إلى التغير في درجة حرارته.

إن أكثر حالات المواد شيوعاً 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 أيضاً وكذلك درجة حرارتها.

**الشكل 12** يبين التغير الذي يطراً 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. فعند هذه الدرجة تعطي الطاقة الحرارية المضافة طاقة كافية لجسيمات المادة تكفيها من التغلب جزئياً على الروابط التي تربطها ببعضها. تظل الجسيمات مرتبطة ببعضها ولكنها تكتسب مزيداً من الحرية للحركة إلى أن تمتلك القدر الكافي من الحرية لكي تصبح قادرة على الابتعاد عن بعضها البعض.

إضافة طاقة حرارية للماء



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

### العكرة الرئيسية

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

### الأسئلة الرئيسية

- كيف ترتبط حرارة الانصهار وحرارة التبخر بتغيرات الحالة؟
- ما القانون الأول للديناميكا الحرارية؟
- كيف تبرهن المحركات ومضخات الحرارة والتلاجات 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 التبخر 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





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

**درجة الانصهار** عند هذه الدرجة، يتحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، تماماً 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 نمطاً جديداً 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 ثابتة 273 K.

**درجة الغليان** بمجرد أن ينصهر الجليد بالكامل وباستمرار اكتساب الجزيئات المزيد من الطاقة الحرارية فتزداد طاقة حركة الجزيئات بشكل أكبر وترتفع درجة حرارتها بين النقطتين C و D كما هو موضح في الشكل 12. فعندما ترتفع درجة الحرارة تكتسب بعض جسيمات السائل طاقة كافية لتمكنها من أن تتحرر من ارتباطها ببعض 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  $3.34 \times 10^5$  J/kg. فإذا اكتسبت كتلة من الجليد مقدارها 1 kg عند درجة 273 K طاقة حرارية مقدارها  $3.34 \times 10^5$  J، فإنها تتحول إلى 1 kg من الماء عند درجة الحرارة نفسها التي تبلغ 273 K. لذا فإن الطاقة المُضافة تؤدي إلى تغيير الحالة وليس درجة الحرارة.

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

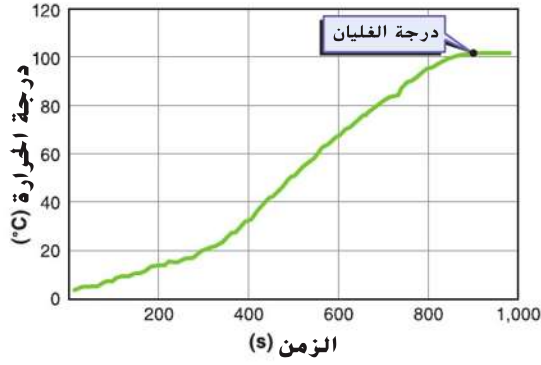
الجدول 2 حرارة الانصهار وحرارة التبخير للمواد الشائعة		
المواد	حرارة الانصهار ( $H_f$ ) (J/kg)	حرارة التبخير ( $H_v$ ) (J/kg)
النحاس	$2.05 \times 10^5$	$5.07 \times 10^6$
الزئبق	$1.15 \times 10^4$	$2.72 \times 10^5$
الذهب	$6.30 \times 10^4$	$1.64 \times 10^6$
الميثانول	$1.09 \times 10^5$	$8.78 \times 10^5$
الحديد	$2.66 \times 10^5$	$6.29 \times 10^6$
الفضة	$1.04 \times 10^5$	$2.36 \times 10^6$
الرصاص	$2.04 \times 10^4$	$8.64 \times 10^5$
الماء (الجليد)	$3.34 \times 10^5$	$2.26 \times 10^6$

## تجربة مُصغرة

### الانصهار

كيف يؤثر التسخين على حالة الماء ودرجة حرارته؟

### منحنى تسخين الماء (عملياً)



**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 لهذا الشكل يبين منحنى التسخين لكمية من الماء البارد وضعت داخل كأس ثم وضعت على موقد ساخن **فسّر** 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 تقريباً. 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 طردياً 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 ( $Q = -mH_v$ ).

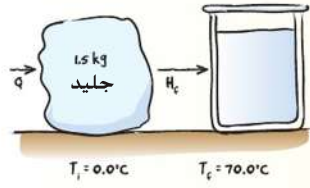
يكتسب الجليد كميات كبيرة من الطاقة الحرارية عندما ينصهر ويكتسب الماء كميات كبيرة من الطاقة الحرارية كي يتبخر. ولذلك استخدامات كثيرة في حياتك اليومية، فكل جرام عرق يتبخر من جلدك يكتسب من جسمك حوالي 2.3 kJ من الطاقة الحرارية. وهذه هي إحدى عمليات التبريد التي تستخدمها العديد من الحيوانات ذات الدم البارد 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 تقريباً.

## مختبر الفيزياء

### حرارة الانصهار

كيف يمكنك قياس حرارة انصهار الجليد؟

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



**تحليل المسألة**

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

<b>مجهول</b>	<b>معلوم</b>
$Q_{\text{انصهار الجليد}} = ?$	$m = 150 \text{ kg}$
$Q_{\text{تسخين الماء}} = ?$	$H_f = 3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$
$Q_{\text{الكتلية}} = ?$	$T_i = 0.0^\circ\text{C}$
	$T_f = 70.0^\circ\text{C}$
	$C = 4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$

**أوجد قيمة المجهول**

احسب الحرارة اللازمة لانصهار الجليد.

$$Q_{\text{انصهار الجليد}} = mH_f$$

$$= (150 \text{ kg})(3.34 \times 10^5 \text{ J/kg})$$

$$= 5.01 \times 10^5 \text{ J} = 5.01 \times 10^2 \text{ kJ}$$

احسب التغير الحادث في درجة الحرارة.

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$= 70.0^\circ\text{C} - 0.0^\circ\text{C} = 70.0^\circ\text{C}$$

احسب الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الماء.

$$Q_{\text{تسخين الماء}} = mC\Delta T$$

$$= (150 \text{ kg})(4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)})(70.0^\circ\text{C})$$

$$= 4.39 \times 10^5 \text{ J} = 4.39 \times 10^2 \text{ kJ}$$

احسب كمية الحرارة اللازمة.

$$Q_{\text{الكتلية}} = Q_{\text{انصهار الجليد}} + Q_{\text{تسخين الماء}}$$

$$= 5.01 \times 10^2 \text{ kJ} + 4.39 \times 10^2 \text{ kJ}$$

$$= 9.40 \times 10^2 \text{ kJ}$$

عوض  $m = 150 \text{ kg}$ ,  $H_f = 3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$

عوض  $T_f = 70.0^\circ\text{C}$ ,  $T_i = 0.0^\circ\text{C}$

عوض  $m = 150 \text{ kg}$ ,  $C = 4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ ,  $\Delta T = 70.0^\circ\text{C}$

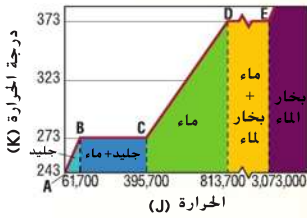
عوض  $Q_{\text{تسخين الماء}} = 4.39 \times 10^2 \text{ kJ}$ ,  $Q_{\text{انصهار الجليد}} = 5.01 \times 10^2 \text{ kJ}$

**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:

$$Q = (15 \text{ kg})(300,000 \text{ J/kg}) + (15 \text{ kg})(4000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)})(70 \text{ K}) = 9 \times 10^2 \text{ kJ.}$$

**تطبيق**



الشكل 15

19. ما كمية الطاقة التي يمكن امتصاصها من خلال  $1.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الجليد في  $-20.0^\circ\text{C}$  لتتحول إلى ماء عند درجة حرارة  $0.0^\circ\text{C}$ ؟
20. عينة قدرها  $2.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الماء في درجة حرارة  $60^\circ\text{C}$  يتم تسخينها حتى تتبخر عند درجة حرارة  $140^\circ\text{C}$  فما مقدار الطاقة الحرارية التي 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  $100 \text{ kg}$  من الحديد في درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  إلى حديد منصهر (درجة انصهار الحديد =  $1538^\circ\text{C}$ ). فما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة؟
23. مسألة تحفيزية ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل  $3.00 \times 10^2 \text{ g}$  من الجليد عند درجة حرارة  $-30.0^\circ\text{C}$  إلى بخار ماء عند درجة حرارة  $130.0^\circ\text{C}$ ؟

## 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 موضوعاً منفصلاً ولا علاقة له بالميكانيكا. أما الآن فيقوم المهندسون بتطبيق مفاهيم الديناميكا الحرارية لإنتاج أجيال عالية الأداء من التلجارات 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 ( $\Delta U$ ) لجسم ما يساوي الطاقة الحرارية التي يكتسبها الجسم ( $Q$ ) مطروحاً منها الشغل ( $W$ ) الذي يبذله الجسم. لاحظ أن  $Q$  و  $\Delta U$  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 مطروحاً 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 تفتنى ولكن تتحول إلى أشكال أخرى.

ومثال آخر لتغيير كمية الطاقة الحرارية في نظام ما، هو المضخة اليدوية (المنضخة) 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: محبصة 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 مُصَغَّرَة

**تحويل الطاقة**  
كيف يرتبط الشغل بالطاقة الحرارية؟

### تطبيق

27. عندما تحرك كوباً من الشاي فإنك تبذل شغلاً مقداره

0.050 J في كل مرة تحرك فيها المعلقة حركة دائرية في الكوب. كم مرة يجب أن تُحرك فيها المعلقة 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؟

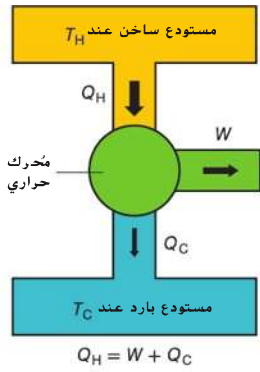
24. يكتسب بالون الغاز 75 J من الطاقة الحرارية. يتمدد البالون ولكن تظل درجة الحرارة كما هي. ما مقدار الشغل الذي يبذله البالون عند التمدد؟

25. يعمل المتغاب ثقلاً صغيراً في كتلة من الألمنيوم مقدارها

0.40 kg، ويُسخن الألمنيوم بمقدار 5.0°C. فما مقدار الشغل المبذول من المتغاب 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؟

## رسم تخطيطي لمحرك حراري



**الشكل 17** تحويل المحركات الحرارية الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية وحرارة مهدرة (عادم). يوضح هذا المخطط عمليات انتقال الطاقة وتحويلاتها.

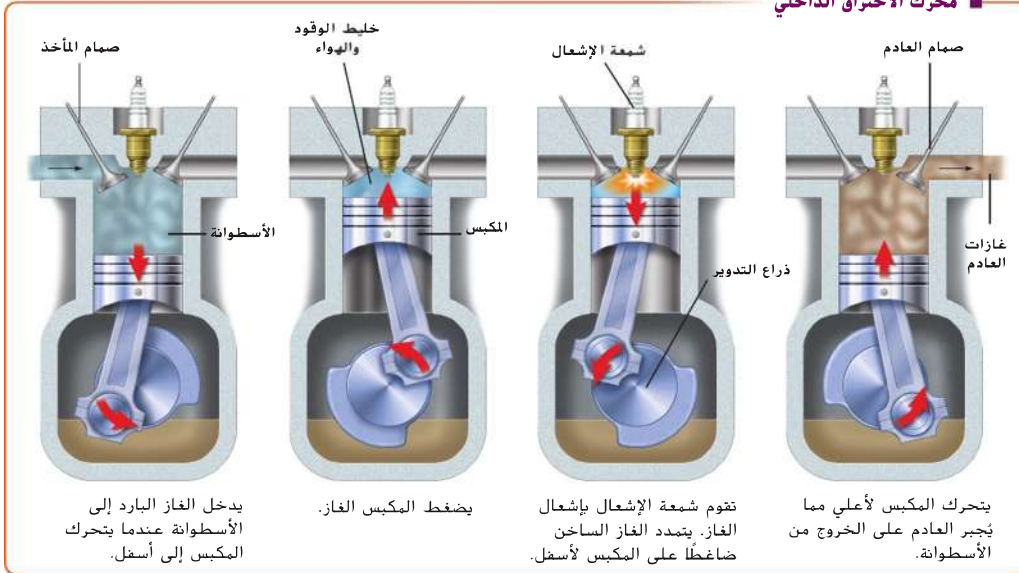
**المحركات الحرارية** عندما تقوم بفرك يدك مع بعضها البعض، فإنك تحول الطاقة الحركية إلى طاقة حرارية. تحويل الطاقة بهذا الشكل هو أمر سهل، ولكن تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية، ليس بهذه السهولة. **المحرك الحراري** هو جهاز يستطيع تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية على نحو مستمر. ويتطلب المحرك 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.

**محركات الاحتراق الداخلي** هو أحد الأمثلة على المحركات الحرارية. محرك الاحتراق الداخلي للسيارة يُمثل **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 المهدرة (الضائعة)**. لا تتحول جميع الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية. فعند دوران المحرك تصبح الغازات وأجزاء المحرك ساخنة. ينطلق العادم من السيارة ويختلط مع الهواء الخارجي ويرفع من حرارته. بالإضافة إلى ذلك، تنتقل الطاقة الحرارية من المحرك إلى مبرد السيارة (الرادياتور). يمر الهواء الخارجي خلال المبرد فترتفع درجة حرارته. كل هذه الطاقة ( $Q_C$ ) التي تُنقل إلى خارج محرك السيارة تسمى الحرارة المهدرة. 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



**الكفاءة** يناقش المهندسون ومدى 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 دائماً ( $Q_C$ )، فإن أكثر المحركات كفاءة لن تصل إلى نسبة 100 بالمئة.

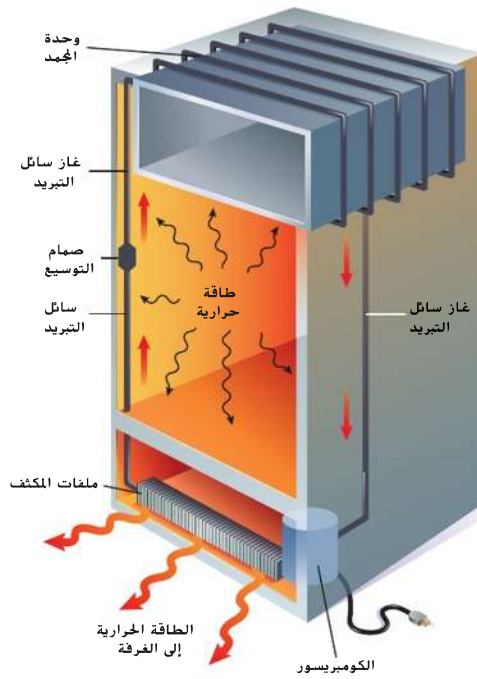
**التأكد من فهم النص** توقع هل تقوم المحركات ذات الكفاءة العالية بحرق وقود أكثر أم أقل من المحركات الأقل كفاءة لنقل نفس القدر من الشغل؟

في واقع الأمر، كفاءة معظم المحركات الحرارية تقل كثيراً 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 أيضاً أن تنتقل الطاقة الحرارية من جسم بارد وتضيقها إلى جسم دافئ إذا تم بذل شغل. فالثلاجة كذلك التي تظهر في الشكل 19 هي مثال شائع على الأجهزة التي تقوم بمثل هذا العمل. الطاقة الكهربائية تشغيل المحرك الذي بدوره يبذل شغلاً على الغاز ويضغطه.

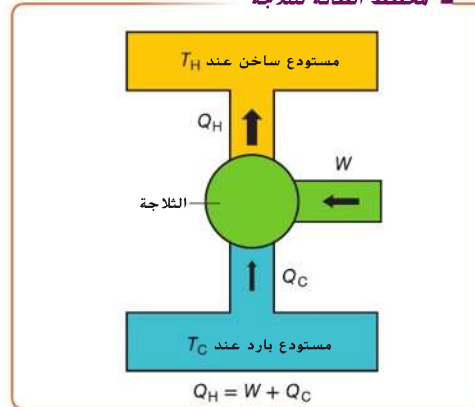
يقوم الغاز باكتساب الطاقة الحرارية من داخل الثلاجة ويبر من ضاغط الغاز عبر ملفات المكثف وصولاً إلى خارج الثلاجة ويبرد ليتحول إلى سائل. وتنتقل الطاقة الحرارية إلى الغرفة. السائل يكتسب الطاقة الحرارية من المنطقة المحيطة به فيتبخر مرة أخرى. يعود الغاز إلى ضاغط الغاز مرة أخرى وتكرر العملية. يساوي إجمالي التغير الحادث في الطاقة الحرارية للغاز صفر. وهكذا، ووفقاً للقانون الأول للديناميكا الحرارية فإن مجموع الطاقة الحرارية الخارجة من مكونات الثلاجة والشغل الذي يبذله المحرك يساوي الطاقة الحرارية الخارجة. انتقال الطاقة والتحويلات 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 وتحويله إلى هواء أكثر دفئاً داخل المنزل. في كلتا الحالتين فإن الطاقة الميكانيكية المطلوبة لنقل الطاقة الحرارية من جسم بارد إلى جسم دافئ.

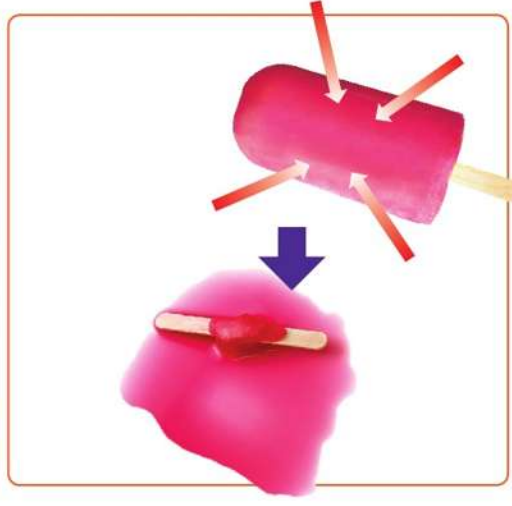


**شكل 19** يتم ضخ السائل المبرد في صمام التوسيع حيث يمتص الطاقة من الأجزاء المحيطة ويتحول إلى غاز. يسخن الغاز تدريجياً ويمتص الطاقة الحرارية من داخل الثلاجة. يبذل ضاغط الغاز شغلاً على الغاز لتبريده وتحويله إلى سائل وتبدأ الدورة مرة أخرى.

#### ■ مخطط الطاقة للثلاجة



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



**الشكل 21** وفقًا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية فإن الطاقة الحرارية دائمًا ما تنتشر إذا توفرت لها الفرصة. الأسمم 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. مثلاً، لن تندهب 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 — 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 الثلجات 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 هناك فرصة لتشتت الطاقة الحرارية للجسم الساخن أو لانتشارها بصورة أكبر. فينتقل بعض من الطاقة الحرارية للجسم البارد، لتدفقته 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. تنتشت 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 متساوي. 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.

**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 الثلج أو تبريد البيترزا هي حالات يزيد فيها 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 والمحرك الحراري** 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 يتغير الإنتروبي. بالنسبة لعملية المعكوسة، فإن التغير في الإنتروبي ( $\Delta S$ ) 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 لنظام 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.





**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.

**الإنتروبي وأزمة الطاقة** أضاف القانون الثاني للديناميكا الحرارية وزيادة الإنتروبي معنى جديدًا لما يُعرف باسم أزمة الطاقة. ترتبط أزمة الطاقة بالاستخدام المستمر للمصادر القابلة للنفاد مثل البترول والغاز الطبيعي. فعندما تستخدم أياً 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 وتتحوّل الطاقة الكيميائية التي تحتويها جزيئات الجازولين إلى طاقة حركية تُدير السيارة بالإضافة طاقة حرارية تقوم بتسخين المحرك. وحتى عندما يخول الاحتكاك الطاقة الحركية للسيارة إلى طاقة حرارية فإن الطاقة لا تفتى 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 عملياً 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.

## القسم 2 مراجعة

**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 والمنزهات الرائعة بها أجهزة تقوم بنثر رذاذ دقيق من الماء، والذي يتبخّر بسرعة. فسّر لماذا تعمل هذه العملية على تبريد المنطقة المحيطة.

**29. العكرة** الرئيسية 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 الميزد. حلل هذه العملية وشرح كيف تؤدي إلى تدفئة الغرفة.

**31. حرارة الانصهار** ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 50.0 g من الجليد عند درجة  $-20.0^{\circ}\text{C}$  إلى ماء عند درجة  $10.0^{\circ}\text{C}$ ؟

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

**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  $5.0^{\circ}\text{C}$ . 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 فرقاً؟

# '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 للعوى 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 المبدولة لمنع تلك التوهمية 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.

### المزيد من التعمق <<

**التنكير الناقد** ادرس خطة إخلاء مدرستك، قدم أي مقترحات من شأنها تحسين تلك الخطة.

**الناس بصفتهم جسيمات** لاحظ علماء الفيزياء أن الحشود تتصرف في الغالب على نحو مشابهة للأنظمة كثيرة الجسيمات. 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 المتراحمين بالقرب من المخارج خصائص مماثلة للمواد الحبيبية التي تمر من الفتحات. من خلال تطبيق نفس المعادلات المستخدمة لوصف حركة الجسيمات في الغازات المتجانسة، وجد علماء الفيزياء أنه باستطاعتهم وصف وتوقع حركة الحشود.

**القوى الاجتماعية** أدرك 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 تُحسن بشكل كبير من نموذج المشاة.

### 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.

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

### القسم 1 درجة الحرارة، والحرارة، والطاقة الحرارية

- الفكرات**
- التوصيل الحراري  
thermal conduction
  - الاتزان الحراري  
thermal equilibrium
  - الحرارة  
heat
  - الحمل الحراري  
convection
  - الإشعاع  
radiation
  - الحرارة النوعية  
specific heat
- الفكرات الرئيسية**
- 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 مطلق، 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 بمقدارها 1 kg بمقدار 1 K.

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

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

### القسم 2 تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية

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

$$Q = mH_f$$

$$Q = mH_v$$

$$\Delta U = Q - W$$

### 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

## القسم 1

## درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية

## إتقان المفاهيم

47. كتلة مقدارها  $5.00 \times 10^2$  g من فلز تكتسب ل 5016 J من الطاقة الحرارية عندما تتغير درجة حرارتها من  $20.0^\circ\text{C}$  إلى  $30.0^\circ\text{C}$ . احسب الحرارة النوعية للفلز.
48. الطاقة الحرارية لسيارة صغيرة تسير بسرعة  $100 \text{ km/h}$  تبلغ  $2.9 \times 10^5$  J. كم عدد لترات الماء التي يمكن استخدام هذا القدر من الطاقة لرفع درجة حرارتها من درجة حرارة الغرفة ( $20.0^\circ\text{C}$ ) إلى درجة الغليان ( $100.0^\circ\text{C}$ )؟

38. **النكرة الرئيسية** 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 مقياس الباب العنبري 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  $50.0 \text{ g}$  من الماء من  $4.5^\circ\text{C}$  إلى  $83.0^\circ\text{C}$ ؟

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 غسل الأطباق كبيرة بدرجة كافية بحيث لا تتغير درجة حرارتها بشكل ملحوظ.



الشكل 24



الشكل 25

45. كتلة  $1.00 \times 10^2$  g من التنجستن بدرجة حرارة  $100.0^\circ\text{C}$  تم وضعها في  $2.00 \times 10^2$  g من الماء بدرجة حرارة  $20.0^\circ\text{C}$ . فوصل الخليط إلى الاتزان الحراري عند درجة حرارة  $21.2^\circ\text{C}$ . احسب الحرارة النوعية للتنجستن.

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

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.  $50 \text{ g}$  من الألمنيوم بدرجة حرارة  $30^\circ\text{C}$
- B.  $60 \text{ g}$  من الألمنيوم بدرجة حرارة  $40^\circ\text{C}$
- C.  $50 \text{ g}$  من الزجاج بدرجة حرارة  $30^\circ\text{C}$
- D.  $50 \text{ g}$  من الفضة بدرجة حرارة  $30^\circ\text{C}$
- E.  $50 \text{ g}$  من الخارصين بدرجة حرارة  $30^\circ\text{C}$

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 أمدتها 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** تطبو سالي المعكرونة في إناء يحتوي على مياه مغلية. هل سَطهي 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 والبرص 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 كالأستون 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 لهما درجة الحرارة نفسها. هل سيكون لكوبي الماء نفس درجة الحرارة عند الوصول للتوازن الحراري؟ فسّر ذلك.

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

### مراجعة عامة

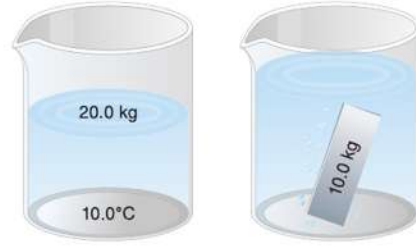
70. ما كفاءة المحرك الذي يعطي 1800 J/s نتيجة حرق كمية من الجازولين في المحرك ينتج عن حرقها 5300 J/s؟ ما مقدار الحرارة المهدرة في المحرك في كل ثانية؟

71. **آلة ختم الفلزات** آلة لختم الفلزات في مصنع تبذل شغلاً مقداره 2100 J في كل مرة نختم 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".

- الحرارة النوعية
- الإنتروبي

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 حاوية محاطة بالهواء الجاف تبقى أكثر برودة عند احتواء الحاوية على غطاء من الفايبر 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 قديماً. استخدام قوالب من الجليد توضع في حاوية 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 تكتيفها من حالة البخار إلى الحالة السائلة عند درجة 61.6°C. فمقدت 9870 J من الطاقة الحرارية. ما هي حرارة تبخير الكلوروفورم؟

59. سيارة كتلتها 750 kg 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 وتصلطم بلوح من الفولاذ وتتوقف بعدها. في إذا تحولت جميع طاقتها الحركية إلى طاقة حرارية واكتسبتها الرصاصة. ما مقدار التغير في درجة حرارة الرصاصة؟

- 80. التحليل والنتيجة** ينتزع محرك حراري معين مقدار  $50.0 \text{ J}$  من الطاقة الحرارية من المستودع الساخن الذي تبلغ درجة حرارته  $T_H = 545 \text{ K}$  ويطرد طاقة حرارية قدرها  $40.0 \text{ J}$  إلى مستودع بارد درجة حرارته  $T_C = 325 \text{ K}$ . 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  $T_C = 205 \text{ K}$ ؟
- 81. التحليل والنتيجة** أثناء اللعب، عادة ما يزداد التمثيل الغذائي للاعب كرة السلة بمقدار  $30.0 \text{ W}$ . فما هي كمية العرق التي يتعين على اللاعب إفرازها كل ساعة للتخلص من هذه الطاقة الحرارية الإضافية؟
- 82. تطبيق المفاهيم** كل الطاقات على الأرض مصدرها الشمس. تبلغ درجة حرارة سطح الشمس تقريبًا  $10^4 \text{ K}$ . ما هو الأثر الذي سيتربط على الأرض في حالة إذا كانت درجة حرارة سطح الشمس  $10^3 \text{ K}$ ؟

## 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 والنظم البيئية على الماء في حالاته الثلاث. ماذا سيحدث للعالم لو أن الخصائص الحرارية للماء كانت مثل مواد أخرى كالميثانول؟

- 73.** سيارة كتلتها  $1500 \text{ kg}$  وتوقفت بعد أن كانت تسير بسرعة  $25 \text{ m/s}$ . فانتقلت جميع طاقة السيارة إلى المكابح. افترض أن المكابح كتلتها  $45 \text{ kg}$  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  $1.0 \text{ L}$  من الماء في درجة حرارة  $90^\circ\text{C}$ ، ما كتلة الجليد اللازمة لتبريده لتصبح درجة حرارته  $0^\circ\text{C}$ ؟ 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؟

100.0°C النحاس	20.0°C الألمنيوم
60.0°C النحاس	60.0°C الألمنيوم

**الشكل 27**

- 76.** قطعتان من النحاس تبلغ كتلة كل منهما  $0.35 \text{ kg}$ . تنحرك كل منهما اتجاه الأخرى بنفس السرعة وتتصادمان. وتتوقف كلتا القطعتين بعد التصادم. فإذا زادت درجة حرارتها بمقدار  $0.20^\circ\text{C}$  نتيجة للتصادم، افترض أن جميع الطاقة الحركية حُولت إلى طاقة حرارية، ما هي سرعتها قبل التصادم؟
- 77.** تنزلق كتلة من الجليد كتلتها  $2.2 \text{ kg}$  على أرضية خشنة. تبلغ سرعتها الابتدائية  $2.5 \text{ m/s}$  وسرعتها النهائية  $0.50 \text{ m/s}$ . ما كتلة الجليد المنصهر نتيجة الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك؟

## التفكير الناقد

- 78. التحليل والنتيجة** يستخدم الكيميائيون أجهزة الكالوريمتر لقياس الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية. افترض أن كيميائيًا قام بإذابة  $1.0 \times 10^{22}$  من جزيئات مادة عبارة عن مسحوق في جهاز كالوريمتر به  $0.50 \text{ kg}$  من الماء. فتعككت الجزيئات مطلقة طاقة حرارية إلى الماء. وازدادت درجة حرارة الماء بمقدار  $2.3^\circ\text{C}$ . 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.

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

### الاختيار من متعدد

استخدم المعلومات التالية عند الحاجة.

$$C_{\text{جليد}} = 2060 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$$

$$C_{\text{ماء}} = 4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$$

$$C_{\text{بخار الماء}} = 2020 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$$

$$H_{\text{ف.ماء}} = 3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

$$H_{\text{ص.ماء}} = 2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$$

1. أي من تحويلات درجات الحرارة التالية غير صحيح؟

A.  $-273^\circ\text{C} = 0 \text{ K}$       C.  $298 \text{ K} = 571^\circ\text{C}$

B.  $273^\circ\text{C} = 546 \text{ K}$       D.  $88 \text{ K} = -185^\circ\text{C}$

2. ما وحدة قياس الإنتروبي؟

A. J/K

C. J

B. K/J

D. kJ

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

A. يستمر تبادل الطاقة بين الجسمين.

B. الطاقة الكلية المنتقلة بين الجسمين تساوي صفراً.

C. الجسمان لهما درجة الحرارة نفسها.

D. الطاقة الكلية المنتقلة بين الجسمين لا تساوي صفراً.

4. ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين 363 mL من الماء من  $24^\circ\text{C}$  إلى  $38^\circ\text{C}$ ؟

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  $10^\circ\text{C}$ . 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 وصولاً إلى بخار الماء عند درجة حرارة  $140^\circ\text{C}$ ؟

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  $65^\circ\text{C}$  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 درجة حرارتها  $0.00^\circ\text{C}$  والطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 454 g من الماء عند درجة حرارة  $100.0^\circ\text{C}$  إلى بخار ماء؟ هل مقدار هذا الفرق أكبر أم أصغر من مقدار الطاقة اللازمة لتسخين 454 g من الماء من  $0.00^\circ\text{C}$  إلى  $100.0^\circ\text{C}$ ؟

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

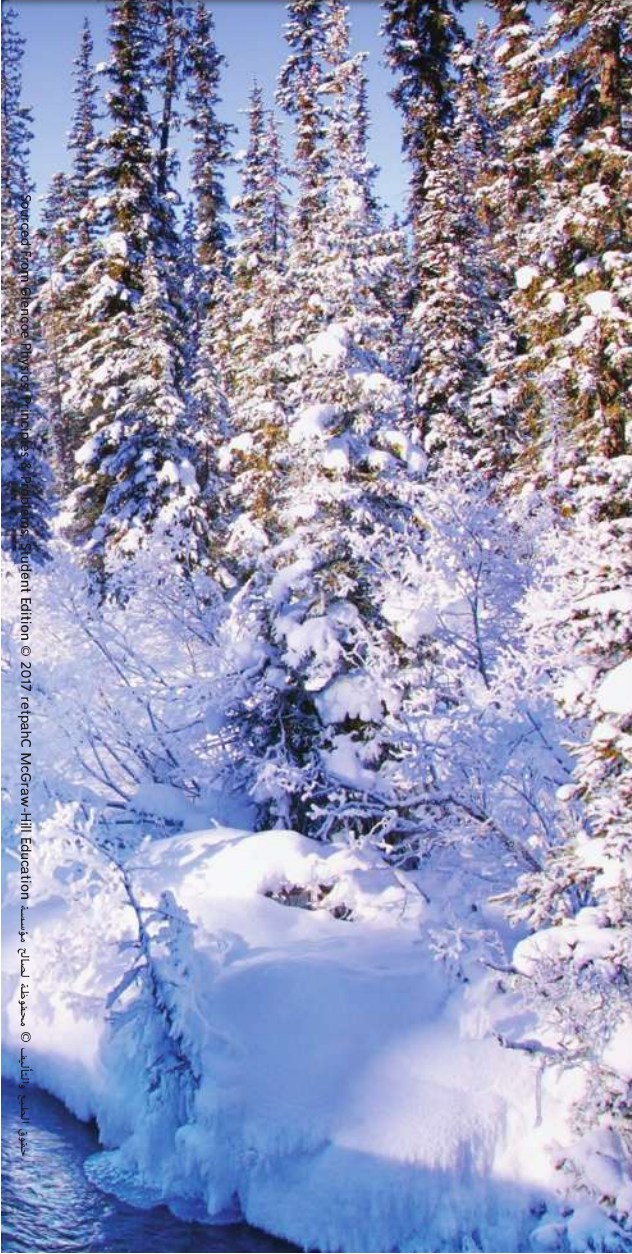
### الأقسام

- 1 خصائص الموائع
- 2 القوى داخل السوائل
- 3 الموائع في حالات السكون والحركة
- 4 الأجسام الصلبة

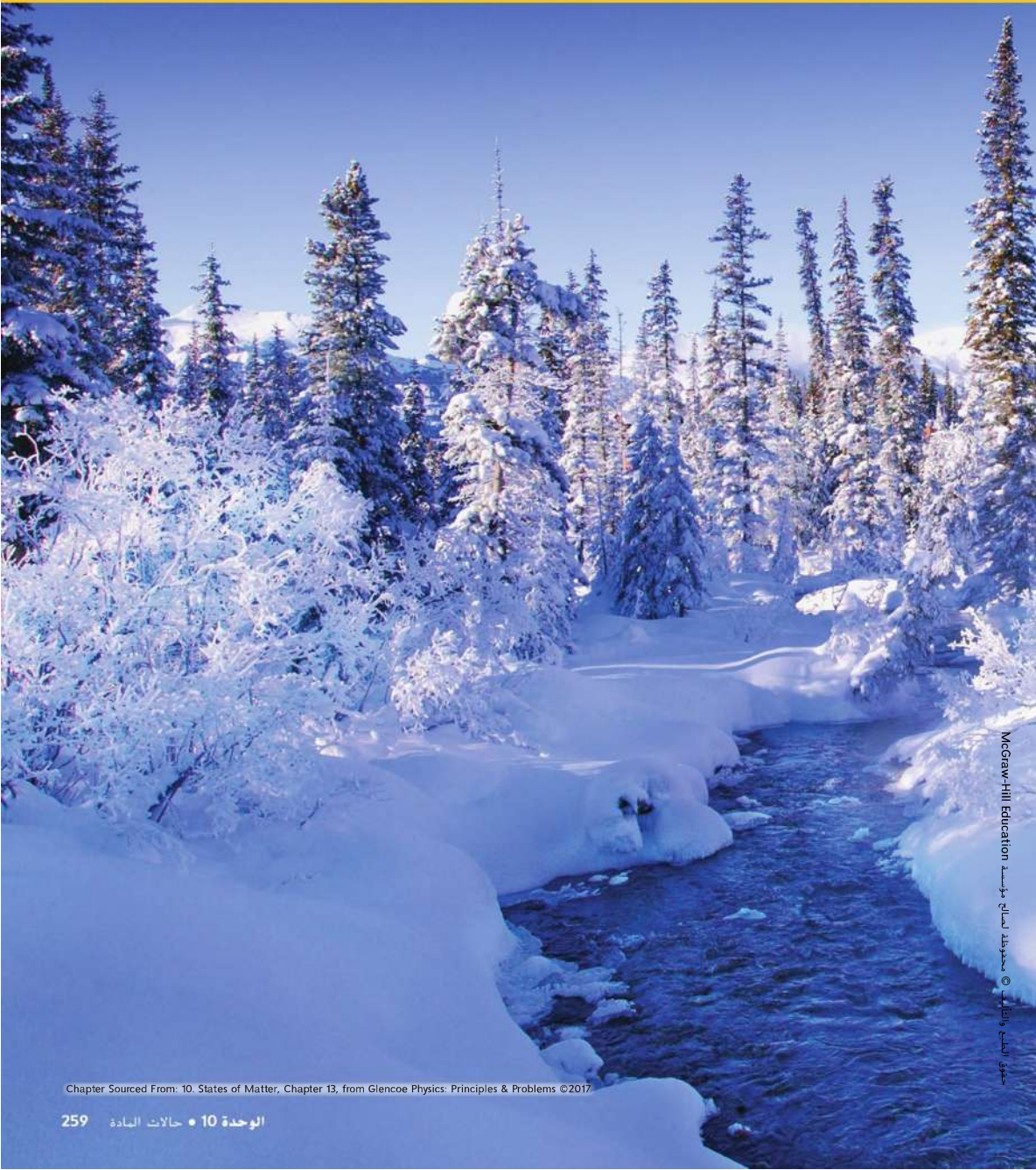
### التجربة الاستهلالية

#### قياس الطفو

كيف تؤثر كثافة جسم ما في قدرته على الطفو؟







جميع الحقوق محفوظة © مؤسسة مكارم للتعليم

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



### الفكرة الرئيسية

الموائع ليس لها شكل محدد وتتضمن السوائل والغازات والبلازما.

#### الأسئلة الرئيسية

- 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

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

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 طائرة، فإنك قد تشعر بطقطة في أذنيك. أذناك تلتصقان للمساعدة في تحقيق الاتزان بين الضغط خارج وداخل أذنيك.

## الفيزياء في حياتك

### السوائل والغازات

الماء والهواء هما المادتان الأكثر شيوعًا في حياة الناس اليومية. نحن نشعر بتأثيرهما عندما نشرب، نستحم، نحرق مع كل نفس نتنفسه. على الرغم من أنك 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، سنتعلم المبادئ التي تشرح كيف تستجيب الغازات والسوائل للتغيرات 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، هذه القطع 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؟



## الضغط

عند التمعّن في الموائع (والمواد الصلبة أيضًا)، من المفيد أحيانًا أن نذكر بالضغط والقوة. وربما 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 المبدولة 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  $1 \text{ N/m}^2$ . الباسكال الواحد هو كمية صغيرة جدًا من الضغط وتساوي ضغط ورقة 10 دراهم المسطحة على سطح الطاولة. وهكذا فإن الكيلو باسكال (kPa)، المساوية  $1000 \text{ Pa}$ ، هي الوحدة المستخدمة عادةً. الجدول 1 يظهر الضغط في مواقع متعددة.

الجدول 1 بعض الضغوط النمطية

الضغط (kPa)	الموقع
$4 \times 10^8$	مركز الأرض
$1.1 \times 10^5$	أعمق نقطة تحت سطح المحيط
$1.01325 \times 10^2$	الضغط الجوي القياسي
$1.6 \times 10^1$	ضغط الدم
$3 \times 10^1$	ضغط الهواء على قمة إيفرست
$1 \times 10^{-10}$	أفضل مكنسة كهربائية

الشكل 2 مركبة الهبوط ورائد الفضاء كلاهما يشكلان ضغطًا على سطح القمر. **احسب** إذا كانت المركبة القمرية تزن تقريبًا  $12,000 \text{ N}$  وكانت موضوعة على أربع لهادات قطر كل منها  $91 \text{ cm}$ ، ما هو الضغط الذي تشكله على سطح القمر؟ كيف يمكنك تقدير الضغط الذي يشكله رائد الفضاء؟

**المواد الصلبة، المواد السائلة والضغط** تخيل أنك تقف على سطح بحيرة مسطحة. القوة التي تبتليها 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 فيتكسر 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.

وفقاً لنظرية الحركة الجزيئية، الجسيمات في الغاز تكون في حركة عشوائية بسرعات كبيرة تصطدم بمرور 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  $1 \text{ cm}^2$  من المساحة. تكون قوى الضغط الجوي متوازنة مع قوى جسيم المتجهة نحو الخارج. قد تصبح مدرجاً لهذا الضغط فقط عندما تطبق أدناك كنتيجة لتغيرات الضغط، عندما تصعد في مصعد إلى أعلى بناء عال أو تطير في طائرة. الضغط الجوي يساوي حوالي 10 N لكل  $1 \text{ cm}^2$  ( $10^{-4} \text{ m}^2$ ) وهذا يعادل حوالي  $1.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  أو 100 kPa. الكواكب الأخرى في نظامنا الشمسي تملك أيضًا أغلفة جوية تفرض ضغطاً، على سبيل المثال، الضغط على سطح الزهرة أكبر من الضغط على سطح الأرض 92 مرة تقريباً.

## مثال 1

**حساب الضغط** وزن طفل 364 N ويجلس على كرسي من ثلاثة أرجل وزنه 41 N. تبلغ المساحة الكلية التي تشكلها أرجل الكرسي مع الأرض  $19.3 \text{ cm}^2$ .  
**a.** ما متوسط ضغط الطفل والكرسي على الأرض؟  
**b.** كيف يتغير الضغط عندما يتكئ الطفل بحيث تلمس رجلان فقط للكرسي الأرض؟

### تحليل المسألة

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



#### مجهول

$$P_a = ?$$

$$P_b = ?$$

#### معلوم

$$F_{\text{الطفل}} = 364 \text{ N} \quad A_a = 19.3 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{الكرسي}} = 41 \text{ N} \quad A_b = \frac{2}{3} \times 19.3 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{إجمالي}} = F_{\text{الطفل}} + F_{\text{الكرسي}} = 12.9 \text{ cm}^2$$

$$= 364 \text{ N} + 41 \text{ N}$$

$$= 405 \text{ N}$$

### حساب المجهول

اكتشف كل ضغط.

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

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

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

$$= 2.10 \times 10^2 \text{ kPa}$$

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

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

$$= 3.14 \times 10^2 \text{ kPa}$$

### تقييم الإجابة

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

1. الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  تقريبًا. ما القوة التي يؤثر بها الهواء عند مستوى سطح البحر على سطح مكتب طوله  $152 \text{ cm}$  وعرضه  $91 \text{ cm}$ ؟
2. يلامس إطار سيارة الأرض على مساحة مستطيلة تبلغ  $12 \text{ cm}$  عرضًا و  $18 \text{ cm}$  طولًا. إذا كانت كتلة السيارة  $925 \text{ kg}$  ما مقدار الضغط الذي تؤثر به السيارة على الأرض عندما تستقر على أربعة إطارات؟
3. قالب من الرصاص أبعاده  $5.0 \text{ cm} \times 10.0 \text{ cm} \times 20.0 \text{ cm}$  يستقر على الأرض على الجانب الأصغر. كثافة الرصاص تساوي  $11.8 \text{ g/cm}^3$ . 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  $195 \text{ cm}$  وعرضه  $91 \text{ cm}$  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  $454 \text{ kg}$  على الأرض التي يُقدَّر بأنها تتحمل ضغطًا إضافيًا يبلغ  $5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ . ما مساحة صفيحة الدعم الفولاذية؟

## قوانين الغاز

تأمل حاوية من الغاز يتم حفظها في درجة حرارة معينة. إذا قيمت بتصغير الحجم، ما الذي قد يحصل لضغط الغاز؟ سيكون هناك تصادمات أكثر بين جدران الحاوية وبذلك سيزداد الضغط. وبشكل مماثل، إذا قيمت 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. لأن حاصل ضرب المتغيرات المتناسبة ببعضها عكسيًا عبارة عن ثابت، فإن قانون بويل يمكن كتابته كالتالي

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

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  $-273^\circ\text{C}$  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  $\frac{V}{T} = \text{ثابت}$  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

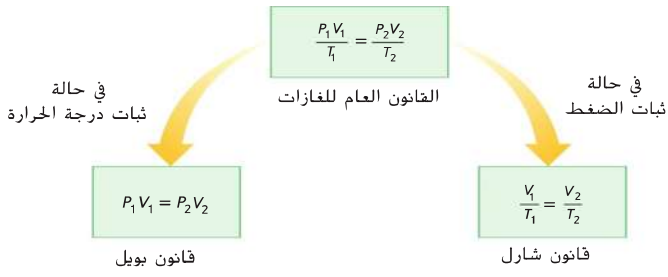
$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \text{ثابت}$$

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



**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.

**أشرح** ماذا يحدث إذا بقي الحجم ثابتاً؟



كما هو موضح في **الشكل 4**، القانون العام للغازات يُختزل لقانون بويل عند ثبات درجة الحرارة و يُختزل أيضاً 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  $1.38 \times 10^{-23} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{K}$ . في أي استخدام عملي، فإن عدد الجسيمات ( $N$ ) يكون كبيراً جداً. بدلاً من استخدام  $N$ ، يستخدم العلماء غالباً وحدة تسمى المول. المول الواحد (ويعرف اختصاراً باسم mol) يماثل الذريرة الواحدة، فيما عدا أنه وبدلاً من تمثيل 12 عنصراً، فإن المول الواحد يمثل  $6.022 \times 10^{23}$  جسيماً، 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 اختصاراً باسم  $R$  وقيمته  $8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{mol} \cdot \text{K})$ . وبإعادة الترتيب، يمكنك كتابة قانون الغاز المثالي بأكثر الصيغ شيوعاً. **قانون الغاز المثالي** ينص على أنه بالنسبة للغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه يساوي عدد المولات مضروباً في الثابت  $R$  ودرجة حرارته بالكلفن.

#### قانون الغاز المثالي

بالنسبة للغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه يساوي عدد المولات مضروباً 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.

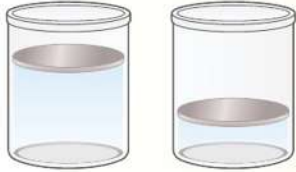
## تجربة مصغرة

### الضغط

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

**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.

- ما الحجم الجديد لعينة الأرجون؟
- أوجد عدد مولات ذرات الأرجون في العينة.
- أوجد كتلة عينة الأرجون. الكتلة المولية ( $M$ ) للأرجون هي 39.9 g/mol.



$$T_1 = 273 \text{ K}$$

$$P_1 = 101.3 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 20.0 \text{ L}$$

$$T_2 = 120 \text{ K}$$

$$P_2 = 145 \text{ kPa}$$

$$V_2 = ?$$

**مجهول**

$$V_2 = ?$$

$$= ? \text{ عدد مولات الأرجون}$$

$$= ? \text{ كتلة عينة الأرجون}$$

**معلوم**

$$V_1 = 20.0 \text{ L}$$

$$P_1 = 101.3 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 273 \text{ K}$$

$$P_2 = 145 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 120 \text{ K}$$

$$R = 8.31 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$M_{\text{الأرجون}} = 39.9 \text{ g/mol}$$

**تحليل المسألة**

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

**حساب المجهول**

a. استخدم القانون العام للغازات وأوجد قيمة  $V_2$ .

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

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

عوض  $P_1 = 101.3 \text{ kPa}$ ,  $P_2 = 145 \text{ kPa}$ ,  $V_1 = 20.0 \text{ L}$ ,  $T_1 = 273 \text{ K}$ ,  $T_2 = 120 \text{ K}$ .

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

$$= 6.1 \text{ L}$$

b. استخدم قانون الغاز المثالي وأوجد  $n$ .

$$PV = nRT$$

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

عوض  $P = 101.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ ,  $V = 0.0200 \text{ m}^3$ ,  $R = 8.31 \text{ m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ,  $T = 273 \text{ K}$ .

$$= \frac{(101.3 \times 10^3 \text{ Pa})(0.0200 \text{ m}^3)}{(8.31 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K}))(273 \text{ K})}$$

$$= 0.893 \text{ mol}$$

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

$$m = Mn$$

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

$$= 35.6 \text{ g}$$

**تقييم الإجابة**

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

8. وعاء فيه 200.0 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة  $0.0^{\circ}\text{C}$  وضغط  $156\text{ kPa}$ . عند رفع درجة الحرارة إلى  $95^{\circ}\text{C}$  وخفض الحجم إلى 175 L، ما الضغط الجديد للغاز؟
9. تحدي متوسط الكتلة المولية لمكونات الهواء (غاز النيتروجين وغاز الأكسجين في الأساس) حوالي  $29\text{ g/mol}$ . ما حجم  $1.0\text{ kg}$  من الهواء عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة  $20.0^{\circ}\text{C}$ ؟

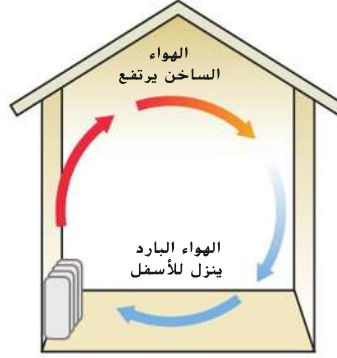
6. خزان من غاز الهيليوم يستخدم لتفخ بالونات اللعب لضغطه  $1.55 \times 10^7\text{ Pa}$  ودرجة حرارته  $293\text{ K}$ . فإذا كان حجم الخزان  $0.020\text{ m}^3$ ، ما حجم البالون الذي قد تملؤه عند  $1.00$  ضغط جوي و  $323\text{ K}$ ؟
7. ما كتلة غاز الهيليوم في المسألة السابقة؟ مع العلم أن الكتلة المولية لغاز الهيليوم  $4.00\text{ g/mol}$ .

## 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 الأثقل والأبرد الموجود بجانب السقف إلى أسفل. وهكذا يتم تسخين الهواء البارد من قبل جهاز التدفئة ويستمر الهواء بالدوران. هذه الحركة الدورانية للهواء داخل الغرفة يدعى 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 والأثقل يغوص إلى الأسفل حيث يتم تسخينه ومن ثم رفعه إلى الأعلى بالتدفق المستمر 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 وتتعد عن بعضها. فتزداد الفراغات بين المجموعات، وكننتيجة 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 ويبسط 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  $0^{\circ}\text{C}$  إلى  $4^{\circ}\text{C}$ ، بدلاً 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  $4^{\circ}\text{C}$ . إلا أنه وعندما ترتفع درجة الحرارة إلى أعلى من  $4^{\circ}\text{C}$ ، فإن حجمها يتزايد بسبب حركة الجزيئات الأكبر. النتيجة العملية هي أن الماء يكون أكثر كثافة عند الدرجة  $4^{\circ}\text{C}$  وحينها يطفو الجليد. هذه الميزة الفريدة لدى الماء هامة جدًا لحياتنا والبيئة. لو أن الجليد يغوص، فإن البحيرات ستجمد في الأسفل كل شتاء والكثير منها لن ينصهر أبدًا في الصيف.





**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 الإلكترونات. 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 الموجودة في **الشكل 6**، تحوي البلازما. المصابيح الفلورية التي تضيء مدرستك تحتوي أيضًا على البلازما.

## القسم 1 مراجعة

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

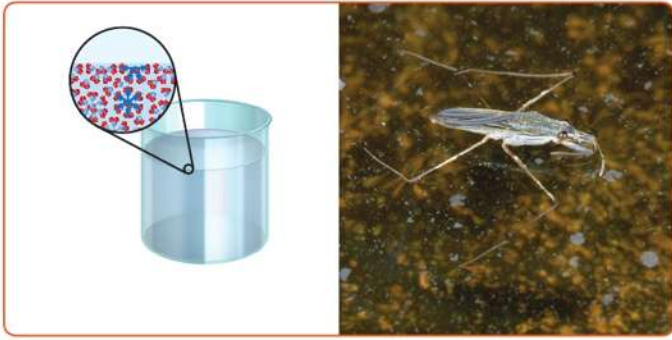
خلال التمارين أو في يوم حار، يتعرق جسمك لتبريد نفسه. يتبخر العرق عن سطح جلدك، الجسيمات التي تمتلك طاقة حركية أعلى من المعدل تهرب من العرق السائل. يتناقص معدل الطاقة الحركية للجسيمات الباقية والذي يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة.

## الفيزياء في حياتك

### 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 متساو 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 وهي قوية بشكل كافٍ لتحمل وزن الأجسام الخفيفة جدًا، مثل يعسوب الماء. من الممكن أن تكون قد رأيت قطرات الماء تسبح على سيارة مغطسولة ومشعة حديثًا. لماذا تتشكل هذه القطرات الكروية؟ تتسبب القوة التي تسحب جسيمات السطح لسائل في جعل السطح صفيحًا 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 قطرة الماء من على سطح أملس.

**الشكل 7** يتحرك يعسوب الماء لأن الجزيئات الموجودة على السطح تتعرض إلى محصلة قوى انجذابها إلى أسفل، أما تحت السطح فيتعرض كل جزيء من السائل للنجذب بشكل متساوي في كافة الإتجاهات.



### الفكرة الرئيسية

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

### الأسئلة الرئيسية

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

### مراجعة المفردات

**محصلة القوى net force** هي مجموع جميع القوى على جسم ما

### مفردات جديدة

**قوى التماسك cohesive forces**  
**قوى التلاصق adhesive forces**

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

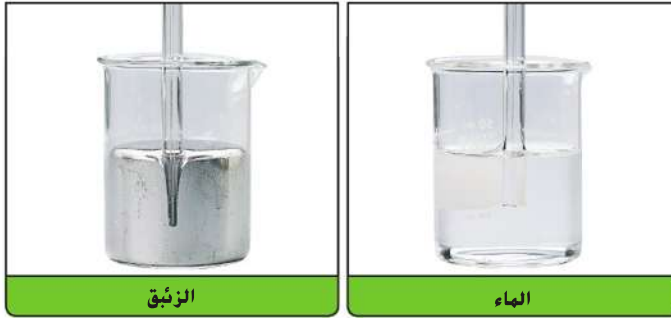
## قوى التلاصق

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 الارتفاع 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 الخاصة الشعرية، وهي تسبب ارتفاع الشمع المنصهر في فتيل الشمعة وحركة الماء خلال التربة وإلى داخل جذور النباتات.

## التبخّر 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 بالتبخّر.



## 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** بسبب 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.



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

## مختبر الفيزياء

### التبريد بالتبخير

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

## القسم 2 مراجعة

18. **الحكمة 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. **الطنش** كيف يمكنك أن توضح بأن ما حصل للمشبك ليس طنشاً؟

**التبريد بالتبخير** للتبخير 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 سابقاً، 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 دفئاً 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 مسبقاً، تصبح جزيئات الماء الناتجة عن عملية التعرق أقل عرضة للتبخير وبما أن التبخر هو آلية التبريد الأساسية للجسم، لذلك يكون الجسم غير قادر على تبريد نفسه في الأيام الرطبة.

✓ **التأكد من فهم النص** فسّر لماذا يكون للتبخير تأثير تبريدي.

**التكاثف** جسيمات السائل التي تبخرت إلى الهواء يمكن أيضاً 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 يغطي 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، أي الماء على شكل غاز. إذا انخفضت درجة الحرارة، يتكاثف بخار الماء حول جسيمات الغبار الصغيرة في الهواء وينتج قطرات قطرها  $0.01 \text{ mm}$  فقط. تتشكل سحابة من هذه القطرات على سطح الأرض تسمى الضباب. يتشكل الضباب غالباً عندما يتم تبريد الهواء الرطب بالأرض الباردة. يحصل الضباب أيضاً 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.

21. **التلاصق والتماسك** باستخدام مصطلحي التلاصق والتماسك فسّر سبب التصاق الكحول على سطح الزجاج وعدم التصاق الزئبق.
22. **التبخير 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. **التنكير الناقد** في يوم حار ذو رطوبة عالية، جلست رنا خارجاً ومعها كوب من الماء البارد. لاحظت صديقتها سالي بأن الجدار الخارجي للكأس كان مغطى بالماء فافترحت بأن الماء قد تسرب عبر الزجاج. قم بعمل تجربة لرنا لتوضح لسالي من أين أتى الماء.

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

## الفيزياء في حياتك

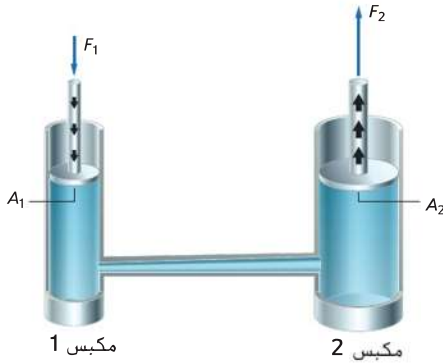
### الموائع في السكون

إن سيق وغطست عميقاً في حوض سباحة أو بحيرة، شعرت على الأعلب بضغط على أذنيك. قد تكون لاحظت أن الضغط الذي شعرت به لا يعتمد على وضعية رأسك فيما إذا كان مائلاً أو مستقيماً، لكن إن سبحت لعيق 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 كاملاً 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 ( $F_1$ ) مبدولاً على المكبس الأول وكانت مساحة سطح  $A_1$ ، فإن الضغط ( $P_1$ ) المبدول على المائع هو  $P_1 = \frac{F_1}{A_1}$ . الضغط المبدول بواسطة المائع على المكبس الثاني والذي والمساحة سطحه  $A_2$  تكون  $P_2 = \frac{F_2}{A_2}$ .

**الشكل 10** حيث أن  $F_1$  يبذل ضغطاً على المكبس الصغير (المكبس 1). فإن الضغط ينتقل عبر المائع. وكنتيجه 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.



### الفكرة الرئيسية

المساعد الهيدروليكية والأجسام الطافية تعتمد على القوى المبدولة من الموائع.

### الأسئلة الرئيسية

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

### مراجعة المفردات

**الضغط pressure** هو القوة المؤثرة عمودياً على سطح ما مقسوماً على مساحة ذلك السطح

### المفردات الجديدة

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

## تطبيق

24. كرسي طبيب الأسنان هو مثال عن نظام الرفع الهيدروليكي. إذا كان وزن الكرسي 1600 N ويستقر على مكبس مساحة مقطعه العرضي مقداره  $1440 \text{ cm}^2$ . فما مقدار القوة اللازم بذلها على المكبس الأصغر. مساحة مقطعه العرضي مقدارها  $72 \text{ cm}^2$ . لرفع الكرسي؟
25. فني ميكانيكي يبذل قوة مقدارها 55 N على مكبس هيدروليكي مساحة مقطعه العرضي  $0.015 \text{ m}^2$  لرفع سيارة صغيرة. فإذا كانت مساحة المقطع العرضي للمكبس الذي تستقر عليه السيارة مقدارها  $2.4 \text{ m}^2$ . ما وزن السيارة؟
26. تحدي عن طريق مضاعفة القوة. فإن النظام الهيدروليكي يؤدي نفس الهدف الذي تقوم به الرافعة أو الأزوجة. إذا وقف طفل يزن 400 N على مكبس موازن من قبل شخص بالغ يزن 1100 N ويقف على مكبس آخر، ما النسبة بين مساحتي المكبسين؟

## مختبر الفيزياء

تحت الضغط  
ما الذي يسبب ألم الأذنين للغطاس؟

الشكل 11 يتم بناء الفواصات لتحتمل ضغط الماء.



272 الوحدة 10 • حالات المادة

طبيعاً 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 مضروباً 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 ( $F_g$ ) مقسوماً 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 آنفاً، فإن ضغط الماء  $P = \frac{F_g}{A}$ .

وزن عمود من المائع  $F_g = mg$  والكتلة تساوي الكثافة ( $\rho$ ) للمائع مضروبة في حجمه،  $m = \rho V$ . كما تعلم أيضاً بأن حجم المائع هو مساحة القاعدة للعمود مضروبة بارتفاعه،  $V = Ah$ . لذلك،  $F_g = \rho Ahg$ . تعويض  $\rho Ahg$  بدلاً 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.

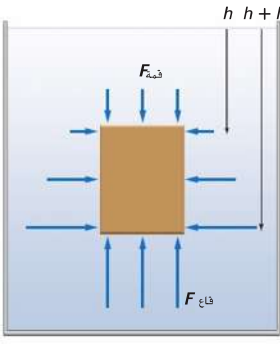
### ضغط المائع على الجسم

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 الفواصات أعمق أخاديد المحيط وواجهت ضغوط تزيد عن الضغط الجوي القياسي بـ 1000 مرة.

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



**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.

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 سيقف أو سيطفو. لنفترض أن صندوقاً ارتفاعه  $l$  ومساحة سطحه العلوي والسفلي  $A$  غمر في الماء. فيكون حجم الصندوق  $V = lA$ . قوى ضغط الماء ممارسة على كافة الجوانب، كما يظهر في **الشكل 12**. هل سيقف 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 تبعاً لضغط المائع. قارن بين المعادلتين الآتيتين:

$$F_{\text{أعلى}} = P_{\text{أعلى}} A = \rho h g A$$

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

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.

$$F_{\text{طفو}} = F_{\text{أسفل}} - F_{\text{أعلى}}$$

$$= \rho (l + h) g A - \rho h g A$$

$$= \rho l g A = \rho V g$$

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

### قوة الطفو

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

$$F_{\text{الطفوية}} = \rho_{\text{المائع}} V g$$

**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 كلياً أو جزئياً 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.

## مختبر الفيزياء

قوة الطفو للماء  
لماذا نشعر بأن الحجر أخف في  
الماء؟

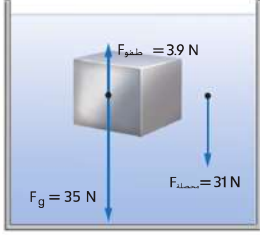
**يفوص أو يطفو؟** إن كنت ترغب في معرفة فيما إذا كان جسم ما سيفوص أو وسيطفو، عليك أن تأخذ في الحسبان جميع القوى التي تؤثر على الجسم. تدفع قوة الطفو إلى الأعلى، لكن وزن الجسم يسحبه نحو الأسفل. يحدد الفرق بين قوة الطفو ووزن الجسم فيما إذا كان الجسم سيفوص أو سيطفو.  
افتراض أنك تغمر ثلاثة أجسام في خزان من الماء ( $\rho_{\text{ماء}} = 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ).  
حجم كل جسم  $400 \text{ cm}^3$  أو  $4.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ . الجسم الأول هو قالب من الفولاذ كتلته  $3.60 \text{ kg}$ . الثاني هو عبوة صودا كتلتها  $0.40 \text{ kg}$ . الجسم الثالث هو مكعب من الجليد كتلته  $0.36 \text{ kg}$ . كيف سيتحرك كل جسم عند غمره في الماء وتركه؟ بما أن كل جسم من الأجسام لديه الحجم نفسه، فإنه سيترشح 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.

$$\begin{aligned} F_{\text{طفو}} &= \rho_{\text{ماء}} V g \\ &= (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(4.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3)(9.8 \text{ N/kg}) \\ &= 3.9 \text{ N} \end{aligned}$$

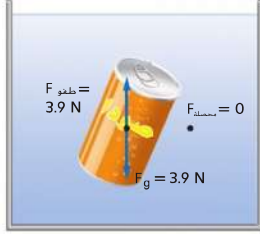
**الشكل 13** تؤخذ جميع القوى المؤثرة على جسم ما بعين الاعتبار عندما يراد تحديد فيما إذا كان الجسم سيفوص أم سيطفو.

**قم بوصف الظروف** التي سيطفو الجسم فيها.

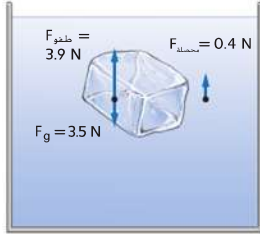
### ■ قوة الطفو



**الفوص** يبلغ وزن قالب الفولاذ  $35 \text{ N}$  وهو أكبر من قوة الطفو يوجد محصلة قوة محصلة متجهة نحو الأسفل، لذلك سيفوص القالب. محصلة القوة المتجهة نحو الأسفل أقل من وزن الجسم الحقيقي. جميع الأجسام في السائل، حتى التي تفوص، لها قوة محصلة (الوزن الظاهري) أقل من القوة المحصلة عندما يكون الجسم في الهواء



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

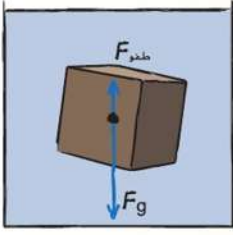


**الطفو** يبلغ وزن مكعب الجليد  $3.5 \text{ N}$  وهو أقل من قوة الطفو. لذلك سيتأثر المكعب بقوة محصلة للأعلى وسيترفع مكعب الجليد. سيطفو الجسم إذا كانت كثافته أقل من كثافة المائع الذي يوضع فيه.

ملاحظة: متجهات القوة ليست مرسومة وفق مقياس رسم.



مبدأ أرخميدس حجر بناء من الجرانيت مكعب الشكل حجمه  $(1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3)$  مغمور في الماء. كثافة الجرانيت هي  $2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .  
 a. ما مقدار قوة الطفو المؤثرة على الحجر؟  
 b. ما القوة المحصلة أو الوزن الظاهري للحجر؟



### تحليل المسألة

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

المجهول	المعلوم
$F_{\text{طفو}} = ?$	$V = 1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
$F_{\text{محصلة}} = ?$	$\rho_{\text{الجرانيت}} = 2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
	$\rho_{\text{الماء}} = 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

### حساب المجهول

a. احسب قوة الطفو المؤثرة على حجر الجرانيت.

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} V g$$

$$= (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3)(9.8 \text{ N/kg})$$

$$= 9.8 \text{ N}$$

عوض  $\rho_{\text{الماء}} = 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  
 $V = 1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $g = 9.8 \text{ N/kg}$ .

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

$$F_g = mg = \rho_{\text{الجرانيت}} V g$$

$$= (2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3)(9.8 \text{ N/kg})$$

$$= 26.5 \text{ N}$$

عوض  $\rho_{\text{الجرانيت}} = 2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  
 $V = 1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $g = 9.8 \text{ N/kg}$ .

$$F_{\text{محصلة}} = F_g - F_{\text{الطفو}}$$

$$= 26.5 \text{ N} - 9.8 \text{ N}$$

$$= 16.7 \text{ N}$$

عوض  $F_g = 26.5 \text{ N}$ ,  $F_{\text{الطفو}} = 9.8 \text{ N}$ .

### 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

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

31. تحدي تحتوي الزوارق غالباً على قوالب من الغلين (البلاستيك الرغوي) للطفو أسفل المقاعد لكي تطفو في حالة امتلاء الزورق بالمياه. ما أقل حجم تقريبي من القوالب نحتاجه لطفو زورق يزن  $480 \text{ N}$ ؟

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

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

29. ما مقدار قوة الشد في سلك مثبت بكاميرا تزن  $1250 \text{ N}$  مغمورة بالماء؟ حجم الكاميرا  $1.65 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ .

## 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 ألومنيوم مطوية. يجب أن يطفو القارب بسهولة. أضف حمولة مثل مشايك الورق أو بعض الدراهم ستجد أن جزء أكبر منه ينغمر في الماء. جعد الرقاقة لكرة صغيرة سوف تفوص 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 تفوص.

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 تفوص أو ترتفع. تستخدم الأسماك التي تمتلك مئانات هوائية مبدأ أرخميدس أيضًا للتحكم في عمقها. للتحرك إلى الأعلى في الماء، تقوم الأسماك بتوسيع المئانة الهوائية من خلال ملئها بالغاز لإزاحة المزيد من الماء لزيادة قوة الطفو. تتحرك الأسماك نحو الأسفل من خلال تقليص حجم المئانات الهوائية.

### مبدأ بيرنولي

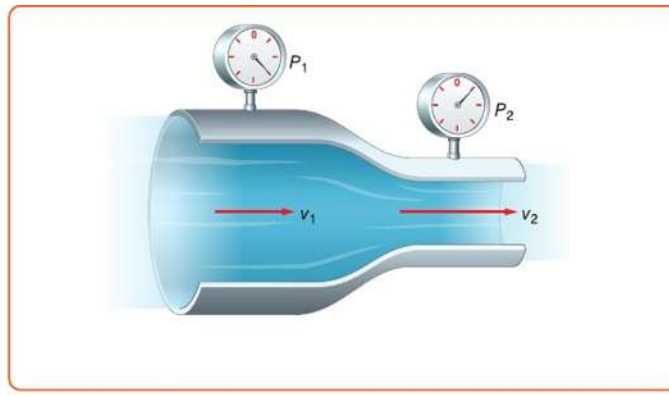
ادرس تدفق الماء من الخرطوم في الشكل 14. في الصورة في الأعلى، يتدفق الماء من الخرطوم دون عوائق. في الصورة في الأسفل، تم تضيق فتحة الخرطوم من قبل إبهام شخص وضعه فوقه. لاحظ أن تيار الماء في الأسفل يختلف عنه في الأعلى. سرعة تيار الماء في الصورة السفلى أكبر مقارنة بسرعته في الصورة العليا. ما لا يمكن رؤيته في الصور تناقص الضغط الممارس من قبل الماء في الصورة السفلية. تسمى العلاقة بين السرعة والضغط الممارس من قبل مائع متحرك نسبة للعالم السويسري دانييل 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 عبر تضيق فتحة الخرطوم بمجرد خروج الماء منه. بتزايد سرعة الماء، يتناقص الضغط الذي تمارسه.



**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  $P_1$ ).

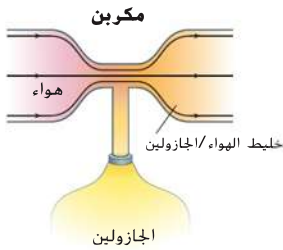


اعتبر أنبوب أفقي ممتلئ تمامًا بمائع مثالي يتدفق بسهولة. إن دخلت كتلة معينة من المائع من إحدى نهايتي الأنبوب، إذًا يجب أن تخرج كتلة مساوية من النهاية الأخرى. ما الذي سيحدث إن أصبح المقطع العرضي أضيق، كما يظهر في **الشكل 15**؟ للحفاظ على نفس كتلة المائع المتحركة عبر القطاع الضيق خلال مدة ثابتة من الزمن، فإن سرعة المائع في الأنبوب يجب أن تزداد. بزيادة سرعة المائع، تزداد الطاقة الحركية. يكون هناك محصلة شغل بذلت على المائع سريع 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** صف العلاقة بين سرعة المائع والضغط الذي يبذله طبعًا 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 بخراطوم. 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 (الهاج) في محركات الجازولين حيث يقوم بمزج الهواء والجازولين، تطبيق شائع آخر لمبدأ بيرنولي. جزء من المكربن عبارة عن أنبوب فيه اختناق، كما هو موضح 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، الموصول 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.



**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.

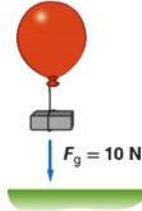
**خطوط الجريان** بنفق مصنعو السيارات والطائرات مقدارًا كبيرًا من الوقت والمال في اختبار تصميمات جديدة في أنفاق الرياح لضمان تحقيق أكبر قدر ممكن من فعالية الحركة في الهواء. تدفق الموائع حول الأجسام تمثله **خطوط الجريان**. كما هو موضح في **الشكل 17**. تحتاج الأجسام لطاقة أقل للتحرك عبر تدفق خطوط جريان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

يمكن إظهار خطوط الجريان بأفضل طريقة من خلال برهان بسيط. تخيل إسقاط قطرات صغيرة من الملونات الغذائية إلى مانع 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 الرئيسية** تحتوي كل عيوات الصودا على نفس الحجم من السائل. 354 mL وتوزيع نفس الحجم من الماء، ماذا يمكن أن يكون الاختلاف بين العبوة التي تفوض 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  $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ . فما مقدار القوة الإضافية المستقلة لمساحة مقدارها  $4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  في أنبوب الإطلاق؟



**الشكل 18**

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

278 الوحدة 10 • حالات المادة

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

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

- a. ما مقدار الضغط في الأسطوانة الهيدروليكية؟  
b. ينتج الضغط في أسطوانة الرفع بواسطة الدفع على أسطوانة مساحتها  $0.0082 \text{ m}^2$ . 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  $10 \text{ cm}^3$  أو قالب من الرصاص حجمه  $10 \text{ cm}^3$ .

**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؟



### الفكرة الرئيسية

تتمدد الأجسام الصلبة عادة بالحرارة.

### الأسئلة الرئيسية

- ما علاقة خصائص الجسم الصلب ببنية التركيبية؟
- لماذا تتمدد الأجسام الصلبة وتتكسح 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**

إذا لم تكن قادرًا على فتح دورق زجاجي بغطاء فلزي، فإن وضعه في الماء الدافئ في كثير من الأحيان 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؟

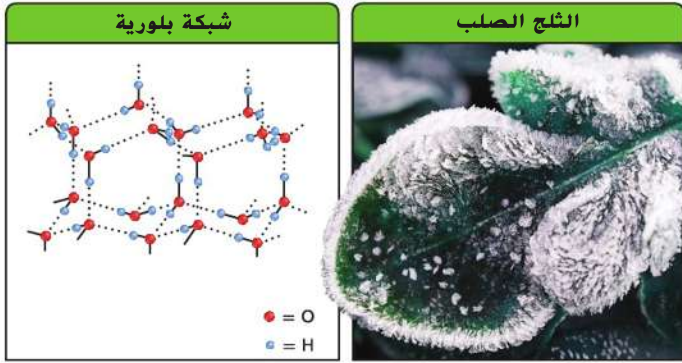
## الفيزياء في حياتك

### 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 تمر إصبعك من خلاله. وتحت ظروف معينة، لا يمكن التمييز بين المواد الصلبة والسائلة بسهولة. إذا قمت بتسخين قارورة من الزجاج لصرها، 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 تصبح 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 تثبت 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 محددين تدعى **المواد الصلبة غير البلورية**.

**الضغط والتجمد** عند تحول السائل إلى صلب، فإن جسيماتها تتقارب مع بعضها بشكل أكثر منه 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  $4^{\circ}\text{C}$  والماء أيضًا يعتبر استثناء من قاعدة عامة أخرى. بالنسبة لمعظم السوائل، زيادة الضغط على سطح السائل يزيد من درجة التجمد. ولأن الماء يتمدد عند تجمده فزيادة الضغط تعزز من تقارب الجسيمات وتقاوم التجمد. ولذلك فإن الضغط الأعلى يخفف 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.



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، والمعتمد أنها أكثر دفئاً 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 مسطحاً ويتم تشكيله كصفائح رقيقة، فإنه يوصف بأنه قابل للطرق. يعد النحاس فلزاً قابلاً للسحب كونه يمكن سحبه إلى خيوط رقيقة من الأسلاك.

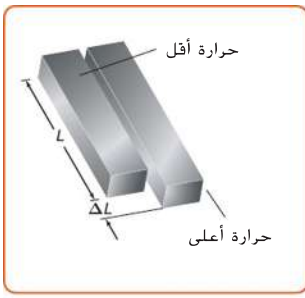
## التهدد الحراري للمواد الصلبة

وجرت العادة بالنسبة للمهندسين تصميم فجوات صغيرة، تدعى مفاصل التمدد، في جسور الطريق السريع والخرساني للسماح للأجزاء بالتمدد الناتج عن حرارة الشمس. نظهر فيه مفاصل التمدد الشكل 20. تتعدد الأجسام بمقدار قليل عندما يتم تسخينها. ولكن ذلك المقدار الصغير من الممكن أن يكون عدة سنتيمترات في جسر يبلغ طوله 100 متراً. 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 لتعرض لأقل درجة محتملة من التمدد الحراري. مرايا التليسكوب الضخمة المصنوعة من السيراميك والبصمة لتتحمل بشكل أساسي التمدد الحراري.

لفهم عملية تمدد المواد الصلبة بالحرارة، تصور الجسم الصلب كمجموعة من الجسيمات المتصلة بنواضيم تمثل قوى التجاذب بين الجسيمات. عندما تقترب الجسيمات من بعضها بشكل كبير، فإن النواضيم 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 بين الجسيمات يزداد ويتمدد الجسم الصلب.

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

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



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

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  $20^\circ\text{C}$  أكثر منه عندما تزداد بمقدار  $10^\circ\text{C}$ . 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 الجسم الصلب بدرجة حرارة  $T_2$  يمكن إيجاده باستخدام العلاقة التالية حيث  $L_1$  هو الطول في درجة حرارة  $T_1$  و  $\alpha$  معامل التمدد الطولي

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

باستخدام الجبر يمكنك حل المعادلة بالنسبة للمعامل  $\alpha$ .

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

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

#### 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 ( $1/^\circ\text{C}$  أو  $^\circ\text{C}^{-1}$ ). **معامل التمدد الحجمي** مساوٍ للتغيير في الحجم مقسومًا على الحجم الأصلي والتغير في درجة الحرارة. معامل التمدد الحجمي ( $\beta$ ) 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.

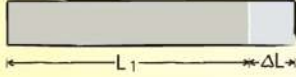
$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T}$$

وحدة  $\beta$  هو أيضًا  $1/^\circ\text{C}$  ( $^\circ\text{C}^{-1}$ ). يوضح **الجدول 2** معاملي التمدد الحراري الطولي والحجمي لمواد مختلفة.

الجدول 2 معامل التمدد الحراري بدرجة حرارة $20^\circ\text{C}$		
معامل التمدد الحجمي ( $^\circ\text{C}^{-1}$ ) $\beta$	معامل التمدد الطولي ( $^\circ\text{C}^{-1}$ ) $\alpha$	المادة
<b>المواد الصلبة</b>		
$6.9 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$	الألمنيوم
$2.7 \times 10^{-5}$	$9 \times 10^{-6}$	الزجاج (الناعم)
$9 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	الزجاج (المخصص ليدخل الفرن)
$3.6 \times 10^{-5}$	$1.2 \times 10^{-5}$	الأسمنت
$5.1 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$	النحاس
<b>السوائل</b>		
$1.2 \times 10^{-3}$		الميتانول
$9.5 \times 10^{-4}$		الجازولين
$2.1 \times 10^{-4}$		الماء

## 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؟



- قم بإنشاء رسم تخطيطي للتضيب الأطول بمقدار 1.7 mm عند 84°C أكثر من 21°C.
- حدد الطول الأصلي للتضيب ( $L_1$ ) والتغير في الطول ( $\Delta L$ ).

### تحليل المسألة

<b>مجهول</b>	<b>معلوم</b>
$\alpha = ?$	$L_1 = 1.60 \text{ m}$
	$\Delta L = 1.7 \times 10^{-3} \text{ m}$
	$T_1 = 21^\circ\text{C}$
	$T_2 = 84^\circ\text{C}$

### حساب المجهول

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

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} = \frac{1.7 \times 10^{-3} \text{ m}}{(1.60 \text{ m})(84^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C})} = 1.7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$\Delta L = 1.7 \times 10^{-3} \text{ m}$ ,  $L_1 = 1.60 \text{ m}$ ,  $\Delta T = (T_2 - T_1) = 84^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C}$  **عوض**

### تقييم الإجابة

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

## تطبيق

**41.** كأس من الزجاج سعته 400 mL في درجة حرارة الغرفة مليء باللحافة بماء بارد درجة حرارته  $4.4^\circ\text{C}$ . عندما يمدد الماء لدرجة  $30.0^\circ\text{C}$ . ما كمية الماء المتسكبة من الكأس؟

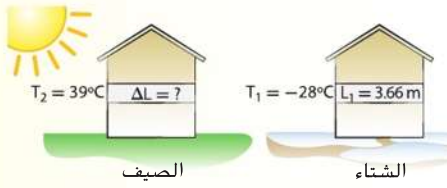
**42.** شاحنة صهريج محملة بـ 45,725 L من الجازولين حيث تكون درجة الحرارة  $28.0^\circ\text{C}$ . ستوصل الشاحنة حمولتها إلى مدينة حيث تكون درجة الحرارة فيها  $12.0^\circ\text{C}$ .

- كم لترا من الجازولين ستوصل الشاحنة؟
- ماذا حصل للجازولين؟

**43.** فتحة فطرها 0.85 cm تُثبت بلوح من الفولاذ. عند درجة حرارة  $30.0^\circ\text{C}$  تلامت الفتحة مع ساق من الألمنيوم له نفس الفطر. ما مقدار المسافة بين اللوح والساق عندما يتم تبريدهما لدرجة حرارة  $0.0^\circ\text{C}$ ؟

**44. تحدي** مسطرة فولاذية مدرجة بالمليمترات تقيس المسطرة بدقة عند درجة حرارة  $30.0^\circ\text{C}$ . ما النسبة المئوية للخطأ في قراءتها عند درجة حرارة  $-30.0^\circ\text{C}$ ؟

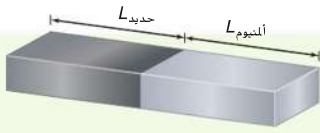
**39.** كساء خارجي من الألمنيوم لمنزل بطول 3.66 m في يوم شتوي بارد درجة الحرارة فيه  $-28^\circ\text{C}$ . كم سيؤيد طوله في يوم صيفي حار **الشكل 22**؟



الشكل 22

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





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؟

## تجربة مصغرة

### القضبان

هل تستطيع الحرارة تغيير شكل قرص ثنائي الفلز؟

**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 الأرضية 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. فمثلًا، 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 المفتاح، 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.

## القسم 4 مراجعة

**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.

**45. العكسة الرئيسة** في يوم حار، أنت تركب باب من الألمنيوم لباب إطاره من الحجر. تريد أن يكون الباب ملائمًا تمامًا 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 يزدادنا **الجدول 2** بطريقة للتمييز بين المواد الصلبة والسائلة؟



الشكل 23

**50. التنكير 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.

# 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 في 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 سيتولب تدريجيا بشكل أصغر ويبقى الدوران ثابتًا.

**أثنيها 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 انحنائها 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 المغذوقات، مثل البيسبول والهوكي والأفراس الطائرة في تصميمها لتنتقل وكيفية تأثير ذلك على الألعاب من حيث طريقة استخدامها.

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

### القسم 1 خصائص الموائع

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

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

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

- 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.

#### المفردات

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

### القسم 2 القوى داخل السوائل

**الفكرة الرئيسية** 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 أقوى من قوى التماسك بين جسيمات السائل.
- تتكون الفيوم عندما يبرد بخار الماء في الغلاف الجوي ويتكاثف مشكلاً قطرات حول جسيمات الغبار.

#### المفردات

- قوى التماسك
- قوى التلاصق

### القسم 3 الموائع عند حالات السكون والحركة

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

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

#### المفردات

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

### القسم 4 الأجسام الصلبة

**الفكرة الرئيسية** 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.

#### المفردات

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

## 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 حجماً معيناً. 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 0.85 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 تصاعدياً تبعاً للضغط، من الأصغر إلى الأكبر.

- A. 20 N تضغط على سطح مساحته  $0.35 \text{ m}^2$   
B. 20 N تضغط على سطح مساحته  $0.65 \text{ m}^2$   
C. 50 N تضغط على سطح مساحته  $0.05 \text{ m}^2$   
D. 50 N تضغط على سطح مساحته  $0.35 \text{ m}^2$   
E. 60 N تضغط على سطح مساحته  $0.55 \text{ m}^2$

57. كما هو موضح في الشكل 24، يتكون التيرمومتر ثابت الضغط من أسطوانة تحتوي على مكبس يتحرك بحرية 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  $0^\circ\text{C}$  كان ارتفاع المكبس 20 cm. كم سيكون ارتفاعه عندما تصبح درجة الحرارة  $100^\circ\text{C}$ ؟

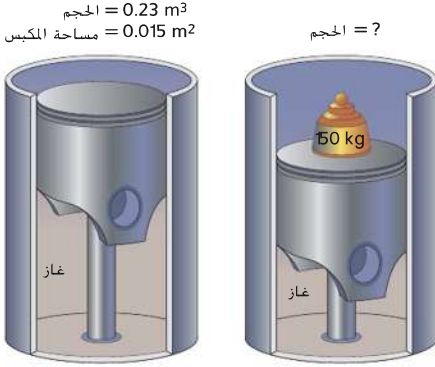


الشكل 24

58. المشروبات الغازية تُصنع المشروبات الغازية من ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ) المذاب في سائل. لتحضيره يلزم حوالي 8.0 L من غاز ثاني أكسيد الكربون عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة  $300.0 \text{ K}$  تذاب في زجاجة غازية (صودا) سعته 2.0 L. الكتلة المولية المولية لـ  $\text{CO}_2$  هي  $44 \text{ g/mol}$ .

- a. كم عدد المولات في ثاني أكسيد الكربون الموجود في زجاجة سعته 2 L ( $1 \text{ L} = 0.001 \text{ m}^3$ )؟  
b. ما كتلة ثاني أكسيد الكربون في زجاجة مياه غازية سعته 2 L؟

59. مكبس مساحته  $0.015 \text{ m}^2$  يحصر كمية ثابتة من الغاز في أسطوانة حجمها  $0.23 \text{ m}^3$ . إن الضغط الابتدائي للغاز يساوي  $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ . عند وضع جسم كتلته  $150 \text{ kg}$  على المكبس تحرك المكبس نحو الأسفل متخذاً موضعاً جديداً 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 ليستعمل عند ضغط معابر 30.0 psi (أي 30 رطل لكل بوصة مربعة). (رطل واحد لكل بوصة مربعة يساوي  $6.90 \times 10^3 \text{ Pa}$ ). إن مصطلح ضغط معابر يعني الضغط الأعلى من الضغط الجوي. وهكذا، فإن الضغط التعللي في الإطار هو

$$1.01 \times 10^5 \text{ Pa} + (30.0 \text{ psi})(6.90 \times 10^3 \text{ Pa/psi}) = 3.08 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Pa. عندما تتحرك السيارة، تزداد درجة الحرارة الإطار. ويزداد الحجم والضغط أيضاً. افترض أنك تملأ إطارات السيارات بالهواء للحجم  $0.55 \text{ m}^3$  عند درجة حرارة  $280 \text{ K}$ . وكان الضغط الابتدائي 30.0 psi ولكن تزداد درجة الحرارة أثناء القيادة إلى  $310 \text{ K}$  ويزداد حجم الإطار إلى  $0.58 \text{ m}^3$ .

- a. ما مقدار الضغط الجديد في الإطار؟  
b. ما الضغط المعابر الجديد؟

## القسم 2 القوى في الحالة السائلة

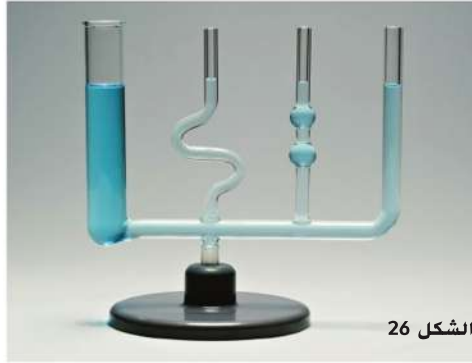
### إتقان المفاهيم

61. **البحيرات 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 الأنايبب المتوازنة في الشكل 26 عن الضغط الذي يولده السائل؟



الشكل 26

64. طبقاً 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 نيار 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 عمودياً على حامل أنابيب إختبار ويحتوي على 2.5 cm من النفط ( $\rho = 0.81 \text{ g/cm}^3$ ) 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 مصنوعاً من الذهب ( $\rho = 19.3 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$ ) أو الألمنيوم المطلي بالذهب ( $\rho = 2.7 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$ )؟

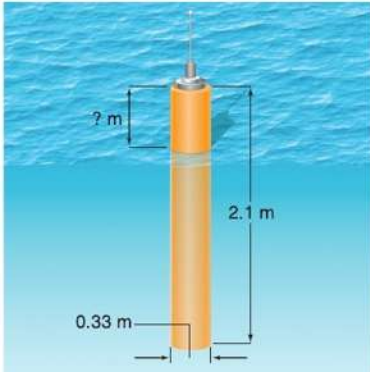
71. خلال تجربة خاصة بالبيئة وضع حوض سمك مملوء نصفه بالماء على ميزان. فكانت قراءة الميزان 195 N.

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

- b. أزيل الحجر من الحوض وتم ضغط 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 نهاياتها فوق الماء لتتدعم جهاز الإرسال اللاسلكي. على فرض أن كتلة الطوافة موزعة بالتساوي، ما مقدار ما سيظهر من الطوافة فوق خط الماء عندما تطفو؟



الشكل 27

85. خزان فولاذي مملوء بالميثانول قطره 2.000 m وارتفاعه 5.000 m. يبدو ممثلًا عند درجة حرارة  $10.0^{\circ}\text{C}$  إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى  $40.0^{\circ}\text{C}$  ما مقدار كمية الميثانول (بالتر) الذي سيتدفق خارج الخزان. علماً أن كلا من الخزان والميثانول سيتمددان؟

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

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

88. صفيحة من الحديد مربعة الشكل طول ضلعها 0.3300 m. تسخن من الدرجة  $0^{\circ}\text{C}$  إلى  $95^{\circ}\text{C}$ .

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

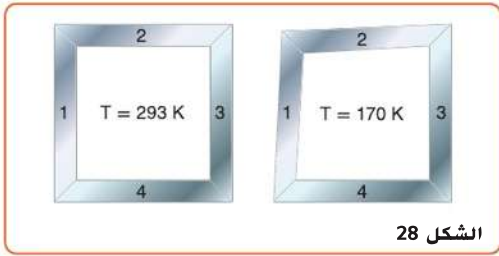
b. ما مقدار التغير الذي يطرأ على مساحة الصفيحة؟

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

a. ما حجمه عند الدرجة  $270.0\text{ K}$ ؟

b. كم سيصبح طول أحد جوانبه عند الدرجة  $270.0\text{ K}$ ؟

90. في مجال الصناعة يصنع خبير الميكانيكا جزءًا ميكانيكيًا مستطيل الشكل من أجل نظام مميز للبرادات من قطعتين مستطيلتين من الفولاذ وقطعتين مستطيلتين من الألمنيوم. عند درجة حرارة  $293\text{ K}$ . تكون القطعة مربعة تمامًا ولكن تصح القطعة مشوهة عند  $170\text{ K}$  كما في الشكل 28. أي القطع 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 مركبًا على الطاولة بسطحه الأصغر. هل الضغط على الطاولة زاد أم قل أم بقي ثابت؟

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

73. ما مقدار قوة الطغو المؤثرة على كرة وزنها  $26.0\text{ N}$  تطفو في المياه العذبة؟

74. ما مقدار الوزن الظاهري لصخرة مغمورة في الماء. إذا كان وزن الصخرة  $45\text{ N}$  في الهواء وحجمها  $2.1 \times 10^{-3}\text{ m}^3$ ؟

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

76. إذا كانت صخرة ترن  $54\text{ N}$  في الهواء وعند غمرها في سائل كثافته مثل كثافة الماء كان وزنها الظاهري  $46\text{ N}$  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  $0.975\text{ m}$  عند درجة حرارة  $45^{\circ}\text{C}$  وطوله  $0.972\text{ m}$  عند درجة حرارة  $23^{\circ}\text{C}$ . احسب معامل تمدده الطولي؟

80. يصمم مخترع تيرموميتر من شريط الألمنيوم بطول  $0.500\text{ m}$  عند درجة حرارة  $273\text{ K}$ . ويقيس درجة الحرارة عن طريق قياس طول شريط الألمنيوم. إذا أراد المخترع أن يقيس تغير في درجة الحرارة مقداره  $1.0\text{ K}$  كم بالضبط سيكون طول الشريط؟

81. الجسور جسر فولاذي يبلغ طوله  $300\text{ m}$  في يوم من شهر أغسطس بدرجة حرارة  $30^{\circ}\text{C}$  كم سيكون أطول مقارنة بليلة درجة الحرارة فيها  $-10^{\circ}\text{C}$  في شهر يناير؟

82. أنابيب نحاس طولها  $2.00\text{ m}$  ما مقدار التغير في طولها إذا تم رفع درجة الحرارة من  $23^{\circ}\text{C}$  إلى  $978^{\circ}\text{C}$ ؟

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

84. غالبًا ما يستخدم بناؤو الجسور مساميرًا حجمها أكبر من حجم الثقب الذي تدخل فيه عند صنع مفاصل التثبيت. يُبرد المسامير قبل وضعه في الثقب. افترض أن البناء قام بعمل ثقب قطره  $1.2230\text{ cm}$  لمسامير قطره  $1.2250\text{ cm}$ . لأي درجة حرارة يجب أن يبرد المسامير ليناسب الثقب، بدرجة حرارة  $20.0^{\circ}\text{C}$ ؟

98. تسخن كميات متساوية من الماء في أنبوبين متطابقين. إلا أن الأنبوب A مصنوع من الزجاج العادي والأنبوب B مصنوع من الزجاج المقاوم للحرارة. بازياد 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  $4.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  فقاعات من الهواء. ما حجم فقاعات الهواء قبل وصولها إلى سطح الماء مباشرة؟

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. العكرة الرئيسية يطفو شريط من الألمنيوم

في وعاء من الزيت. عندما ترتفع درجة الحرارة، هل يطفو الألمنيوم أعلى أم يفرق عميقًا في الزيت؟

104. يوجد 100.0 mL من الماء في كوب من الزجاج الناعم (العادي) سعته 800.0 mL عند درجة حرارة  $15.0^\circ\text{C}$ . كم سيرتفع مستوى الماء أو ينخفض عندما يتم تسخين الكوب والماء لدرجة  $50.0^\circ\text{C}$ ؟

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. لتفرض بأن قوة حاملة 3 أطنان  $3.0 \times 10^4 \text{ N}$ .

a. ما مقدار القوة التي يجب أن تبتذل 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؟

93. شحن البضائع هل نفوس سفينتان متماثلتان تمامًا إحداهما فارغة والأخرى مليئة بكرات تنس طاوله. هل نفوس الثانية في الماء لعمق أكبر 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. عللًا بأن كثافة الزئبق أكبر بمقدار 13.55 مرة من كثافة الماء.

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



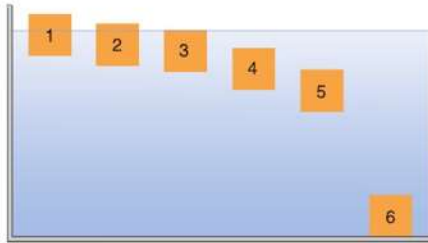
الشكل 29

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 كثافتها على النحو التالي:

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| a. $85 \text{ g/cm}^3$   | d. $1.15 \text{ g/cm}^3$ |
| b. $0.95 \text{ g/cm}^3$ | e. $1.25 \text{ g/cm}^3$ |
| c. $1.05 \text{ g/cm}^3$ |                          |

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



الشكل 30

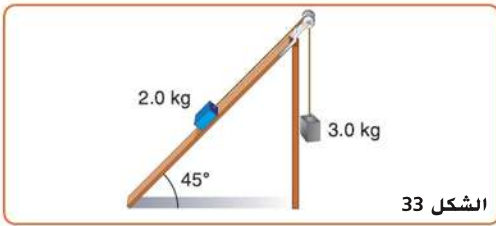
## التفكير الناقد

## الكتابة في الفيزياء

111. بعض المواد الصلبة تتمدد عندما يتم تبريدها. من الأمثلة الأكثر شيوعًا الماء بدرجة حرارة بين  $4^{\circ}\text{C}$  و  $0^{\circ}\text{C}$ . 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 بكره عديمة الاحتكاك وعديمة الكتلة إحداهما تقع على السطح المائل والأخرى معلقة على أعلى حافة السطح كما هو موضح في الشكل 33. كتلة الطوبية المعلقة  $3.0\text{ kg}$  والطوبية على السطح كتلتها  $2.0\text{ kg}$ . 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 الكتلتين؟



الشكل 33

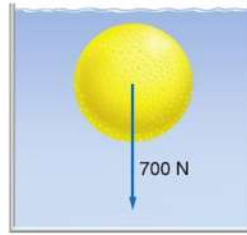
114. تحرك سيارة صغيرة كتلتها  $875\text{ kg}$  جنوبًا بسرعة  $15\text{ m/s}$ . تصدم بسيارة كتلتها  $1584\text{ kg}$  تنجّه شرقًا بسرعة  $12\text{ m/s}$ . التصقت السيارتان ببعضهما وتم حفظ الزخم.
- a. ارسم رسمًا تخطيطيًا للحالة معيّنًا محاور الأحداثيات ومحددًا الحالة "قبل التصادم" و "بعد التصادم".  
b. 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  $188\text{ W}$  يرفع حمولة بسرعة  $6.5\text{ cm/s}$ . ما مقدار أكبر حمولة يمكنه رفعها؟

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

108. حلّ 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 وبخيرة أو بركة سباحة؟ ما القياسات التي يحتاج الطبيب لتسجيلها لإيجاد معدل النسبة المئوية للدهون في جسم شخص ما؟

109. حل واستنتج يلزم قوة رأسية إلى أسفل مقدارها  $700\text{ N}$  لغمر كرة من البلاستيك الرغوي في الماء. كما هو موضح في الشكل 31. كثافة البلاستيك  $95\text{ kg/m}^3$ .

- a. ما النسبة المئوية للجزء المغمور من الكرة إذا تركت تطفو في الماء بحرية؟  
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؟ قسر إجابتك.



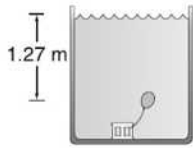
الشكل 32



6. ما قوة الطفو على جسم كتلته 17 kg ويزيح 85 L في الماء؟
- A.  $1.7 \times 10^2$  N      C.  $1.7 \times 10^5$  N  
B.  $8.3 \times 10^2$  N      D.  $8.3 \times 10^5$  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.

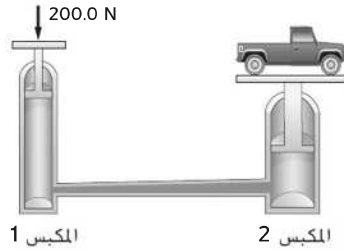
### أسئلة ذات إجابات مفتوحة

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؟



### 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  $0.080 \text{ m}^3$ . 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. طبقاً للشكل أدناه تطبق قوة مقدارها 200.0 N على المكبس الأول لرافعة هيدروليكية والتي تبلغ مساحتها  $5.4 \text{ cm}^2$ . ما مقدار الضغط المطبق على المائع الهيدروليكي؟
- A.  $3.7 \times 10^1$  Pa      C.  $3.7 \times 10^3$  Pa  
B.  $2.0 \times 10^3$  Pa      D.  $3.7 \times 10^5$  Pa



4. إذا بذل المكبس الثاني للرافعة في الشكل السابق قوة مقدارها 41,000 N. ما مساحة المكبس الثاني؟
- A.  $0.0049 \text{ m}^2$       C.  $0.11 \text{ m}^2$   
B.  $0.026 \text{ m}^2$       D.  $11 \text{ m}^2$
5. إذا كانت كثافة خشب شجر جوز الهند  $1.10 \text{ g/cm}^3$ . 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

## R-1 الجداول المرجعية

R-1	دليل الألوان
R-1	رموز دائرة كهربائية
R-2	الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات
R-2	الوحدات المشتقة في النظام الدولي للوحدات
R-2	تحويلات مفيدة
R-3	ثوابت فيزيائية
R-3	بادئات النظام الدولي للوحدات
R-3	عزم القصور الذاتي لأجسام مختلفة
R-4	كثافة بعض المواد الشائعة
R-4	درجات الانصهار والغليان لبعض المواد
R-4	الحرارة الكامنة للانصهار والتبخير لبعض العناصر الشائعة
R-5	معاملات التمدد الحراري عند $20^{\circ}\text{C}$
R-5	سرعة الصوت في أوساط متنوعة
R-5	الطول الموجي للضوء المرئي
R-5	ثابت العزل الكهربائي ( $20^{\circ}\text{C}$ ) K
R-6	الكواكب
R-6	القمر
R-6	الشمس
R-7	الجدول الدوري للعناصر
R-8	العناصر
R-9	رموز السلامة



دليل الألوان			
-	شحنة سالبة	→	متجه الإزاحة ( $x$ )
+	شحنة موجبة	→	متجه السرعة المتجهة ( $v$ )
→	اتجاه التيار	→	متجه التسارع ( $a$ )
●	إلكترون	→	متجه القوة ( $F$ )
●	بروتون	→	متجه كمية الحركة ( $p$ )
●	نيوترون	→	شعاع ضوء
↑	محاور الإحداثيات	↑	جسم
		↑	صورة
		→	خط المجال الكهربائي ( $E$ )
		→	خط المجال المغناطيسي ( $B$ )

رموز دائرة كهربائية			
موصل	مقاومة ثابتة	أرضي	بطارية
مفتاح	مجزئ الجهد (ريوستات)	مصباح	مولد تيار مباشر
منصهر	مستحث	فولتميتر	أميتر
مكثف			

الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات

اختصار الوحدة	الوحدة	الكمية
m	المتر	الطول
kg	الكيلوجرام	الكتلة
s	ثانية	الزمن
K	كلفن	درجة الحرارة
mol	المول	كمية المادة
A	أمبير	التيار الكهربائي
cd	الشمعة	شدة الإضاءة

الوحدات المشتقة في النظام الدولي للوحدات

الوحدة المشتقة	الوحدة	رمز الوحدة	الوحدة	الكمية
$m/s^2$	متر للثانية المربعة	$m/s^2$	التسارع	
$m^2$	متر مربع	$m^2$	المساحة	
$A^2 \cdot s^4 / (kg \cdot m^2)$	فاراد	F	السعة	
$kg/m^3$	كيلوجرام للمتر المكعب	$kg/m^3$	الكثافة	
A·s	كولوم	C	شحنة كهربائية	
V/m	نيوتن للكولوم	N/C	المجال الكهربائي	
V/A	أوم	$\Omega$	المقاومة الكهربائية	
$kg \cdot m^2 / (A^2 \cdot s^3)$	فولت	V	القوة الدافعة الكهربائية (EMF)	
N·m	الجول	J	الطاقة، الشغل	
$kg \cdot m/s^2$	نيوتن	N	القوة	
$s^{-1}$	هرتز	Hz	التردد	
$cd/m^2$	لوكس	lx	الإضاءة	
N·s/(C·m)	تسلا	T	المجال المغناطيسي	
W/A و J/C	فولت	V	فرق الجهد	
J/s	واط	W	القدرة	
$N/m^2$	باسكال	Pa	الضغط	
m/s	متر للثانية	m/s	السرعة المنجحة	
$m^3$	متر مكعب	$m^3$	الحجم	

تحويلات مفيدة

1 atm = 101 kPa	1 kg = $6.02 \times 10^{26}$ u	1 in = 2.54 cm
1 cal = 4.184 J	1 oz = 28.4 g	1 mi = 1.61 km
1 eV = $1.60 \times 10^{-19}$ J	1 oz = 2.21 lb	1 mi <sup>2</sup> = 640 acres
1 kWh = 3.60 MJ	1 lb = 0.450 kg	1 gal = 3.79 L
1 hp = 746 W		1 m <sup>3</sup> = 264 gal
1 mol = $6.02 \times 10^{23}$ particles	1 atm = $1.01 \times 10^5$ N/m <sup>2</sup>	1 knot = 1.15 mi/h







الجدول المرجعية

ثوابت فيزيائية

الكمية	الرمز	القيمة	القيمة التقريبية
وحدة الكتلة الذرية	u	$1.660538782 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
عدد أفوجادرو	$N_A$	$6.02214179 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
ثابت بولتزمان	k	$1.3806504 \times 10^{-23} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{K}$	$1.38 \times 10^{-23} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{K}$
ثابت كولوم	K	$8.987551788 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$	$9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
الشحنة الأساسية	e	$1.60217653 \times 10^{-19} \text{ C}$	$1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
ثابت الغاز	R	$8.314472 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K}$	$8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K}$
ثابت الجذب العام	G	$6.67428 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$	$6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$
كتلة الإلكترون	$m_e$	$9.10938215 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
كتلة البروتون	$m_p$	$1.672621637 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
كتلة النيوترون	$m_n$	$1.674927211 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
ثابت بلانك	h	$6.62606896 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
سرعة الضوء في الفراغ	c	$2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$	$3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

المرجعية  
الجدول

عزم القصور الذاتي لأجسام مختلفة

عزم القصور الذاتي	الرسم	موقع المحور	الجسم
$mr^2$		عبر القطر المركزي	طوق رفيع بنصف قطر r
$\frac{1}{2}mr^2$		من المركز	أسطوانة صلبة منتظمة بنصف قطر r
$\frac{2}{5}mr^2$		من المركز	كرة منتظمة بنصف قطر r
$\frac{1}{12}ml^2$		من المركز	قضيب طويل منتظم طوله l
$\frac{1}{3}ml^2$		من الطرف	قضيب طويل منتظم طوله l
$\frac{1}{12}m(l^2 + w^2)$		من المركز	صفيحة رقيقة مستطيلة الشكل بطول l وعرض w

بادئة النظام الدولي للوحدات

البادئة	الرمز	الترميز العلمي
فيمتو	f	$10^{-15}$
بيكو	p	$10^{-12}$
نانو	n	$10^{-9}$
ميكرو	$\mu$	$10^{-6}$
ميلي	m	$10^{-3}$
سنتي	c	$10^{-2}$
ديسي	d	$10^{-1}$
ديكا	da	$10^1$
هكتو	h	$10^2$
كيلو	k	$10^3$
ميغا	M	$10^6$
جيجا	G	$10^9$
تيرا	T	$10^{12}$
بيتا	P	$10^{15}$

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة مكارثي-هيل  
McGraw-Hill Education

درجات الانصهار والقيان		
المادة	درجة الانصهار (C°)	درجة القليان (C°)
الألمنيوم	660.32	2519
النحاس	1084.62	2562
الجرمانيوم	938.25	2833
الذهب	1064.18	2856
الإنديوم	156.60	2072
الحديد	1538	2861
الرصاص	327.5	1749
السيليكون	1414	3265
الفضة	961.78	2162
الماء	0.000	100.000
الخاصين	419.53	907

كثافة بعض المواد الشائعة	
المادة	الكثافة (g/cm <sup>3</sup> )
الألمنيوم	2.70
الكاديوم	8.65
النحاس	8.92
الجرمانيوم	5.32
الذهب	19.32
الهيدروجين	$8.99 \times 10^{-5}$
الإنديوم	7.31
الحديد	7.87
الرصاص	11.34
الزئبق	13.534
الأوكسجين	$1.429 \times 10^{-3}$
السيليكون	2.33
الفضة	10.5
الماء (C°4)	1.000
الخاصين	7.14

الجدول المرجعية

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

الحرارة الكامنة للانصهار والتبخير		
المادة	الحرارة الكامنة للانصهار، H <sub>f</sub> (J/kg)	الحرارة الكامنة للتبخير، H <sub>v</sub> (J/kg)
النحاس	$2.05 \times 10^5$	$5.07 \times 10^6$
الذهب	$6.30 \times 10^4$	$1.64 \times 10^6$
الحديد	$2.66 \times 10^5$	$6.29 \times 10^6$
الرصاص	$2.04 \times 10^4$	$8.64 \times 10^5$
الزئبق	$1.15 \times 10^4$	$2.72 \times 10^5$
الميثانول	$1.09 \times 10^5$	$8.78 \times 10^5$
الفضة	$1.04 \times 10^5$	$2.36 \times 10^6$
الماء (متجمد)	$3.34 \times 10^5$	$2.26 \times 10^6$

معاملات التمدد الحراري عند 20°C

معامل التمدد الحجمي $\beta$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	معامل التمدد الطولي $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	المادة
<b>المادة الصلبة</b>		
$69 \times 10^{-6}$	$23 \times 10^{-6}$	الألمنيوم
$57 \times 10^{-6}$	$19 \times 10^{-6}$	النحاس الأصفر
$36 \times 10^{-6}$	$12 \times 10^{-6}$	الخرسانة
$51 \times 10^{-6}$	$17 \times 10^{-6}$	النحاس
$27 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$	الزجاج (عادي)
$9 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	الزجاج (مقاوم للحرارة)
$35 \times 10^{-6}$	$12 \times 10^{-6}$	حديد، صلب
$27 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$	بلاتينيوم
<b>السوائل</b>		
$950 \times 10^{-6}$		البنزين
$180 \times 10^{-6}$		الزئبق
$1200 \times 10^{-6}$		الميثانول
$210 \times 10^{-6}$		الماء
<b>الغازات</b>		
$3400 \times 10^{-6}$		الهواء (ومعظم الغازات الأخرى)

الطول الموجي للضوء المرئي

اللون	الطول الموجي، $\lambda$ (nm)
بنفسجي	380–430
بنفسجي	430–450
أزرق	450–500
أزرق داكن	500–520
أخضر	520–565
أصفر	565–590
برتقالي	590–625
أحمر	625–740

ثابت العزل الكهربائي،  $k$  (20°C)

1.0000	الفراغ
1.00059	الهواء (1 atm)
1.00013	النيون (1 atm)
4–7	الزجاج
4.3	الكوارتز
3.75	كوارتز منصهر
80	الماء

سرعة الصوت في أوساط متنوعة

الوسط ( $^{\circ}\text{C}$ )	السرعة (m/s)
الهواء (0 °C)	331
الهواء (20 °C)	343
الهيليوم (0 °C)	972
الهيدروجين (27 °C)	1310
الماء (25 °C)	1497
ماء البحر (25 °C)	1533
المنظفات	1600
النحاس (25 °C)	3560
الحديد (25 °C)	5130
زجاج مقاوم للحرارة	5640
ألماس	12,000

بيانات النظام الشمسي								
نبتون	أورانوس	زحل	المشتري	المريخ	الأرض	الزهرة	عطارد	
102	86.8	569	1899	0.642	5.97	4.87	0.330	الكتلة ( $10^{24} \times \text{kg}$ )
24.8	25.6	60.3	71.5	3.40	6.38	6.05	2.44	متوسط نصف القطر ( $10^6 \times \text{m}$ )
1638	1270	687	1326	3933	5515	5243	5427	الكثافة ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
0.290	0.300	0.342	0.343	0.250	0.306	0.90	0.068	الوضاءة
4498.2	2872.5	1433.5	778.4	227.9	149.6	108.2	57.91	متوسط المسافة من الشمس ( $10^9 \times \text{m}$ )
60,189	30,685	10,759	4332	687.0	365.2	224.7	88.0	مدة الدورة المدارية (أيام الأرض)
1.8	0.8	2.5	1.3	1.9	0.0	3.4	7.0	الميل المداري (درجات)
0.011	0.046	0.057	0.049	0.094	0.017	0.007	0.205	الانحراف المداري
16.1	17.2 <sup>R</sup>	10.7	9.9	24.6	23.9	5832.5 <sup>R</sup>	1407.6	فترة دوران الكوكب حول محوره (h)
28.3	97.8	26.7	3.1	25.2	23.4	177.4	0.03	الميل المحوري (درجات)
73	78	133	163	210	288	737	440	متوسط درجة الحرارة على السطح (K)
10.7	8.4	10.4	20.9	3.7	9.8	8.9	3.7	قوة مجال الجاذبية بالقرب من السطح (N/kg)

الجدول المرجعية

تشير R إلى الحركة العكسية.

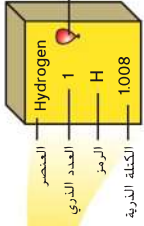
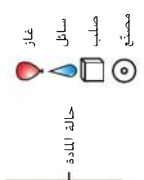
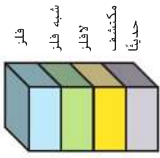
الشمس	
$1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$	الكتلة
$6.96 \times 10^8 \text{ m}$	نصف القطر الاستوائي
$1408 \text{ kg}/\text{m}^3$	متوسط الكثافة
+4.83	القدر المطلق
$3.846 \times 10^{26} \text{ J/s}$	الضياء
G2 V	نوع الطيف
609.12 h	فترة دوران الشمس حول محوره (استوائي)
$0.1937 \times 10^{-3} \text{ J/kg}$	متوسط إنتاج الطاقة
5778 K	متوسط درجة الحرارة على السطح

القمر	
$0.073 \times 10^{24} \text{ kg}$	الكتلة
1738 km	نصف القطر الاستوائي
$3340 \text{ kg}/\text{m}^3$	متوسط الكثافة
0.11	الوضاءة
$384 \times 10^3 \text{ km}$	متوسط المسافة من الأرض
27.3 يوماً من أيام الأرض	مدة الدورة المدارية
29.53 يوماً من أيام الأرض	الدورة الاقترانية (القمرية)
5.1°	الميل المداري
0.055	الانحراف المداري
655.7 h	فترة دوران القمر حول محوره
1.6 N/kg	قوة مجال الجاذبية بالقرب من السطح



الجدول الدوري للعناصر

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																											
Hydrogen 1 H 1.008	Helium 2 He 4.003	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012	Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Neon 10 Ne 20.180	Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305	Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.064	Chlorine 17 Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948																																											
		Potassium 19 K 39.098	Calcium 20 Ca 40.078	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.867	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.847	Cobalt 27 Co 58.933	Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.39	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.61	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Krypton 36 Kr 83.80	Rubidium 37 Rb 85.468	Strontium 38 Sr 87.62	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Tantalum 72 Ta 180.948	Hafnium 73 Hf 178.49	Rutherfordium 104 Rf (261)	Francium 87 Fr (223)	Radium 88 Ra (226)	Actinium 89 Ac (227)	Lanthanum 57 La 138.905	Cerium 58 Ce 137.327	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.242	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36	Europium 63 Eu 151.965	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.50	Hoium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967	Xenon 54 Xe 131.290	Cesium 55 Cs 132.905	Barium 56 Ba 137.327	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po 209	Astatine 85 At 209	Radon 86 Rn 222.018	Ununium 113 Uu (284)	Ununium 114 Uu (289)	Ununium 115 Uu (288)	Ununium 116 Uu (293)	Ununium 117 Uu (294)	Ununium 118 Uu (294)



الرمز الحرفي هو العدد الكلي للعنصر، الرقم الذري هو العدد البروتوني، والعدد الكتلي هو مجموع البروتونات والنيوترونات.

119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

سلسلة اللانثانيدات

سلسلة الأكتينيدات

# الجدول المرجعية

العناصر							
العنصر	الرمز	العدد الذري	الكتلة الذرية	العنصر	الرمز	العدد الذري	الكتلة الذرية
الأكتينيوم	Ac	89	(227)	الموليبديوم	Mo	42	95.96
الألمنيوم	Al	13	26.982	النيوديميوم	Nd	60	144.24
الأميريسيوم	Am	95	(243)	النيون	Ne	10	20.180
الأنثيمون	Sb	51	121.760	النتونيوم	Np	93	(237)
الأرجون	Ar	18	39.948	النيكل	Ni	28	58.693
الزرنيخ	As	33	74.922	النيوبيوم	Nb	41	92.906
الأسنتانين	At	85	(210)	النيتروجين	N	7	14.007
الباريوم	Ba	56	137.327	النوبليوم	No	102	(259)
البركليوم	Bk	97	(247)	الأوزميوم	Os	76	190.23
البريليوم	Be	4	9.012	الأكسجين	O	8	15.999
البيزموث	Bi	83	208.980	البالاديوم	Pd	46	106.42
البوريوم	Bh	107	(272)	الفسفور	P	15	30.974
البورون	B	5	10.811	البلاتينيوم	Pt	78	195.078
البروم	Br	35	79.904	البولونيوم	Pu	94	(244)
الكاديوم	Cd	48	112.411	البولونيوم	Po	84	(209)
الكالسيوم	Ca	20	40.078	البوتاسيوم	K	19	39.098
كاليفورنيوم	Cf	98	(251)	البراسيوديوم	Pr	59	140.908
الكربون	C	6	12.011	البروميثيوم	Pm	61	(145)
السيريريوم	Ce	58	140.116	البروتكتينيوم	Pa	91	231.036
السترونشيوم	Cs	55	132.905	الراديوم	Ra	88	(226)
الكلور	Cl	17	35.453	الرادون	Rn	86	(222)
الكروم	Cr	24	51.996	الرينيوم	Re	75	186.207
الكوبلت	Co	27	58.933	الروثينيوم	Rh	45	102.906
الكوبالتسيوم	Cn	112	(285)	الروثينيوم	Rg	111	(280)
النحاس	Cu	29	63.546	الروبيديوم	Rb	37	85.468
الكوريوم	Cm	96	(247)	الروثينيوم	Ru	44	101.07
الدارمشاتانيوم	Ds	110	(281)	الزرنيوم	Rf	104	(265)
الدينيوم	Db	105	(262)	السمريوم	Sm	62	150.36
الديسبروزيوم	Dy	66	162.500	السكرانديوم	Sc	21	44.956
أينشتاينيوم	Es	99	(252)	السيوريوم	Sg	106	(271)
الأربيوم	Er	68	167.259	السيلينيوم	Se	34	78.96
الأوروبيوم	Eu	63	151.964	السيليكون	Si	14	28.086
الغرينيوم	Fm	100	(257)	الفضة	Ag	47	107.868
الفلور	F	9	18.998	الصوديوم	Na	11	22.990
الفرانسيوم	Fr	87	(223)	الإستراتشيوم	Sr	38	87.62
الغادولينيوم	Gd	64	157.25	الكبريت	S	16	32.065
الغاليوم	Ga	31	69.723	التنتالوم	Ta	73	180.948
الجرمانيوم	Ge	32	72.63	التكنيشيوم	Tc	43	(98)
الذهب	Au	79	196.967	التيلوريوم	Te	52	127.60
الهافنيوم	Hf	72	178.49	الترينيوم	Tb	65	158.925
الهاسميوم	Hs	108	(270)	الثاليوم	Tl	81	204.383
الهيليوم	He	2	4.003	الثوريوم	Th	90	232.038
الهولميوم	Ho	67	164.930	الثليوم	Tm	69	168.934
الهيدروجين	H	1	1.008	القصدير	Sn	50	118.710
الإنديوم	In	49	114.81	التيتانيوم	Ti	22	47.867
اليود	I	53	126.904	التنجستين	W	74	183.84
الإيريديوم	Ir	77	192.217	اليورانيوم	U	92	238.029
الحديد	Fe	26	55.847	الفاناديوم	V	23	50.942
الكريبتون	Kr	36	83.798	الزينون	Xe	54	131.293
اللانثانوم	La	57	138.906	الإنثيريوم	Yb	70	173.04
اللورنسيوم	Lr	103	(262)	الإنثيريوم	Y	39	88.906
الرصاص	Pb	82	207.2	الزركون	Zr	40	91.224
الليثيوم	Li	3	6.941	العنصر 113*	Uut	113	(284)
اللوثيشيوم	Lu	71	174.967	العنصر 114*	Uuq	114	(289)
المغنيسيوم	Mg	12	24.305	العنصر 115*	Uup	115	(288)
المنجنيز	Mn	25	54.938	العنصر 116*	Uuh	116	(293)
المايتريوم	Mt	109	(276)	العنصر 118*	Uuo	118	(294)
المنديليوم	Md	101	(258)				
الزئبق	Hg	80	200.59				

الجدول المرجعية

\* لم يتم اعتماد تلك الأسماء بعد من قبل الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الإجراء الوقائي	العلاج
	يجب اتباع إجراءات التخلص من المخلفات الخاصة.	بعض المواد الكيميائية، الكائنات الحية	تجنب التخلص من هذه المواد بإلقائها في البالوعة أو سلة المهملات.	تخلص من النفايات وفقًا لتوجيهات معلمك.
	الكائنات الحية أو المواد الحيوية الأخرى التي قد تسبب ضررًا للإنسان.	البكتيريا، الفطريات، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد. ارتد كمامة وقفازات.	أبلغ معلمك في حالة ملامسة هذه المواد، واغسل اليدين جيدًا.
	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب برودتها الشديدة أو حرارتها الشديدة.	السوائل المغلية، الأطقم الساخنة، الثلج الجاف، النيتروجين السائل	استخدام وسيلة الحماية المناسبة عند التعامل مع هذه المواد.	اذهب إلى المعلم لطلب الإسعافات الأولية.
	استخدام الأدوات أو المواد الزجاجية التي تخرج الجلد بسهولة.	الشفرة، الدبابيس، المشارط، الأدوات المعدنية، أدوات التشریح، الزجاج المكسور	تعامل بحكمة مع الأداة واتبع إرشادات استخدامها.	اذهب إلى المعلم لطلب الإسعافات الأولية.
	قد تسبب الأبخرة خطرًا محتملاً على الجهاز التنفسي.	الأمونيا، الأسيتون، مزيل طلاء الأظافر، الكبريت الساخن، كرات الغث	تأكد من وجود تهوية جيدة، لا تستنشق الأبخرة بصورة مباشرة إطلاقًا، وارتد كمامة.	غادر المكان الذي به الأبخرة وأبلغ معلمك على الفور.
	خطر محتمل من الصدمة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سواحل منسكبة، قصر في الدائرة، أسلاك معرأة	تأكد من التوصيلات بالتعاون مع معلمك، افحص حالة الأسلاك والأجهزة.	لا تحاول إصلاح المشكلات الكهربائية، بل أبلغ معلمك على الفور.
	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي في الجهاز التنفسي.	حبوب اللقاح، كرات الغث، سلك غسيل الصحون، الألياف الزجاجية، برمنجنات البوتاسيوم	ارتد كمامة للغبار وقفازات، تعامل بحرص شديد مع هذه المواد.	اذهب إلى المعلم لطلب الإسعافات الأولية.
	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتلفها.	المبيضات مثل فوق أكسيد الهيدروجين؛ الأحماض مثل حمض الكبريتيك، حمض الهيدروكلوريك؛ القواعد مثل الأمونيا، هيدروكسيد الصوديوم	ارتد نظارة واقية وقفازات ومعطفًا	اغسل المنطقة المصابة بالماء وأبلغ معلمك على الفور.
	مواد تسبب التسمم إذا لمست أو استنشقت أو ابتلعت.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليوم، أجزاء النباتات الاستوائية السامة	اتبع تعليمات المعلم.	اغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من العمل، اذهب إلى المعلم لطلب الإسعافات الأولية.
	قد تشتعل بعض المواد الكيميائية القابلة للاشتعال بسبب اللهب المكشوف أو الشرر أو تعرضها لحرارة.	الكحول، الكيروسين، برمنجنات البوتاسيوم	تجنب الاقتراب من اللهب المكشوف أو الحرارة عند استخدام المواد الكيميائية القابلة للاشتعال.	أبلغ معلمك على الفور، استخدم مطفأة الحريق إن وجدت.
	قد يؤدي ترك اللهب مكشوفًا إلى حدوث حريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد الصناعية	اربط الشعر للخلف ولا ترتد الملابس الضخفاضة، اتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب وإطفائه.	أبلغ معلمك على الفور، استخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

	<b>سلامة العين</b>	يجب دائمًا ارتداء نظارة واقية عند إجراء الأنشطة العلمية أو مراقبتها.
	<b>وقاية الملابس</b>	بظهر هذا الرمز عندما يَحتمل أن تسبب المواد بقعا أو حرقًا للملابس.
	<b>نشاط إشعاعي</b>	يظهر هذا الرمز عند استخدام المواد المشعة.
	<b>غسل اليدين</b>	بعد كل تجربة، اغسل يديك بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.

## مفتاح النطق

استخدم المفتاح التالي ليساعدك على نطق المفردات الواردة في القاموس:

a . . . . .	back (BAK)	ew . . . . .	food (FEWD)
ay . . . . .	day (DAY)	yoo . . . . .	pure (PYOOR)
ah . . . . .	father (FAH thur)	yew . . . . .	few (FYEW)
ow . . . . .	flower (FLOW ur)	uh . . . . .	comma (CAH muh)
ar . . . . .	car (CAR)	u (+ con) . . . . .	rub (RUB)
e . . . . .	less (LES)	sh . . . . .	shelf (SHELF)
ee . . . . .	leaf (LEEF)	ch . . . . .	nature (NAY chur)
ih . . . . .	trip (TRIHP)	g . . . . .	gift (GIHFT)
i (i + con + e) . . . . .	idea (i DEE uh)	j . . . . .	gem (JEM)
oh . . . . .	go (GOH)	ing . . . . .	sing (SING)
aw . . . . .	soft (SAVFT)	zh . . . . .	vision (VIH zhun)
or . . . . .	orbit (OR buht)	k . . . . .	cake (KAYK)
oy . . . . .	coin (COYN)	s . . . . .	seed, cent (SEED, SENT)
oo . . . . .	foot (FOOT)	z . . . . .	zone, raise (ZOHN, RAYZ)

## English

## العربية

### A

**absorption spectrum:** The characteristic set of wavelengths absorbed by a gas, which can be used to identify that gas.

**acceleration:** The rate at which the velocity of an object changes.

**accuracy:** A characteristic of a measured value that describes how well the results of a measurement agree with the "real" value, which is the accepted value, as measured by competent experimenters.

**achromatic (a kroh MA tik) lens:** A combination of two or more lenses with different indices of refraction (such as a concave lens with a convex lens) that is used to minimize chromatic aberration.

**activity:** The number of decays per second of a radioactive substance.

**adhesive forces:** The forces of attraction that particles of different substances exert on one another; responsible for capillary action.

**alpha decay:** The radioactive decay process in which an alpha ( $\alpha$ ) particle is emitted from a nucleus.

**طيف الامتصاص:** خاصية محددة لقيمة مقيسة توضح درجة الانتان في القياس

**التسارع:** المعدل الذي تتغير عنده السرعة المتجهة لجسم ما.

**الدقة:** خاصية محددة لقيمة مقيسة توضح درجة الانتان في القياس.

**عدسات لا لونية:** مجموعة مكوّنة من عدستين أو أكثر ذات معاملات انكسار مختلفة (مثل العدسة المقعرة المتضمنة مع عدسة محدّبة) تُستخدم في تقليل الزيغ اللوني.

**الإشعاعية:** عدد حالات الانحلال التي تحدث لمادة إشعاعية في الثانية الواحدة.

**قوى الالتصاق:** قوى التجاذب التي تؤثر بها جسيمات مواد مختلفة في جسيم آخر؛ وتكون مسؤولة عن الخاصية الشعرية.

**تحلل ألفا:** عملية الانحلال الإشعاعي التي ينبعث فيها جسيم ألفا ( $\alpha$ ) من النواة.

alpha decay / atomic mass unit

**alpha particle:** Massive, positively charged atomic particle that moves at high speed; represented by the symbol  $\alpha$ .

**amorphous (uh MOR fus) solid:** A substance having a definite shape and volume but lacking a regular crystal structure.

**ampere (AM pihr):** A flow of electric charge, or electric current, equal to one coulomb per second (1 C/s).

**amplitude:** In any periodic motion, the maximum distance an object moves from the equilibrium position.

**angular acceleration:** The change in angular velocity divided by the time needed to make the change; measured in  $\text{rad/s}^2$ .

**angular displacement:** The change in the angle as an object rotates.

**angular impulse–angular momentum theorem:** States that the angular impulse on an object is equal to the change in the object's angular momentum.

**angular momentum:** The product of a rotating object's moment of inertia and its angular velocity; measured in  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$ .

**angular velocity:** The angular displacement of an object divided by the time needed to make the angular displacement.

**antenna:** A device that propagates electromagnetic waves through the air.

**antinode (AN ti nohd):** The point with the largest displacement when two wave pulses meet.

**apparent weight:** The support force acting on an object.

**Archimedes' (ahr kuh MEE deez)**

**principle:** States that an object immersed in a fluid has an upward force on it that equals the weight of the fluid displaced by the object.

**armature (AR muh chur):** The wire coil of an electric motor, made up of many loops mounted on an axle or shaft that rotates in a magnetic field; torque on an armature, and the motor's resultant speed, is controlled by varying the current through the motor.

**atomic mass unit:** A unit of mass,  $u$ , where  $u$  is equal to  $1.66 \times 10^{-27}$  kg; the approximate mass of a proton or neutron.

**جسيم ألفا:** جسيم ذري موجب الشحنة ويتحرك بسرعة كبيرة؛ ويُرمز له بالرمز  $\alpha$ .

**مادة صلبة غير متبلورة:** مادة ذات شكل وحجم معين ولكن تفتقر للبنية البلورية المنتظمة.

**الأمبير:** تدفق شحنة كهربائية. مقدارها كولومياً واحداً لكل ثانية (1 C/s) وهو وحدة التيار الكهربائي.

**السعة:** في أي حركة دورية، هي أقصى إزاحة يتحركها الجسم من وضع الاتزان.

**العجلة الزاوية:** التغير في السرعة الزاوية مقسومة على الزمن اللازم لحدوث التغير؛ ويُقاس بـ  $\text{rad/s}^2$ .

**الإزاحة الزاوية:** تغير في الزاوية أثناء دوران الجسم حول نقطة مركزية أو محور دوران.

**نظرية الدفع الزاوي – الزخم الزاوي:** تنص على أن الدفع الزاوي في جسم ما يساوي التغير في الزخم الزاوي للجسم.

**الزخم الزاوي:** حاصل ضرب عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية لجسم يتحرك حركة دورانية. ويُقاس بـ  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$ .

**السرعة الزاوية:** الإزاحة الزاوية لجسم مقسومة على الزمن اللازم لحدوث الإزاحة الزاوية.

**هوائي:** جهاز ينقل الموجات الكهرومغناطيسية عبر الهواء.

**بطن الموجة:** النقطة ذات الإزاحة الأكبر عند التقاء نبضتين موجيتين.

**الوزن الظاهري:** وزن الجسم عندما تؤثر فيه قوى أخرى مع قوة الجاذبية.

**قاعدة أرشميدس:** قاعدة تنص على أن الجسم المغمور في مائع يخضع لقوة دفع لأعلى تساوي وزن المائع الذي يزيحه هذا الجسم.

**ذراع المحرك:** سلك ملف محرك كهربائي، مكون من عدة لفات مثبتة على ساق أو عمود يدور في مجال مغناطيسي؛ ويتحكم تغير التيار داخل المحرك في عزم الدوران على العمود الدوار وفي سرعة المحرك المحصلة.

**وحدة الكتلة الذرية:** وحدة الكتلة الذرية  $u$ . هي كتلة ذرة نظير الكربون  $^{12}\text{C}$  مقسومة على 12 و تساوي  $1.66 \times 10^{-27}$  kg؛ وتساوي تقريبا كتلة البروتون أو نيوترون.



atomic number / buoyant force

**atomic number:** The number of protons in an atom's nucleus.

**average acceleration:** The change in an object's velocity during a measurable time interval divided by that specific time interval; measured in  $m/s^2$ .

**average speed:** The distance traveled divided by the time taken to travel that distance; for uniform motion, it is the absolute value of the slope of the object's position-time graph.

**average velocity:** The ratio of an object's change in position to the time interval during which the change occurred; for uniform motion, it is the slope of the object's position-time graph.

**العدد الذري:** عدد البروتونات في نواة الذرة.

**التسارع:** التغير في سرعة الجسم خلال فترة زمنية مقسوماً على هذه الفترة الزمنية. ويقاس بـ  $m/s^2$ .

**السرعة المتوسطة:** المسافة المقطوعة مقسومةً على الزمن المستغرق في قطع هذه المسافة؛ بالنسبة إلى الحركة المنتظمة، يكون معدل السرعة هو القيمة المطلقة لميل منحنى (الموقع والزمن) للجسم.

**السرعة المتوسطة المتجهة:** إزاحة الجسم مقسومة على الفترة الزمنية التي حدث خلالها التغير؛ أما بما يتعلق بالحركة المنتظمة، تكون السرعة المتوسطة هي ميل منحنى (الإزاحة والزمن) للجسم.

## B

**band theory:** The theory that electric conduction in solids can be better understood in terms of valance and conduction bands separated by forbidden energy gaps.

**battery:** A device made up of several galvanic cells connected together that converts chemical energy to electrical energy.

**beat:** The oscillation of wave amplitude that results from the superposition of two sound waves with almost identical frequencies.

**Bernoulli's (bur NEW leez) principle:** States that as the velocity of a fluid increases, the pressure exerted by that fluid decreases.

**beta decay:** The radioactive decay process in which a neutron is changed to a proton or a proton is changed to a neutron within the nucleus; results in the emission of a beta ( $\beta$ ) particle and a neutrino or antineutrino.

**binding energy:** The energy difference between the assembled nucleus and the individual nucleons; it is the energy equivalent of the mass defect and is always negative.

**buoyant force:** The upward force exerted on an object immersed in a fluid, due to an increase in pressure with increasing depth.

**نظرية حزم الطاقة:** تنص على أنه يمكن تفسير التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة بوجود ثلاث حزم للطاقة حزمة التكافؤ فجوة الطاقة وحزمة التوصيل.

**البطارية:** جهاز مكون من عدة خلايا كلفائية متصلة بعضها ببعض يحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.

**ضربة:** تذبذب في سعة الموجة ينتج عن تعاقب موجتين صوتيتين تشتملان على ترددات متطابقة تقريباً.

**مبدأ برنولي:** مبدأ ينص على أنه كلما زادت سرعة المائع، قلّ الضغط الناتج عن هذا المائع.

**تحلل بيتا:** عملية الانحلال الإشعاعي التي يتحوّل فيها البروتون إلى نيوترون أو النيوترون إلى بروتون داخل النواة؛ وينتج عن هذه العملية انبعاث جسيم بيتا ( $\beta$ ) ونيوترينو أو لبطنو على سطح مائع انتينوترينو.

**طاقة الربط:** فرق الطاقة بين النواة المُجمّعة والنويات الفردية؛ وهي الطاقة المكافئة لنقص الكتلة وتكون سالبة دائماً.

**قوة الطنو:** قوة تدفع الجسم المغمور في المائع إلى أعلى، ويكون ذلك بسبب تزايد الضغط الناتج عن تزايد العمق.

capacitance (ku PA suh tuns) / circuit breaker

## C

**capacitance (ku PA suh tuns):** The ratio of the magnitude of charge on one capacitor plate to the electric potential difference between the plates; the slope of the line of a net charge versus potential difference graph.

**capacitor:** An electrical device used to store electrical energy; made up of two conductors separated by an insulator.

**carrier wave:** A specific part of the radio portion of the electromagnetic spectrum assigned to a radio or television station by the Federal Communications Commission. A station broadcasts by varying its carrier wave.

**center of mass:** The point on the object that moves in the same way a point particle would move.

**centrifugal (sen TRIH fyew gul) "force":** The apparent force that seems to pull on a moving object but does not exert a physical outward push on it and is observed only in rotating frames of reference.

**centripetal (sen TRIH put ul) acceleration:** The center-seeking acceleration of an object moving in a circle at a constant speed.

**centripetal force:** The net force exerted toward the center of the circle that causes an object to have a centripetal acceleration.

**chain reaction:** Continual process of repeated fission reactions caused by the release of neutrons from previous fission reactions.

**charging by conduction:** The process of charging a neutral object by touching it with a charged object.

**charging by induction:** The process of charging an object without touching it, which can be accomplished by bringing a charged object close to a neutral object, causing a separation of charges, then separating the object to be charged, trapping opposite but equal charges.

**chromatic aberration:** A lens defect in which light passing through a lens is dispersed, causing an object viewed through a lens to appear ringed with color.

**circuit breaker:** An automatic switch that opens when the current through an electric circuit exceeds a threshold value.

**السعة الكهربائية لمكثف:** نسبة مقدار الشحنة على صفيحة مكثف إلى فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين؛ وتساوي ميل الخط البياني لمنحنى تغير الشحنة بتغير فرق الجهد.

**المكثف:** جهاز كهربائي يُستخدم لتخزين الطاقة الكهربائية؛ مكون من صفيحتين ( موصلين ) يفصل بينهما عازل.

**الموجة الحاملة:** موجة راديوية في الطيف الكهرومغناطيسي تبث من محطات الإذاعة والتلفزيون تحمل اشارات الصوت والصورة.

**مركز الكتلة:** نقطة تمثل كتلة الجسم تتحرك بالطريقة نفسها التي تتحرك فيها نقطة في جسيم.

**"قوة" الطرد المركزي:** قوة ظاهرية تبدو وكأنها تجذب جسمًا متحركًا لكنها لا تبذل أي قوة دفع مادية على هذا الجسم باتجاه الخارج ولا يمكن ملاحظتها إلا في تناوب الإطار المرجعي.

**التسارع المركزي:** تسارع جسم متحرك في مسار دائري وتنتج عن تغير اتجاه سرعة الجسم الخطية واتجاهه نحو مركز المسار.

**قوة الجذب المركزي:** محصلة القوى المؤثرة في جسم يتحرك في مسار دائري واتجاهها نحو مركز المسار.

**التفاعل المتسلسل:** عملية متواصلة من تفاعلات الانشطار المتكررة تنتج عن تحرر النيوترونات من تفاعلات الانشطار السابقة.

**شحن بالتوصيل:** عملية شحن جسم متعادل الشحنة عن طريق ملامسته بجسم مشحون.

**شحن بالحث:** عملية شحن جسم دون ملامسته، والتي يمكن أن تتم عن طريق تقريب جسم مشحون من جسم متعادل الشحنة. فيؤدي ذلك إلى توزيع الشحنات، ثم توصيل الجسم الذي تم شحنه بالأرض.

**الزيف اللوني:** عيب في العدسة ينتج عن اختلاف معاملات الانكسار لألوان الضوء المار عبر العدسة. فيؤدي إلى ظهور هوامش لونية حول الجسم الذي يُنظر إليه من خلال العدسة.

**قاطع الدائرة الكهربائية:** مفتاح يفتح تلقائيًا عندما يتجاوز التيار الكهربائي المار عبر دائرة كهربائية قيمة الحد المسموح به.



closed-pipe resonator / Compton effect

**closed-pipe resonator:** A resonating tube with one end closed to air; its resonant frequencies are odd-numbered multiples of the fundamental.

**closed system:** A system that does not gain or lose mass.

**coefficient of kinetic friction:** The slope of a line on a kinetic friction force v. normal force graph,  $\mu_k$ . Relates frictional force to normal force and depends on the two surfaces in contact.

**coefficient of linear expansion:** The change in length divided by the original length and the change in temperature.

**coefficient of static friction:** A dimensionless constant depending on the two surfaces in contact. It is used to calculate the maximum static frictional force that needs to be overcome before motion begins.

**coefficient of volume expansion:** The change in volume divided by the original volume and the change in temperature; is about three times the coefficient of linear expansion because solids expand in three directions.

**coherent light:** Light made up of waves of the same wavelength that are in phase with each other.

**cohesive forces:** The forces of attraction that like particles exert on one another; responsible for surface tension and viscosity.

**combination series-parallel circuit:** A complex electric circuit that includes both series and parallel branches.

**combined gas law:** States that, for a fixed amount of an ideal gas, the pressure times the volume, divided by the Kelvin temperature equals a constant; reduces to Boyle's law if temperature is constant and to Charles's law if pressure is constant.

**complementary colors:** Two colors of light that, when combined, produce white light.

**components:** Projections of a vector parallel to the x-axis and another parallel to the y-axis.

**compound machine:** A machine consisting of two or more simple machines that are connected so that the resistance force of one machine becomes the effort force of the second machine.

**Compton effect:** The shift in the energy of scattered photons.

**رنين في أنبوب مغلق:** أنبوب رنان له طرف مغلق أمام الهواء. وتردداته الرنانة تساوي مضاعفات العدد الفردي للتردد الأساسي.

**نظام مغلق:** النظام الذي لا يكتسب أو يفقد كتلة.

**معامل الاحتكاك الحركي:** النسبة بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة المتعامدة المؤثرة في الجسم ورمزه  $\mu_k$  وليس له وحدة.

**معامل التمدد الطولي:** التغير في الطول مقسومًا على الطول الأصلي مضروبًا في التغير في درجة الحرارة.

**معامل الاحتكاك السكوني:** النسبة بين قوة الاحتكاك والقوة المتعامدة المؤثرة في الجسم وهوساكن ورمزه  $\mu_s$  وليس له وحدة.

**معامل التمدد الحجمي:** التغير في الحجم مقسومًا على الحجم الأصلي مضروبًا في التغير في درجة الحرارة. ويساوي ثلاثة أمثال معامل التمدد الطولي وذلك لأن المواد الصلبة تتمدد في ثلاثة أبعاد.

**الضوء المترابط:** ضوء يتكوّن من موجات لها نفس الطول الموجي ومتساوية في التردد ومتفقة في الطور.

**قوى التماسك:** قوى التجاذب بين الجزيئات المتماثلة مع بعضها. وهي المسؤولة عن التوتر السطحي واللزوجة.

**دائرة التوالي والتوازي:** دائرة كهربائية مركبة تشمل كلًا من دائرتي التوالي والتوازي.

**القانون العام للغازات:** قانون يصف حالة كمية ثابتة من الغاز المثالي حيث يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه مقسومة على درجة حرارته بوحدة كلفن يساوي مقدارًا ثابتة. يشتق منه قانون بويل عند ثبات درجة الحرارة وقانون شارل عند ثبات الضغط.

**ألوان المكملة:** زوج من ألوان الضوء إذا مُزجت مع بعضها أعطت لونًا أبيض.

**مركبتي المتجه:** مركبة المتجه على المحور X و مركبته على المحور Y

**آلة مركبة:** آلة تتكوّن من آلتين بسيطتين أو أكثر موصلتين ببعضهما ببعض بحيث تصبح قوة المقاومة لآلة واحدة هي قوة المطبقة على الآلة الأخرى.

**تأثير كومبتون:** إزاحة في الطول الموجي للفوتونات المنتشرة عند اصطدامها بالالكترونات.



concave lens / crest

**concave lens:** A diverging lens, thinner at its middle than at its edges, that spreads out light rays passing through it when surrounded by material with a lower index of refraction; produces a smaller, virtual, upright image.

**concave mirror:** A mirror that reflects light from its inwardly curving surface, the edges of which curve toward the observer; can produce either an upright, virtual image or an inverted, real image.

**conductor:** A material, such as copper, through which a charge will move easily.

**consonance:** A pleasant set of pitches.

**=convection:** A type of thermal energy transfer that occurs due to the motion of fluid in liquid or gas that is caused by differences in temperature.

**conventional current:** the direction in which a positive test charge moves.

**convex lens:** A converging lens, thicker at its center than at its edges, that refracts parallel light rays so the rays meet at a point when surrounded by a medium with a lower index of refraction; can produce a smaller or larger, inverted, real image or a larger, upright, virtual image.

**convex mirror:** A mirror with the edges curved away from the observer that reflects light from its outwardly curving surface; produces an upright, reduced, virtual image.

**coordinate system:** A system used to describe motion that gives the zero point location of the variable being studied and the direction in which the values of the variable increase.

**Coriolis (kor ee OH lus) "force":** The apparent force that seems to deflect a moving object from its path and is observed only in rotating frames of reference.

**coulomb (KEW lahm):** The SI standard unit of charge; one coulomb (C) is the magnitude of the charge of  $6.24 \times 10^{18}$  electrons or protons.

**Coulomb's law:** States that the force between two point charges varies directly with the product of their charge and inversely with the square of the distance between them.

**crest:** The high point of a transverse wave.

**عدسة متقوّرة:** عدسة سمكها في الحواف أكثر منها في المنتصف، مما يؤدي إلى تشتت أشعة الضوء الباردة عبرها عندما يكون الوسط المحيط بها ذا معامل انكسار أقل، وتكوّن صورة تقديرية معتدلة ومصغرة.

**المِرآة المتقوّرة:** مرآة مرآة كروية سطحها الداخلي العاكس جزء من سطح كرة و تكوّن صورة تقديرية معتدلة أو صورة حقيقية مقلوبة.

**موصل:** مادة، مثل النحاس، تمر الشحنة عبرها بسهولة.

**تناغم:** الصوت الممتع الناتج من مجموعة من ترددات الصوت.  
**=الجمل الحراري:** نوع من انتقال الطاقة الحرارية يحدث بسبب حركة المائع في سائل أو غاز وينتج عن الاختلافات في درجة الحرارة.

**التيار الاصطلاحي:** التيار الكهربائي الذي يمثل حركة الشحنات الموجبة في الدائرة الكهربائية.

**عدسة محدّبة:** عدسة مكبرة يزداد سمكها في المنتصف أكثر منها في الحواف، تعمل على انكسار أشعة الضوء المتوازية بحيث تتجمّع الأشعة في نقطة ما عندما يكون الوسط المحيط بها ذا معامل انكسار أقل، ويمكن أن تكوّن صورة حقيقية معكوسة مصغرة أو مكبرة أو صورة تقديرية مكبرة ومعتدلة.

**مرآة محدّبة:** مرآة كروية سطحها الخارجي العاكس جزء من سطح كرة؛ وتكوّن صورة تقديرية معتدلة ومصغرة.

**نظام إحداثي:** نظام يُستخدم لوصف الحركة ويحدد موقع نقطة البداية للمتغير الذي تتم دراسته والاتجاه الذي تزيد فيه قيم هذا المتغير.

**"قوة" كوريوليس:** القوة الظاهرة التي تبدو أنها تحزّب جسمًا متحركًا عن مساره ولا يمكن ملاحظتها إلا في الأطر المرجعية الدوارة.

**كولومب:** وحدة الشحنة الكهربائية في النظام الدولي للوحدات؛ و تساوي قيمة الكولومب الواحد (C) مجموع شحنة  $6.24 \times 10^{18}$  إلكترونًا أو بروتونًا.

**قانون كولومب:** ينص على أن القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب شحنتيهما وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

**قمة:** أعلى نقطة في الموجة المستعرضة.



critical angle / displacement

**critical angle:** The angle of incidence in which a refracted light ray lies along the boundary between two mediums.

**crystal lattice:** A fixed, regular pattern formed when the temperature of a liquid is lowered, the average kinetic energy of its particles decreases and, for many solids, the particles become frozen but do not stop moving and instead, vibrate around their fixed positions.

**زاوية حرجة:** تقابلها زاوية انكسار مقدارها 90 درجة عندما ينتقل الضوء بين وسطين.

**شبكة بلورية:** نمط منتظم ثابت يتكوّن عندما تنخفض درجة حرارة سائل وينخفض متوسط الطاقة الحركية لجزيئاته، وتصبح جسيمات الكثير من الأجسام الصلبة متجمدة ولكن لا تتوقف عن الحركة. بل تهتز حول مواقعها الثابتة.

## D

**de Broglie (duh BROY lee) wavelength:** The wavelength associated with a moving particle.

**decibel:** The most common unit of measurement for sound level; also can describe the power and intensity of sound waves. Abbreviated dB.

**dependent variable:** The factor in an investigation that depends on the independent variable.

**depletion layer:** The region around a *pn*-junction diode where there are no charge carriers and electricity is poorly conducted.

**dielectric:** A poor conductor of electric current whose electric charges partially align with an electric field.

**diffraction:** The bending of light around a barrier.

**diffraction grating:** A device consisting of many small, closely-spaced slits that diffract light and form a diffraction pattern that is an overlap of single-slit diffraction patterns; can be used to precisely measure light wavelength or to separate light of different wavelengths.

**diffraction pattern:** A pattern on a screen of constructive and destructive interference of Huygens' wavelets.

**diffuse reflection:** A scattered, fuzzy reflection produced by a rough surface.

**dimensional analysis:** A method of treating units as algebraic quantities that can be cancelled; can be used to check that an answer will be in the correct units.

**diode:** The simplest semiconductor device; conducts charges in one direction only and consists of a sandwich of *p*-type and *n*-type semiconductors.

**طول الموجة دي برولي:** طول الموجة المرتبط بجسيم متحرك.

**ديسيبل:** وحدة قياس مستوى الصوت الأكثر شيوعًا ويكمنها أن تصف قدرة الموجات الصوتية وشدتها. يُشار إليها اختصارًا بالرمز dB.

**المتغير التابع:** العامل الذي يعتمد على متغير مستقل خلال التحقيق العلمي.

**منطقة الاستنزاف:** منطقة في الوصلة الثنائية (*p n*) التي يلتحم فيها شبه الموصل من النوع *n* مع شبه الموصل من النوع *p* . و لا يوجد فيها حاملات شحنة كهربائية متحركة.

**عازل كهربائي:** مادة غير موصلة للتيار الكهربائي يحدث لها استقطاب عند تعرضها لمجال كهربائي.

**حيود:** انحراف الموجات عن مسارها عند مرورها من فتحة ضيقة أو اصطدامها بحافة حاجز.

**محرّز حيود:** قطعة من الزجاج أو البلاستيك فيها شقوق صغيرة متقاربة يحيد الضوء عند مروره منها ويشكل نمطًا من الأهداب المضئية والمعتمة ويستخدم لقياس طول موجة الضوء أو لفصل الضوء المكون من أطوال موجية مختلفة.

**نمط حيود:** نمط يظهر على شاشة ناتج عن التداخل البناء والتداخل الهدام للموجات المنتشرة وفق مبدأ هيجينز.

**انعكاس غير منتظم:** انعكاس مُبعثر غير واضح ناتج عن سطح خشن.

**تحليل بُعدي:** طريقة للتعامل مع الوحدات ككميات جبرية بحيث يمكن إلغاؤها ويمكن أن تستخدم للتأكد من أن وحدات الإجابة صحيحة.

**صمام ثنائي:** أبسط جهاز شبه موصل. يوصل الشحنات في اتجاه واحد فقط. ويتكوّن من طبقتين من أشباه الموصلات موجبة النوع (من النوع *p*) وسالبة النوع (من النوع *n*).

dispersion / electric field line

**dispersion:** The separation of white light into a spectrum of colors by such means as a glass prism or water droplets in the atmosphere.

**displacement:** A change in position having both magnitude and direction; is equal to the final position minus the initial position.

**dissonance (DIH suh nunts):** An unpleasant, jarring set of pitches.

**distance:** The entire length of an object's path, even if the object moves in many directions.

**domain:** A very small group, usually 10-1000  $\mu\text{m}$  on a side, that is formed when the magnetic fields of the electrons in a group of neighboring atoms are aligned in the same direction.

**dopant (DOH punt):** Material with electron donor or acceptor atoms that can be added in low concentration to intrinsic semiconductors, increasing their conductivity by making either extra electrons or holes available.

**Doppler effect:** The change in the frequency of sound or light caused by the movement of either the source, the detector, or both the detector and the source.

**drag force:** The force exerted by a fluid on an object that opposes the object's motion through the fluid; depends on the object's motion and properties and the fluid's properties.

**تحلل الضوء:** فصل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان باستخدام وسيلة مثل المنشور الزجاجي أو قطرات الماء الموجودة في الغلاف الجوي.

**إزاحة:** تغيّر في الموقع له مقدار واتجاه. ويساوي الموقع النهائي مطروحاً منه الموقع الابتدائي.

**نشاز (تنافر صوتي):** مجموعة من ترددات الصوت المزعجة والمتنافرة.

**المسافة:** الطول الكلي لمسار حركة جسم ما.

**المنطقة المغناطيسية:** مجموعة صغيرة جداً تتراوح عادة ما بين 10-1000  $\mu\text{m}$  طولها تتكوّن عندما تصطف المجالات المغناطيسية للإلكترونات في مجموعة الذرات المتجاورة في نفس الاتجاه.

**التطعيم:** إضافة مادة تحتوي على ذرات تمنح إلكترونات أو تستقبله. يمكن إضافتها بتركيز منخفض إلى أشباه الموصلات النقية. حيث تزيد من قدرتها على التوصيل عن طريق توفير فجوات أو إلكترونات إضافية.

**تأثير دوپلر:** تغيّر في تردد الصوت أو الضوء ناتج عن حركة المصدر. أو المراقب، أو المصدر والمراقب معاً.

**قوة مقاومة المائع:** القوة التي يبذلها مائع على جسم ما وتوقّف حركة الجسم في المائع. وتعتمد على حركة الجسم وخصائصه وخصائص المائع.

## E

**eddy current:** A current generated in a piece of metal that is moving through a changing magnetic field, producing a magnetic field that opposes the motion that caused the current.

**efficiency:** The ratio of output work to input work.

**effort force:** The force a user exerts on a machine.

**elastic collision:** A type of collision in which the kinetic energy before and after the collision remains the same.

**elastic potential energy:** Stored energy due to an object's change in shape.

**electric circuit:** A closed loop or pathway that allows electric charges to flow.

**electric current:** A flow of charged particles.

**electric field:** A property of the space around a charged object that exerts forces on other charged objects.

**تيار دوامي:** تيار متولّد في قطعة من فلز تتحرك عبر مجال مغناطيسي متغيّر. مما ينتج عنه مجال مغناطيسي يقاوم الحركة التي تُحدث التيار.

**كفاءة:** نسبة الشغل الناتج إلى الشغل الداخل.

**قوة الجهد:** القوة التي يبذلها مستخدم على آلة.

**تصادم مرن:** نوع من التصادم نظل فيه الطاقة الحركية قبل التصادم وبعده متساوية.

**طاقة الوضع المرنة:** الطاقة المخزّنة في جسم مرّن مثل النابض عند تغير شكله.

**دائرة كهربائية:** حلقة مغلقة أو مسار مغلق يسمح للشحنات الكهربائية بالتدفق خلاله.

**تيار كهربائي:** تدفق من الجسيمات المشحونة.

**مجال كهربائي:** خاصية تميّز بها المنطقة المحيطة بجسم مشحون حيث يؤثر بقوة كهربائية على غيره من الأجسام المشحونة.



electric field line / equilibrium

**electric field line:** A line that indicates the direction of the force due to the electric field on a positive test charge; the spacing between the lines indicates the field's strength; a closer line spacing indicates a stronger field; the lines never cross and they are directed toward negative charges and away from positive charges.

**electric generator:** A device that converts mechanical energy to electrical energy and consists of a number of wire loops placed in a strong magnetic field.

**electric motor:** An apparatus that converts electrical energy into mechanical energy.

**electric potential difference:** The work needed to move a positive test charge from one point to another, divided by the magnitude of the test charge; also called potential difference.

**electromagnet:** A type of magnet whose magnetic field is produced by electric current.

**electromagnetic induction:** The process of generating a current through a circuit due to a changing magnetic field or to the relative motion between a wire and a magnetic field.

**electromagnetic radiation:** Energy that is carried, or radiated, in the form of electromagnetic waves.

**electromagnetic spectrum:** The entire range of frequencies and wavelengths that make up the continuum of electromagnetic waves, including radio waves, microwaves, visible light, and X-rays.

**electromagnetic wave:** Coupled, oscillating electric and magnetic field that travels through space and matter.

**electron cloud:** The region in which there is a high probability of finding an electron.

**electroscope:** A device that is used to detect electric charges and consists of a metal knob connected by a metal stem to two thin metal leaves.

**electrostatics:** The study of electric charges that can be collected and held in one place.

**elementary charge:** The magnitude of the charge of an electron; approximately  $1.602 \times 10^{-19}$  C.

**emission spectrum:** A plot of the intensity of radiation emitted from an object over a range of frequencies.

**خط المجال الكهربائي:** خط يشير إلى اتجاه القوة الناتجة بسبب المجال الكهربائي على شحنة اختبار موجبة، وتشير المسافة بين الخطوط إلى شدة المجال. فكلما اقتربت مسافة الخط، دل ذلك على مجال أقوى. لا تتقاطع الخطوط أبدًا وتتجه مبتعدة عن الشحنات الموجبة وتتجه نحو الشحنات السالبة.

**مولّد كهربائي:** جهاز يحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية ويتكوّن من عدد من الحلقات السلكية الموضوعة في مجال مغناطيسي قوي.

**المحرك الكهربائي:** جهاز يحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

**فرق الجهد الكهربائي:** الشغل اللازم لنقل شحنة اختبار موجبة مقدارها 1 كولوم من نقطة إلى أخرى داخل المجال الكهربائي ويساوي التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات الموجبة.

**مغناطيس كهربائي:** نوع من المغناطيس ينتج مجاله المغناطيسي عن تيار كهربائي.

**حثّ كهرومغناطيسي:** عملية توليد تيار كهربائي في دائرة بسبب وجود مجال مغناطيسي متغير أو الحركة النسبية بين السلك والمجال المغناطيسي.

**إشعاع كهرومغناطيسي:** الطاقة المحمولة أو الشعبة في شكل موجات كهرومغناطيسية.

**الطيف الكهرومغناطيسي:** مجموعة كاملة من الترددات والأطوال الموجية التي تشكّل الموجات الكهرومغناطيسية، بما في ذلك موجات الراديو والموجات الدقيقة والضوء المرئي والأشعة السينية.

**موجة كهرومغناطيسية:** موجة تتكون من مجال كهربائي ومغناطيسي مزدوج ومتذبذب ينتقل عبر الفراغ والمادة.

**السحابة الإلكترونية:** المنطقة التي تزداد فيها احتمالية وجود إلكترون.

**الكشاف الكهربائي:** جهاز يُستخدم للكشف عن الشحنات الكهربائية ويتكوّن من قرص فلزي متصل برفاقتين فلزيتين عن طريق ساق فلزي.

**الكهروستاتيكا:** دراسة الشحنات الكهربائية التي يمكن جمعها ووضعها في مكان واحد.

**شحنة أولية:** مقدار شحنة الإلكترون التي تبلغ حوالي  $1.602 \times 10^{-19}$  C.

**طيف الانبعاث:** ضوء ينبعث من الأجسام المتوهجة وفي نطاق محدد من الترددات.

## energy / fundamental

**energy:** The ability of a system to produce a change in itself or in the world around it; represented by the symbol  $E$ .

**طاقة:** القدرة على بذل شغل، وتُمثَّل غالبًا بالرمز  $E$ .

**energy level:** The quantized amount of energy allowed for electrons in an atom.

**مستوى الطاقة:** كمية محددة من الطاقة يسمح للألكترون التواجد فيها في الذرة.

**entropy (EN truh pee):** A measure of the energy dispersal in a system.

**الانتروبي:** مقياس لتشتت الطاقة في نظام ما.

**equilibrant:** A force that places an object in equilibrium; the same magnitude as the resultant but opposite in direction.

**قوة الاتزان:** قوة التي تجعل الجسم متزنًا وتكون مساوية في المقدار لمحصلة القوى المؤثرة في الجسم ومعاكسة لها في الاتجاه.

**equilibrium:** The condition in which the net force on an object is zero.

**اتزان:** الحالة التي تكون فيها محصلة القوى على جسم ما تساوي صفرًا.

**equipotential (ee kwuh puh TEN shul):** The electric potential difference of zero between two or more positions in an electric field.

**نقاط تساوي الجهد:** فرق الجهد الكهربائي بين موقعين أو أكثر في مجال كهربائي يساوي صفرًا.

**equivalent resistance:** The value of a single resistor that, when it replaces all the resistors in the circuit, results in the same current.

**مقاومة مكافئة:** مقاومة واحدة تسد مكان مجموعة مقاومات في دائرة كهربائية وتتمر بنفس شدة التيار.

**excited state:** Any energy level of an atom that is higher than its ground state.

**حالة مستثارة:** عندما تمتص الذرة طاقة ويفتقر الكترون أو أكثر إلى مستوى طاقة أعلى.

**extrinsic (ek STRIHN zik) semiconductor:** Semiconductor with greatly enhanced conductivity resulting from the addition of dopants.

**شبه موصل غير نقّي:** شبه موصل تم تعزيز قدرته على التوصيل الكهربائي بإضافة ذرات شائبة بنسب محددة.

## F

**farsightedness:** A vision defect in which a person cannot see close objects clearly because images are focused behind the retina; also called hyperopia; can be corrected with a convex lens.

**طول النظر:** عيب في الإبصار لا يستطيع الشخص معه أن يرى الأجسام القريبة بوضوح بسبب تركُّز الصور وراء شبكية العين ويُسمَّى أيضًا مدُّ البصر. ويمكن تصحيحه باستخدام عدسة محدبة.

**first law of thermodynamics:** States that the change in thermal energy of a system is equal to the heat that is added to the system, minus the work done by the system.

**القانون الأول للديناميكا الحرارية:** التغير في الطاقة الداخلية لنظام ما يساوي الطاقة الحرارية المضافة إلى النظام مطروحًا منها الشغل المبذول من النظام.

**fission:** The process in which a nucleus is divided into two or more fragments, and neutrons and energy are released.

**انشطار:** العملية التي تنقسم فيها النواة إلى قسمين أو أكثر وتنتج النيوترونات والطاقة.

**fluid:** A material, such as a liquid or gas, that can flow and has no definite shape of its own.

**مائع:** مادة مثل السائل أو الغاز يمكن أن تتدفق وليس لها شكل معين خاص بها.

**focal length:** The distance between the focal point and the mirror or lens.

**البعد البؤري:** المسافة بين البؤرة والمرآة أو العدسة.

**focal point:** The point where incident light rays that are parallel to the principal axis converge after reflecting from a mirror or refracting through a lens.

**البؤرة:** نقطة تلاقي أشعة الضوء الساقط الموازية للمحور الأساسي بعد انعكاسها من مرآة أو انكسارها من خلال عدسة.

force / heat

**force:** A push or a pull exerted on an object; has both direction and magnitude and may be a contact or a field force.

**force carrier:** A particle that transmits, or carries, forces between objects interacting at a distance; also called a gauge boson.

**free-body diagram:** A physical model that represents the forces acting on a system.

**free fall:** The motion of an object body when air resistance is negligible and the motion can be considered due to the force of gravity alone.

**free-fall acceleration:** The acceleration of an object due only to the effect of gravity.

**frequency:** The number of complete oscillations a point on a wave makes each second; measured in hertz (Hz).

**fundamental:** For a musical instrument, the lowest frequency of sound that will resonate.

**fuse:** A short piece of metal that acts as a safety device by melting and stopping the current when too large a current passes through it.

**fusion:** The process in which nuclei with small masses combine to form a nucleus with a larger mass and energy is released.

**قوة:** دفع أو شد يؤثر في الجسم لها مقدار واتجاه و تكون قوة تلامس أو قوة مجال.

**حامل القوة:** جسيم ينقل القوى أو يحملها بين الأجسام المتفاعلة عن بُعد، ويسمى أيضًا بوزونًا أساسيًا.

**مخطط الجسم الحُر:** مخطط فيزيائي يظهر جميع القوى المؤثرة في جسم.

**سقوط حُر:** حركة جسم تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط ويُهمل تأثير مقاومة الهواء.

**تسارع السقوط الحُر:** تسارع جسم بتأثير قوة الجاذبية فقط.

**تردد:** عدد الذبذبات الكاملة التي تُحدثها نقطة على موجة في الثانية الواحدة ويُقاس بالهيرتز (Hz).

**التردد الأساسي:** أقل تردد لصوت الرنين الذي تصدره الآلة الموسيقية.

**منصهر:** قطعة صغيرة من تحوي سلكًا فلزيًا رقيقًا تعمل بمثابة جهاز أمان عن طريق الانصهار وقطع التيار عند مرور تيار كبير جدًا من خلالها.

**اندماج:** عملية تتحد فيها أنوية ذات كتل صغيرة لتكوين نواة ذات كتلة أكبر وإنتاج طاقة.

## G

**galvanometer (gal vuh NAH muh tur):** A device that is used to measure very small currents; can be used as a voltmeter or an ammeter.

**gamma decay:** The radioactive decay process in which there is a redistribution of energy within the nucleus but no change in atomic mass or charge, and a gamma ray is emitted.

**gravitational field:** A vector quantity that relates the mass of an object to the gravitational force it experiences at a given location; represented by the symbol  $g$ .

**gravitational force:** The attractive force between two objects that is directly proportional to the mass of the objects.

**gravitational mass:** Mass as used in the law of universal gravitation; the quantity that measures an object's response to gravitational force.

**gravitational potential energy:** The stored energy in a system resulting from the gravitational force between objects; represented by the symbol  $GPE$ .

**جلفانومتر:** جهاز يُستخدم لقياس التيارات الصغيرة جدًا ويمكن استخدامه كجهاز فولتميتر أو أميتر.

**تحلل جاما:** عملية التحلل الإشعاعي التي يُعاد فيها توزيع الطاقة داخل النواة ولكن دون تغيير في الكتلة الذرية أو الشحنة وتنبعث أشعة جاما.

**مجال الجاذبية:** كمية متجهة تربط كتلة جسم ما بقوة الجاذبية التي يتعرض لها في موقع معين وتُمثل بالرمز  $g$ .

**قوة الجاذبية:** قوة الجذب بين جسمين والتي تتناسب طرديًا مع كتلة الأجسام.

**كتلة الجاذبية:** الكتلة كما هي مستخدمة في قانون الجذب العام. وهي الكمية التي تقيس استجابة جسم لقوة الجاذبية.

**طاقة الوضع الجاذبية:** الطاقة المخزنة في نظام ما والناجمة عن قوة الجاذبية بين الأجسام، وتُمثل بالرمز  $GPE$ .

ground-fault interrupter (GFI) / incident wave

**ground-fault interrupter (GFI):** A device that contains an electronic circuit that detects small current differences caused by an extra current path; it opens the circuit, prevents electrocution, and often is required as a safety measure for bathroom, kitchen, and exterior outlets.

**grounding:** The process of removing excess charge by touching an object to Earth.

**ground state:** State of an atom with the smallest allowable amount of energy.

**قاطع التفرغ الأرضي (GFI):** جهاز يحتوي على دائرة إلكترونية تكشف عن اختلافات التيار الصغيرة الناتجة عن مسار تيار زائد. يفتح الدائرة ويمنع الصدمات الكهربائية ويكون مطلوبًا غالبًا كإجراء وقائي في الحمام والمطبخ والمنافذ الخارجية.

**تأريض:** عملية إزالة الشحنة الزائدة عن طريق ملامسة جسم للأرض.

**حالة الاستقرار:** حالة ذرة تحتوي على أصغر كمية مسموح بها من الطاقة.

## H

**half-life:** The time required for half the atoms in a given quantity of a radioactive isotope to decay.

**harmonics:** Higher frequencies, which are whole-numbered multiples of the fundamental frequency; give certain musical instruments their own unique timbre.

**heat:** A transfer of thermal energy, which occurs spontaneously from a warmer object to a cooler object; represented by  $Q$ .

**heat engine:** A device that continuously converts thermal energy to mechanical energy; requires a high-temperature thermal energy source, a low-temperature receptacle (a sink), and a way to convert the thermal energy into work.

**heat of fusion:** The amount of thermal energy required to change 1 kg of a substance from a solid state to a liquid state at its melting point.

**heat of vaporization:** The amount of thermal energy required to change 1 kg of a substance from a liquid state to a gaseous state at its boiling point.

**Heisenberg uncertainty principle:** States there is a limit to how precisely a particle's position and momentum can simultaneously be measured.

**Hooke's law:** States that the force acting on a spring is directly proportional to the amount the spring is stretched.

**hypothesis:** A possible explanation for a problem using what you know and what you observe.

**عُمر النصف:** الزمن اللازم لانحلال نصف الذرات الموجودة في كمية محددة من النظائر المشعة.

**توافقيات:** مضاعفات صحيحة للتردد الأساسي الصادر من آلة وتعطي لكل آلة نغمة خاصة.

**الحرارة:** الطاقة الحرارية المنتقلة بين الأجسام نتيجة اختلاف درجة حرارتها ورمزها  $Q$

**محرك حراري:** جهاز يحوّل الطاقة الحرارية باستمرار إلى طاقة ميكانيكية، يحتاج إلى مصدر طاقة حرارية تكون درجة حرارته مرتفعة وإناء درجة حرارته منخفضة (حوض). ومخرج لتحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي.

**الحرارة الكامنة للانصهار:** كمية الطاقة الحرارية المطلوبة لتغيير 1 kg من إحدى المواد من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة الانصهار.

**الحرارة الكامنة للتبخير:** كمية الطاقة الحرارية المطلوبة لتغيير 1 kg من إحدى المواد من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة الغليان.

**مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ:** ينص على وجود حد لمدى الدقة التي يمكن بها قياس موقع جسيم ما وكمية حركته في آن واحد.

**قانون هوك:** استطالة جسم مرن مثل نابض تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة.

**الفرضية:** تفسير محتمل لمسألة ما باستخدام المعطيات والملاحظات التي لديك.

**ideal gas law:** For an ideal gas, the pressure times the volume is equal to the number of moles, times the constant (R) and the Kelvin temperature; predicts the behavior of gases remarkably well unless under high-pressure or low-temperature conditions.

**ideal mechanical advantage:** For an ideal machine, is equal to the displacement of the effort force divided by displacement of the resistance force.

**illuminance (ih LEW muh nunts):** The rate at which light strikes a surface, or falls on a unit area; measured in lumens per square meter ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) or lux (lx).

**image:** An optical reproduction of an object formed by the combination of light rays reflected or refracted by an optical device.

**impulse:** The product of the average net force on an object and the time interval over which the force acts.

**impulse-momentum theorem:** States that the impulse on an object equals the object's final momentum minus the object's initial momentum.

**incident wave:** A wave pulse that strikes a boundary between two mediums.

**incoherent light:** Light whose waves are not in phase.

**independent variable:** The factor that is changed or manipulated during an investigation.

**index of refraction:** Determines the angle of refraction of light as it crosses the boundary between mediums; for a given medium, it is the ratio of the speed of light in a vacuum to the speed of light in that medium; represented by the symbol  $n$ .

**induced electromotive force:** The potential difference across a wire that results from the production of an electric field.

**inelastic collision:** A type of collision in which the kinetic energy after the collision is less than the kinetic energy before the collision.

**inertia (ihn UR shuh):** The tendency of an object to resist changes in velocity.

**قانون الغاز المثالي:** في الغاز المثالي، يكون حاصل ضرب الضغط في الحجم يساوي عدد المولات مضروباً في الثابت (R) ودرجة الحرارة بالكالفن، وبوساطته يتم توقع سلوك الغازات بشكل جيد ما عدا حالات الضغط المرتفع ودرجات الحرارة المنخفضة.

**العائدة الميكانيكية المثالية:** النسبة بين إزاحة القوة المبذولة على إزاحة المقاومة (الحمل).

**كثافة التدفق الضوئي:** معدل سقوط الضوء على سطح ما، أو سقوطه على وحدة المساحة، يُقاس بوحدة اللومن لكل متر مربع ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) أو lux (lx).

**صورة:** نسخة بصرية طبق الأصل من جسم ما تتكوّن عن طريق جمع الأشعة الضوئية المنعكسة أو المنكسرة باستخدام جهاز بصري.

**الدفع:** حاصل ضرب القوة المحصّلة المؤثرة في جسم ما والفترة الزمنية التي تؤثر القوة فيها.

**نظرية الدفع والزخم:** الدفع المؤثر في جسم ما يساوي التغير في زخم الجسم (الزخم النهائي مطروحاً منه الزخم الابتدائي).

**موجة ساقطة:** الموجة التي تسقط على سطح ما أو على حد فاصل بين وسطين.

**ضوء غير مترابط:** ضوء تكون موجاته مختلفة الطور.

**متغير مستقل:** العامل الذي يتم تغييره أو تعديله أثناء التجربة العملية.

**معامل الانكسار:** النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في الوسط ما ويمثل بالرمز  $n$ ، ويحدد زاوية انكسار الضوء عندما يعبر الحد الفاصل بين وسطين.

**القوة الدافعة الكهربائية المُستحثة:** فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل (ملف) نتيجة تغير التدفق المغناطيسي فيه مع الزمن.

**تصادم غير مرئي:** نوع من التصادم تكون فيه الطاقة الحركية بعد التصادم أقل منها قبله.

**التصور:** خاصية للجسم لممانعة أي تغير في حالته الحركية (سرعته المتجهة).



inertial mass / law of universal gravitation

**inertial mass:** A measure of an object's resistance to any type of force.

**instantaneous acceleration:** The change in an object's velocity at a specific instant.

**instantaneous position:** The position of an object at any particular instant.

**instantaneous velocity:** A measure of motion that tells the speed and direction of an object at a specific instant.

**insulator:** A material, such as glass, through which a charge will not move easily.

**interaction pair:** A pair of forces that are equal in strength but opposite in direction and act on different objects.

**interference:** Results from the superposition of two or more waves; can be constructive or destructive.

**interference fringes:** A pattern of light and dark bands on a screen, resulting from the constructive and destructive interference of light waves passing through two narrow, closely spaced slits in a barrier.

**intrinsic semiconductor:** Pure semiconductor that conducts charge as a result of thermally freed electrons.

**inverse relationship:** A hyperbolic relationship that exists when one variable depends on the inverse of the other variable.

**isolated system:** A closed system on which the net external force is zero.

**isotope:** Each of the differing forms of the same atom that have different masses but have the same chemical properties; atoms with the same number of protons, but different numbers of neutrons.

**كتلة قصورية:** مقياس لممانعة أو مقاومة الجسم لأي نوع من القوى.

**تسارع لحظي:** سرعة الجسم عند لحظة زمنية معينة من حركته.

**موقع لحظي:** موقع جسم ما في لحظة معينة.

**السرعة اللحظية:** قياس للحركة يوضح سرعة جسم ما واتجاهه في لحظة محددة.

**عازل:** مادة، كالزجاج لا تسمح بمرور الشحنات الكهربائية بسهولة من خلالها.

**زوج قوى التفاعل:** قوتان متزامنتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه تؤثران في جسمين مختلفين.

**تداخل:** ظاهرة موجية تنتج من تراكب موجتين أو أكثر ويمكن أن يكون التداخل بناء (الإزاحات في الاتجاه نفسه) أو هداما (الإزاحات في الاتجاهات متعاكسة).

**أهداب التداخل:** نمط من الشرائط المضيئة والمظلمة على شاشة، وينتج عن التداخل البناء والهدام لموجات الضوء التي تمر عبر فتحتين صغيرتين متقاربتين في حاجز.

**شبه موصل نقي:** شبه موصل تكون فيه حاملات الشحنة نتيجة تحرير الإلكترونات فيه بالحرارة.

**علاقة عكسية:** علاقة يتغير فيها المتغير التابع بطريقة خطية مع معكوس المتغير المستقل.

**نظام منعزل:** نظام مغلق يكون محصلة القوة الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفراً.

**النظائر:** ذرات العنصر الواحد تكون لها كتل مختلفة ولكنها تحمل نفس الخواص الكيميائية، وهي ذرات بها نفس عدد البروتونات، لكنها ذات أعداد مختلفة من النيوترونات.

## J

**joule (JEWL):** The SI unit of work and energy (J); 1 J of work is done when a force of 1 N acts on an object over a displacement of 1 m.

**جول:** وحدة قياس الشغل والطاقة في النظام الدولي ورمزه (J) ويمثل مقدار الشغل الناتج عن قوة مقدارها 1N تحريك جسمًا باتجاهها مسافة 1m

## K

**Kepler's first law:** States that the planets move in elliptical paths with the Sun at one focus.

**قانون كيبلر الأول:** ينص على أن الكواكب تتحرك في مدارات اهليلجية (بيضوية) وتكون الشمس في إحدى البؤرتين.

**Kepler's second law:** States that an imaginary line from the Sun to a planet sweeps out equal areas in equal time intervals.

**قانون كيبلر الثاني:** ينص على أن الخط الوهمي الواصل من الشمس إلى أي كوكب يمسح مساحات متساوية في فترات زمنية متساوية.

## Kepler's third law / magnitude

**Kepler's third law:** States that the square of the ratio of the periods of any two planets is equal to the cube of the ratio of their average distances from the Sun.

**kilowatt-hour:** An energy unit used by electric companies to measure energy sales; 1 kWh is equal to 1000 watts (W) delivered continuously for 3600 s (1 h).

**kinetic energy:** The energy of an system that is associated with its motion.

**kinetic friction:** The force exerted on one surface by a second surface when the two surfaces rub against each other because one or both of the surfaces are moving.

**قانون كبلر الثالث:** ينص على أن مربع نسبة الزمن الدوري لأي كوكبين يساوي مكعب النسبة بين متوسط بعدهما من الشمس.

**كيلوواط ساعة:** وحدة قياس للطاقة تستخدمها شركات الكهرباء لقياس مبيعات الطاقة. حيث 1 kWh يساوي 3600 kJ

**الطاقة الحركية:** طاقة النظام المرتبطة بحركته.

**قوة الاحتكاك الحركي:** القوة التي تؤثر في سطح ما عن طريق سطح آخر عندما يحتك السطحان ببعضهما البعض بسبب تحرك أحدهما أو كليهما.

**laser:** A device that produces powerful, coherent, directional, monochromatic light that can be used to excite other atoms; the acronym stands for *light amplification by stimulated emission of radiation*.

**law of conservation of angular momentum:** States that if there are no net external torques on a closed system, then its angular momentum is conserved.

**law of conservation of energy:** States that in a closed, isolated system, energy is not created or destroyed, but rather, is conserved.

**law of conservation of momentum:** States that the momentum of any closed, isolated system does not change.

**law of reflection:** States that the angle of incidence is equal to the angle of reflection.

**law of universal gravitation:** States that gravitational force between any two objects is directly proportional to the product of their masses and inversely proportional to the square of the distance between their centers.

**lens:** A piece of transparent material, such as glass or plastic, that is used to focus light and form an image.

**Lenz's law:** States that an induced current always is produced in a direction such that the magnetic field resulting from the induced current opposes the change in the magnetic field that is causing the induced current.

**ليزر:** جهاز يُصدر ضوءاً قوياً ومرتبطاً وموجهاً وأحادي الطول الموجي يمكن استخدامه في إثارة الذرات الأخرى؛ ويشير الاختصار إلى تضخيم الضوء بانبعثات الإشعاع المتأثر.

**قانون حفظ الزخم الزاوي:** في حالة انعدام محصلة العزوم الخارجية على جسم فإن كمية الحركة الزاوية ( الزخم الزاوي ) يكون محفوظاً.

**قانون حفظ الطاقة:** ينص على أن الطاقة في النظام المغلق والمعزول لا تفتى ولا تستحدث لذلك تبقى ثابتة.

**قانون حفظ الزخم:** الزخم الكلي في أي نظام مغلق ومعزول ثابت ولا يتغير.

**قانون الانعكاس:** ينص على أن زاوية سقوط الشعاع الضوئي تساوي زاوية انعكاسه.

**قانون التجاذب العام:** ينص على أن قوة التجاذب بين أي جسمين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وتتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما.

**عدسة:** قطعة من مادة شفافة، كالزجاج أو البلاستيك مثلاً. تُستخدم لتركيز الضوء وتكوين صورة.

**قانون لينز:** ينص على أنه يتم دائماً توليد التيار المُستحث في اتجاه ما بحيث يعترض المجال المغناطيسي الناتج عن التيار المُستحث التغير في المجال المغناطيسي المُسبب للتيار المُستحث.

lepton / net force

**lepton:** An elementary particle, such as an electron or a neutrino, that forms mass but belongs to a different family than quarks.

**lever arm:** The perpendicular distance from the axis of rotation to the point where force is exerted.

**linear relationship:** A relationship in which the dependent variable varies linearly with the independent variable.

**line of best fit:** A line drawn on a graph as close to all the data points as possible; used to describe data and predict where new data will appear on the graph.

**longitudinal wave:** A mechanical wave in which the disturbance is in the same direction, or parallel to, the direction of wave travel.

**loudness:** Sound intensity as sensed by the ear and interpreted by the brain; depends mainly on the pressure wave's amplitude.

**luminous flux:** The rate at which light energy is emitted from a luminous source; measured in lumens (lm).

**luminous source:** An object, such as the Sun or a lightbulb, that emits light

**ليبتون:** جسيم أولي مثل الإلكترون أو النيوترينو. يُكوّن كتلة لكنه ينتمي إلى عائلة مختلفة عن التي تنتمي لها الكواركات.

**ذراع العتلة:** المسافة العمودية الواصلة من محور الدوران إلى النقطة التي تؤثر فيها القوة.

**علاقة خطية:** علاقة يتغير فيها المتغير التابع بطريقة خطية مع المتغير المستقل.

**الخط البياني الأفضل تمثيلاً:** الخط البياني الذي يشمل أكبر عدد من النقاط على الرسم البياني. ويُستخدم في وصف البيانات والتنبؤ بإمكان ظهور البيانات الجديدة على الرسم البياني.

**موجة طولية:** موجة ميكانيكية يكون اتجاه الاهتزاز في نفس اتجاه حركة الموجة أو في اتجاه مواز له.

**شدة الصوت:** شدة الصوت التي تحس بها الأذن ويسرها الدماغ. وتعتمد اعتماداً أساسياً على سعة موجة الضغط.

**تدفق ضوئي:** معدل انبعاث الطاقة الضوئية من أحد مصادر الضوء. ويُقاس بوحدة اللومن (lm).

**مصدر ضوئي:** جسم، كالشمس أو مصباح كهربائي مثلاً، ينبعث منه الضوء.

## M

**machine:** A device that makes work easier (but does not change the amount of work) by changing the magnitude or the direction of the force exerted to do work.

**magnetic field:** The area around a magnet, or around any current-carrying wire or coil of wire, where a magnetic force exists.

**magnetic flux:** The number of magnetic field lines that pass through a perpendicular surface.

**magnification:** The amount that an image is enlarged or reduced in size, relative to the object

**magnitude:** A measure of size.

**Malus's law:** States that the intensity of light coming out of a second polarizing filter equals the intensity of polarized light coming out of a first polarizing filter times the cosine, squared, of the angle between the polarizing axes of the two filters.

**آلة:** جهاز يسهل العمل من خلال تغيير مقدار أو اتجاه القوة المطبقة.

**مجال مغناطيسي:** المنطقة المحيطة بمغناطيس ما، أو المحيطة بأي سلك أو ملف يسري فيه تيار. حيث توجد قوة مغناطيسية.

**تدفق مغناطيسي:** عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تمر عمودياً عبر سطح ما.

**التكبير:** مقدار تكبير الصورة أو تصغيرها. بالنسبة إلى الجسم.

**المقدار:** قياس لكمية معينة.

**قانون مالوس:** ينص على أن شدة الضوء الخارج من مرشح استقطاب ثانٍ تساوي شدة الضوء المُستقطب الخارج من مرشح الاستقطاب الأول مضروباً في مربع جيب تمام الزاوية الواقعة بين محاور الاستقطاب في المرشحين.

mass defect / origin

**mass defect:** The difference between the sum of the masses of individual nucleons and the mass of the assembled nucleus.

**mass number:** The number of nucleons in an atom's nucleus.

**mass spectrometer:** Device that uses both electric and magnetic fields to measure the charge-to-mass ratio of positive ions within a material; can be used to determine the masses of ions.

**measurement:** A comparison between an unknown quantity and a standard.

**mechanical advantage:** The ratio of resistance force to effort force.

**mechanical energy:** The sum of kinetic energy and potential energy of the objects in a system.

**microchip:** An integrated circuit consisting of thousands of diodes, transistors, resistors, and conductors.

**model:** A representation of an idea, event, structure, or object to help people better understand it.

**moment of inertia:** The resistance to rotation.

**momentum:** The product of the object's mass and the object's velocity; measured in kg·m/s.

**monochromatic light:** Light having only one wavelength.

**motion diagram:** A series of images showing the positions of a moving object taken at regular (equal) time intervals.

**mutual inductance:** Effect in which a changing current in a coil creates a changing magnetic field that induces a varying *EMF* in a second coil.

**nearsightedness:** A vision defect in which a person cannot see distant objects clearly because images are focused in front of the retina; also called myopia; can be corrected with a concave lens.

**net force:** The vector sum of all the forces on an object.

**neutral:** An object whose positive charges are exactly balanced by its negative charges.

**نقص الكتلة:** الفرق بين مجموع كتل النويات الفردية وكتلة النواة المُجمّعة.

**العدد الكتلي:** عدد النويات الموجودة في نواة الذرة.

**مطياف الكتلة:** جهاز يستخدم المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي في قياس نسبة شحنة الأيونات الموجبة إلى كتلتها في مادة ما، ويمكن استخدامه لتحديد كتل الأيونات.

**القياس:** مقارنة بين كمية غير معلومة وأخرى قياسية.

**فائدة ميكانيكية:** النسبة بين قوة المقاومة والقوة المطبقة.

**طاقة ميكانيكية:** مجموع طاقة الحركة وطاقة الوضع للأجسام في نظام ما.

**رقاقة إلكترونية صغيرة:** دائرة مُدمجة تتكوّن من آلاف من الصمامات الثنائية والترانزستورات والمقاومات والتوصيلات.

**نموذج:** تمثيل لفكرة أو حدث أو بنية أو جسم ما لمساعدة الأشخاص على فهمه على نحو أفضل.

**عزم التصور الذاتي:** مقاومة نظام أو جسم للدوران حول محور.

**كمية الحركة (الزخم):** حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة؛ يُقاس بوحدة kg·m/s.

**ضوء أحادي اللون:** ضوء له طول موجي واحد فقط.

**مخطط الحركة:** سلسلة من الصور توضح مواقع جسم متحرك تم التقاطها على فترات زمنية منتظمة (متساوية).

**حثّ متبادل:** عملية يتم فيها تغير شدة التيار المار في دائرة يولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً يعمل على توليد قوة محرّكة كهربائية مستحثة *EMF* في دائرة مجاورة.

**قصر النظر:** عيب في الإبصار يجعل الشخص لا يستطيع أن يرى الأجسام البعيدة بوضوح بسبب تركّز الصور أمام شبكية العين، ويُستَـمَى أيضاً الخسر ويمكن تصحيحه باستخدام عدسة مقعّرة.

**القوة المحصّلة (محصّلة القوى):** حاصل جمع متجهات كل القوى المؤثرة في جسم ما.

**متعادل:** جسم تتعادل شحنته الموجبة مع شحنته السالبة تماماً.

## Newton's first law / plane mirror

**Newton's first law:** States that an object at rest will remain at rest and a moving object will continue moving in a straight line with constant speed, if and only if the net force acting on that object is zero.

**Newton's second law:** States that the acceleration of an object is proportional to the net force and inversely proportional to the mass of the object being accelerated.

**Newton's second law for rotational motion:** States that the angular acceleration of an object is directly proportional to the net torque on it and inversely proportional to its moment of inertia.

**Newton's third law:** States that all forces come in pairs and that the two forces in a pair act on different objects, are equal in strength, and are opposite in direction.

**node:** The stationary point where two equal wave pulses meet and are in the same location, having a displacement of zero.

**normal:** The line in a ray diagram that shows the orientation of the barrier or mirror and is drawn at a right angle, or perpendicular, to the barrier or mirror.

**normal force:** The perpendicular contact force exerted by a surface on an object.

**nuclear reaction:** Occurs when the energy or number of neutrons or protons in a nucleus changes.

**nucleon:** A particle found in the nucleus of an atom; that is, a proton or a neutron.

**nucleus:** The tiny, massive, positively charged central core of an atom.

**القانون الأول لنيوتن:** الجسم الساكن يبقى ساكناً والجسم المتحرك يبقى متحركاً في خط مستقيم وبسرعة ثابتة إذا كانت محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفراً.

**القانون الثاني لنيوتن:** عجلة (تسارع) حركة جسم ما تتناسب طردياً مع محصلة القوى المؤثرة فيه وعكسياً مع كتلته.

**القانون الثاني لنيوتن للحركة الدائرية:** العجلة الزاوية لجسم ما تتناسب طردياً مع محصلة عزم الدوران (القوة) المؤثر فيه وعكسياً مع عزم القصور الذاتي للجسم.

**القانون الثالث لنيوتن:** جميع القوى تكون على شكل أزواج وقوتا كل زوج تؤثران في جسمين مختلفين وهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

**عُقدة:** نقطة ساكنة تتقابل عليها موجبتان متساويتان ويقعان في الموقع نفسه، ومقدار الإزاحة المحصلة لهما يساوي صفراً.

**العمود المقام:** خط عمودي في مخطط النموذج الإشعاعي يرسم على السطح العاكس أو الحد الفاصل بين وسطين.

**القوة المتعامدة:** القوة التي يؤثر فيها السطح باتجاه عمودي على الجسم الملامس له.

**تفاعل نووي:** تفاعل يحدث فيه تغير في الطاقة أو في عدد البروتونات والنيوترونات في أنوية الذرات.

**نووية:** جسيم موجود في نواة الذرة؛ يُسمى بروتون أو نيوترون.

**نواة:** جزء الذرة المركزي الصغير والثقيل الوزن الذي يحمل شحنات موجبة.

**object:** A luminous or illuminated source of light rays.

**opaque (oh PAYK):** A property of a medium that allows that medium to absorb light and reflect some light rather than transmitting it, preventing objects from being seen through it.

**open-pipe resonator:** A resonating tube with both ends open that also will resonate with a sound source; its resonant frequencies are whole-number multiples of the fundamental.

**جسم:** مصدر مضيء أو مستضاء بالأشعة الضوئية.

**مُعتم:** خاصية من خواص الوسط تسمح لهذا الوسط بامتصاص الضوء وعكس جزء ضئيل منه بدلاً من نقله، مما يمنع رؤية الأجسام بوضوح من خلاله.

**الرنين في أنبوب مفتوح الطرفين:** أنبوب رنين مزود بنهايتين مفتوحتين يُصدر رنيناً مع مصدر الصوت، وترددات الرنين بداخله هي مضاعفات الأعداد الصحيحة لتردد الأساسي للصوت الصادر.



origin / projectile

**origin:** The point at which both variables in a coordinate system have the value zero.

**نقطة المرجع:** نقط في النظام الاحداثي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين تساوي صفراً.

## P

**pair production:** The conversion of energy into a matter-antimatter pair of particles.

**إنتاج الزوج:** تحول الطاقة إلى جسيمات مزدوجة "مادة وضديد المادة"

**parallel circuit:** A type of electric circuit in which there are several current paths; its total current is equal to the sum of the currents in the individual branches, and if any branch is opened, the current in the other branches remains unchanged.

**دائرة التوازي:** دائرة كهربائية فيها أكثر من مسار للتيار الكهربائي ويكون التيار الكلي بها مساوياً لحاصل جمع التيارات في جميع المسارات . وإذا فتحت دائرة أي مسار لا تتأثر تيارات المسارات الأخرى.

**parallel connection:** A type of connection in which there are two or more current paths to follow.

**توصيل على التوازي:** نوع من التوصيل يوجد مساران للتيار أو أكثر ليتدفق خلالها.

**particle model:** A simplified version of a motion diagram in which the moving object is replaced by a series of single points.

**نموذج الجسيم:** مخطط نقطي لمواقع الجسم خلال حركته.

**pascal:** The SI unit of pressure; equal to  $1 \text{ N/m}^2$ .

**باسكال:** وحدة قياس الضغط في النظام الدولي للوحدات، وتساوي  $1 \text{ N/m}^2$ .

**Pascal's principle:** States that any change in pressure applied at any point on a confined fluid is transferred undiminished throughout the fluid.

**مبدأ باسكال:** أي تغيير في الضغط المؤثر على أي نقطة في مائع محبوس في وعاء ينتقل بالكامل إلى جميع أجزاء المائع.

**period:** In any periodic motion, the amount of time required for an object to repeat one complete cycle of motion.

**زمن دوري:** في أي حركة دورية، الزمن اللازم لكي يكرر جسم ما دورة واحدة كاملة من الحركة.

**periodic motion:** Any motion that repeats in a regular cycle.

**حركة دورية:** حركة تتكرر بالكيفية نفسها بانتظام.

**periodic wave:** A wave whose disturbances occur at a constant rate.

**موجة دورية:** موجة تتولد من الاضطراب بمعدل ثابت.

**photoelectric effect:** The emission of electrons by certain metals that occurs when they are exposed to electromagnetic radiation.

**التأثير الكهروضوئي:** انبعاث الإلكترونات من بعض الفلزات عند تعريضها للإشعاع الكهرومغناطيسي مناسب.

**photon:** A discrete, quantized bundle of radiation that travels at the speed of light, has zero mass, and has energy and momentum.

**فوتون:** كمية منفصلة من الإشعاع الكهرومغناطيسي تتحرك بسرعة الضوء ولها طاقة وكمية حركة ولا كتلة لها في حالة السكون.

**physics:** The branch of science that studies matter and energy and their relationships.

**علم الفيزياء:** فرع العلم الذي يتناول بالدراسة المادة والطاقة والعلاقات بينهما.

**piezoelectricity:** The property of a crystal that causes it to bend or deform, producing electric vibrations, when a voltage is applied across it.

**كهرباء ضغظية:** خاصية من خواص البلورات تتسبب في ثنيها أو تشويهها، وتنتج ذبذبات كهربائية، عند تأثير جهد كهربائي عليها.

**pitch:** The highness or lowness of a sound, which depends on the frequency of vibration; can be given a name on the musical scale.

**درجة الصوت:** ارتفاع الصوت أو انخفاضه، والذي يعتمد على تردد الاهتزاز، ولها اسم على السلم الموسيقي.

plane mirror quadratic relationship / refraction

**plane mirror:** A flat, smooth surface from which light is reflected by specular reflection, producing a virtual image that is the same size as the object, has the same orientation, and is the same distance from the mirror as the object.

**plasma:** A gaslike, fluid state of matter made up of negatively charged electrons and positively charged ions that can conduct electric charge; makes up most of the matter in the universe, such as stars.

**polarization:** Production of light with a specific pattern of oscillation.

**polarized:** The characteristic of magnets that they have two opposite ends called poles.

**position:** The distance and direction from the origin to an object.

**position-time graph:** A graph that can be used to determine an object's velocity and position, as well as where and when two objects meet, made by plotting the time data on a horizontal axis and the position data on a vertical axis.

**potential energy:** Stored energy due to the interactions between objects in a system.

**power:** The rate at which energy is transformed.

**precision:** A characteristic of a measured value describing the degree of exactness of a measurement.

**pressure:** The perpendicular component of a force on a surface divided by the surface's area.

**primary color:** Red, green, and blue, which can be combined to form white light and mixed in pairs to produce the secondary colors yellow, cyan, and magenta.

**primary pigment:** Cyan, magenta, and yellow, each of which absorbs one primary color from white light and reflects two primary colors; can be mixed in pairs to produce the secondary pigments red, green, and blue.

**principal axis:** A straight line perpendicular to the surface of a mirror or lens that divides the mirror or lens in half.

**principal quantum number:** The integer ( $n$ ) that determines the quantized values of  $r$  and  $E$  for an electron's orbital radius in hydrogen and the energy of a hydrogen atom.

**مرآة مستوية:** سطح مستو وأملس ينعكس عنه الضوء عن طريق الانعكاس المباشر. وينتج صورة تقديرية بنفس حجم واتجاه الجسم. وينفس المسافة من المرآة والمحددة للجسم.

**بلازما:** حالة سائلة للمادة مشابهة للحالة الغازية تتكوّن من إلكترونات تحمل شحنات سالبة وأيونات تحمل شحنات موجبة ويمكنها توصيل شحنات كهربائية؛ وتُشكّل معظم المواد في الكون، مثل النجوم.

**استقطاب:** تنذبذب موجات الضوء في نمط واحد فقط.

**مفنتة:** خاصية من خواص المغناطيس. الذي يكون له طرفان مختلفان يُطلق عليهما الأقطاب.

**موقع:** بعد الجسم واتجاهه من نقطة الأصل.

**منحنى الموقع - الزمن:** رسم بياني يمكن استخدامه في تحديد السرعة المتجهة لجسم ما وموقعه. بالإضافة إلى مكان تلاقي الجسمين والزمن المحدد لذلك. ويُنشئ عن طريق التمثيل البياني لبيانات الزمن على المحور الأفقي وبيانات الموقع على المحور الرأسي.

**طاقة الوضع:** طاقة مخزنة بسبب التفاعلات القائمة بين الأجسام في نظام ما.

**القدرة:** المعدل الزمني لنقل الطاقة و تساوي الشغل المبذول خلال وحدة الزمن.

**دقة:** خاصية من خصائص الكمية الفيزيائية المقیسة التي تصف درجة تقارب القياس الذي حصل عليه في التجريب مع القيمة الحقيقية له.

**ضغط:** القوة المؤثرة عمودياً على السطح مقسومة على مساحة السطح.

**لون أساسي:** الضوء الأحمر والأخضر والأزرق. يمكن دمجها لتكوين ضوء أبيض وتُمرّج في أزواج لتكوين الألوان الثانوية الأصفر والأزرق الفاتح والأحمر المزرقي.

**صبغة أساسية:** وتشمل الأزرق الفاتح والأحمر المزرقي والأصفر. يختص كل لون منها بامتصاص لون أساسي واحد من الضوء الأبيض وعكس لونين أوليين؛ ويمكن خلطها في زوجين لتكوين الصبغات الثانوية الحمراء والخضراء والزرقاء.

**محور أساسي:** خط مستقيم عمودي على سطح مرآة أو عدسة يمتدّ المرآة أو العدسة نصفين.

**عدد الكمّ الرئيس:** عدد صحيح ( $n$ ) يحدد القيم المكمّاة لنصف القطر والطاقة للإلكترون ذرة الهيدروجين.

**principle of superposition:** States that the displacement of a medium caused by two or more waves is the algebraic sum of the displacements of the individual waves.

**projectile:** An object shot through the air, such as a football, that has independent vertical and horizontal motions and, after receiving an initial thrust, travels through the air only under the force of gravity.

**مبدأ التراكب:** ينص على أن إزاحة الوسيط الناتجة عن موجتين أو أكثر تمثل حاصل الجمع الجبري لإزاحات الموجات الفردية.

**المقذوف:** جسم يتم إطلاقه في الهواء. ككرة القدم مثلاً. له حركتين مستقلتين رأسية وأفقية، وبعد التأثير عليه بقوة دفع ابتدائية، يتحرك في الهواء تحت تأثير قوة الجاذبية فقط.

**quadratic relationship:** A parabolic relationship that results when one variable depends on the square of another variable.

**quantized:** The property of energy that it exists only in bundles of specific amounts.

**quantum mechanics:** The study of the properties of matter using its wave properties.

**quantum model:** A model of the atom that predicts only the probability that an electron is in a specific region.

**quark:** A tiny elementary particle that forms mass and can combine with other quarks to form larger particle such as protons, neutrons, and pions.

**علاقة تربيعية:** علاقة يتغير فيها المتغير التابع بطريقة أسية للقوة 2 مع المتغير المستقل.

**الكم:** خاصية من خواص الطاقة توجد فقط

**ميكانيكا الكم:** دراسة خصائص المادة باستخدام خصائص موجاتها.

**نموذج الكم:** نموذج للذرة يتنبأ فقط بالاحتمال وجود إلكترون ما في منطقة معينة.

**كوارك:** جسيم صغير أولي يشكّل الكتلة ويمكنه الاندماج مع غيره من الكواركات لتكوين جسيم أكبر كالبروتونات والنيوترونات والبايونات.

**radian:**  $\frac{1}{2} \pi$  of a revolution; abbreviated rad.

**radiation:** The thermal transfer of energy by electromagnetic waves.

**radioactive:** Materials with nuclei that emit particles and energy.

**ray:** A line drawn at a right angle to a wavefront; represents the direction of wave travel.

**Rayleigh criterion:** States that if the central bright spot of one image falls on the first dark ring of the second image, the images are at the limit of resolution.

**ray model of light:** A model that represents light as a ray that travels in a straight path, whose direction can be changed only by encountering a boundary.

**real image:** An optical image that is formed by the converging of light rays.

**الراديان:**  $\pi$  زاوية تحصر قواسم طولها يساوي نصف قطر الدائرة. ويعادل بالدرجات 57.3.

**إشعاع:** انتقال حراري للطاقة عبر الموجات الكهرومغناطيسية.

**مواد مشعة:** مواد أنويتها تنبعث منها الجسيمات والطاقة.

**شعاع:** خط مستقيم عمودي على مقدمة الموجة؛ ويمثل اتجاه انتقال الموجة.

**مقياس رايلي:** ينص على أنه في حالة سقوط نقطة مضيئة مركزية في الصورة الأولى على الحلقة المظلمة الأولى في الصورة الثانية، ستمثل الصورتان حد دقة الوضوح.

**نموذج شعاع الضوء:** نموذج يُمثل الضوء على هيئة شعاع ينتقل في مسار مستقيم. يمكن تغيير اتجاهه فقط عند الاصطدام بحد ما.

**صورة حقيقية:** صورة بصرية تتكوّن عن طريق تقارب أشعة الضوء.



self-inductance / sound wave

**receiver:** A device that converts oscillating potential differences in an antenna to sound, pictures, or data.

**reference frame:** A coordinate system from which motion is viewed.

**reference level:** The position where gravitational potential energy is defined as zero.

**reflected wave:** A returning wave that results from some of the energy of the incident wave's pulse being reflected backward.

**refraction:** The change in direction of waves at the boundary between two different mediums.

**resistance:** The measure of how strongly an object or material impedes the flow of electric charge produced by a potential difference; equal to the potential difference divided by the current.

**resistance force:** The force exerted by a machine.

**resistor:** A device with a specific resistance; may be made of long, thin wires, graphite, or semiconductors and often is used to control the current in circuits or parts of circuits.

**resonance:** A special form of periodic motion that occurs when small forces are applied at regular intervals to an oscillating or vibrating object and the amplitude of the vibration increases.

**resultant:** A vector that represents the sum of two other vectors; it always points from the first vector's tail to the last vector's tip.

**rotational kinetic energy:** Kinetic energy of a system due to its rotational motion, proportional to the system's moment of inertia and the square of its angular velocity.

**scalar:** A quantity, such as temperature or distance, that is just a number without any direction.

**scientific law:** A statement about what happens in nature and seems to be true all the time.

**scientific methods:** The patterns of investigation procedures.

**جهاز استقبال:** جهاز يُحوّل فرق الجهد المتذبذب في هوائي إلى أصوات أو صور أو بيانات.

**إطار مرجعي:** نظام إحداثي يمكن ملاحظة الحركة من خلاله.

**مستوى مرجعي:** موقع تساوي طاقة الوضع الجذبية فيه صفراً.

**موجة منعكسة:** موجة مرتدة عن حاجز تحمل معها الطاقة من الموجة الساقطة.

**ظاهرة الانكسار:** تغيير في اتجاه انتشار الموجات أو طولها الموجي أو كليهما عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين.

**المقاومة الكهربائية:** مقدرة المادة على اعاققة تدفق الشحنات الكهربائية التي ينتجها فرق الجهد؛ وتساوي فرق الجهد مقسوماً على شدة التيار.

**قوة المقاومة:** القوة التي تبذلها آلة ما.

**مقاوم:** جهاز مزوّد بمقاومة معينة. قد يكون مصنوعاً من أسلاك طويلة ورفيعة أو الكربون اللين أو أشباه الموصلات. ويستخدم غالباً في التحكم في التيار المار في الدوائر الكهربائية أو أجزاء من الدوائر الكهربائية.

**رنين:** حالة مميّز للحركة الدورية يحدث عندما تؤثر قوى صغيرة في فترات منتظمة على جسم متذبذب أو مهتز وتكون سعة الاهتزاز في ازدياد.

**محصّلة:** متجه يمثل حاصل جمع متجهين أو أكثر؛ يبدأ دائماً من ذيل المتجه الأول وصولاً إلى رأس المتجه الأخير.

**طاقة حركية دورانية:** الطاقة الحركية لنظام ما بسبب حركته الدورانية، وتتناسب طردياً مع عزم القصور الذاتي في النظام ومربع سرعته الزاوية.

**كمية غير متجهة (قياسية):** كمية، كدرجة حرارة أو مسافة على سبيل المثال، تُمثل عدداً دون أي اتجاه.

**قانون علمي:** تصريح يتناول ما يحدث في الطبيعة ويبدو حقيقياً دائماً.

**طرق علمية:** أنماط من إجراءات الاستقصاء تعتمد على الملاحظة ووضع الفرضية واختبارها والوصول للنتائج وتعميمها.

specific heat / superconductor

**scientific theory:** An explanation of things or events based on knowledge gained from many observations and investigations.

**secondary color:** Yellow, cyan, and magenta, each of which is produced by combining two primary colors.

**secondary pigment:** Red, green, and blue, each of which absorbs two primary colors from white light and reflects one primary color; can be produced by mixing pairs of cyan, magenta, and yellow pigments.

**second law of thermodynamics:** States that whenever there is an opportunity for energy dispersal, the energy always spreads out; states that natural processes go in a direction that maintains or increases the total entropy of the universe.

**self-inductance:** The property of a wire, either straight or in a coil, to create an induced *EMF* that opposes the change in the potential difference across the wire.

**semiconductor:** Material that behaves as a conductor under certain conditions and as an insulator in others; can be used to make solid-state electronic components.

**series circuit:** A type of electric circuit in which there is only one current path and all current travels through each device; the current is the same everywhere and is equal to the potential difference divided by the equivalent resistance.

**series connection:** A type of connection in which there is only a single current path.

**short circuit:** Occurs when a very low resistance circuit is formed, causing a very large current that could easily start a fire from overheated wires.

**significant figures:** All the valid digits in a measurement, the number of which indicates the measurement's precision.

**simple harmonic motion:** A motion that occurs when the restoring force on an object is directly proportional to the object's displacement from the equilibrium position.

**simple pendulum:** A device that can demonstrate simple harmonic motion when its bob (a massive ball or weight), suspended by a string or light rod, is pulled to one side and released, causing it to swing back and forth.

**نظرية علمية:** تفسير الأشياء أو الأحداث استناداً إلى المعرفة المكتسبة من عدة ملاحظات وتحقيقات.

**لون ثانوي:** الأصفر والأزرق الفاتح والأحمر المزرقي. يتكوّن كل لون منها بدمج لونين أساسيين.

**صبغة ثانوية:** الحمراء والخضراء والزرقاء. تختص كل صبغة منها بامتصاص لونين أساسيين من الضوء الأبيض وعكس لون أساسي واحد؛ ويمكن تكوينها بخلطها في زوج من الصبغات الأزرق الفاتح والأحمر المزرقي (الفوشي) والصفراء.

**القانون الثاني للديناميكا الحرارية:** ينص على أنه عندما توجد فرصة لتشتت الطاقة، فإن الطاقة تنتشر دائماً. وينص على أن العمليات الطبيعية تتم بشكل يؤدي إلى الحفاظ على إجمالي قيمة الإنتروبي في الكون أو زيادة قيمته.

**حثّ ذاتي:** عملية توليد قوة محرّكة كهربائية مستحثة *EMF* في دائرة مغلقة تتغير فيها شدة التيار.

**شبه الموصل:** مادة تسلك كالموصل تحت ظروف معينة وكالعازل في ظروف أخرى. ويمكن استخدامها لتصنيع الأدوات الإلكترونية لمواد الحالة الصلبة.

**دائرة التوالي:** نوع من الدوائر الكهربائية يسري به مسار تيار فيها التيار عبر مسار واحد عبر كل جهاز.

**توصيل على التوالي:** أحد أنواع التوصيلات يكون فيه مسار واحد فقط لمرور التيار.

**دائرة القصير:** تحدث عند تكوين دائرة كهربائية تكون مقاومتها منخفضة جداً، مما يتسبب في توليد تيار عالٍ جداً قد يؤدي إلى احتراق الأسلاك.

**أرقام معنوية:** جميع الأرقام التي تدل على قياس كمية ما متضمنة رقماً تقديرياً في الخانة الأخيرة وتدل على مدى ضبط القياس.

**حركة توافقية بسيطة:** حركة اهتزازية تتناسب فيها قوة الأرجاع طردياً مع إزاحة الجسم عن موضع الاتزان *SHM*.

**بندول بسيط:** جهاز يستطيع أن يوضح الحركة التوافقية البسيطة عند شد ثقل البندول (كرة أو وزن ضخمة)، معلق بخيط أو حبل خفيف، إلى أحد الجانبين ثم إطلاقه. مما يتسبب في تحركه ذهاباً وإياباً.

surface wave / torque

**solenoid (SOH luh noyd):** A long coil of wire with many spiral loops that is attached to a circuit; fields from each loop add to the fields of the other loops, creating a greater total field strength.

**sound level:** A logarithmic scale that measures sound intensities; depends on the ratio of the intensity of a particular sound wave to the intensity of the most faintly heard sound; unit of measurement is the decibel (dB).

**sound wave:** A pressure variation transmitted through matter as a longitudinal wave; it reflects and interferes and has frequency, wavelength, speed, and amplitude.

**specific heat:** The amount of energy that must be added to a material to raise the temperature of a unit mass by one temperature unit; measured in J/kg·K.

**specular reflection:** A reflection produced by a smooth surface in which parallel light rays are reflected in parallel.

**spherical aberration:** The image defect of a spherical mirror or lens that does not allow parallel light rays far from the principal axis to converge at the focal point and produces an image that is fuzzy, not sharp.

**Standard Model:** A model of matter in which all elementary particles can be grouped into three families—quarks, leptons, and force carriers.

**standing wave:** A wave that appears to be standing still, produced by the interference of two traveling waves moving in opposite directions.

**static friction:** The force exerted on one surface by a second surface when there is no motion between the two surfaces.

**step-down transformer:** A type of transformer in which the voltage coming out of the transformer is smaller than the voltage put into the transformer.

**step-up transformer:** A type of transformer in which the voltage coming out of the transformer is larger than the voltage put into the transformer.

**ملف لولبي:** سلك طويل ملفوف حلزونياً، به عدد كبير من اللفات. يتم توصيله بدائرة كهربائية بحيث المجال المغناطيسي الناشئ من كل لفة يضاف إلى اللفات الأخرى. وهذا من شأنه زيادة إجمالي شدة المجال.

**مستوى الصوت:** مقياس لوغاريتمي يقيس شدة الصوت، ويعتمد على نسبة شدة موجة صوتية معينة إلى شدة الصوت الخافت جداً. ووحدة قياس الصوت هي ديسيبل (dB).

**موجة صوتية:** تباين الضغط المنقول خلال وسط مادي كموجة طولية يحدث لها انعكاس وتداخل ولها تردد وطول موجي وسرعة وسعة.

**الحرارة النوعية للمادة:** كمية الطاقة التي يجب إضافتها إلى مادة ما لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة درجة سيليزية واحدة. ووحدة قياسها هي جول/كيلو جرام كلغ (J/kg·K).

**انعكاس منتظم:** انعكاس ينتج عن سطح مصقول تنعكس عليه كل الأشعة الضوئية المتوازية بصورة متوازية.

**زيغ كروي:** ظاهرة ضوئية تنتج عن اختلاف مقدر المرآة أو العدسة على تجميع الأشعة البعيدة عن المحور الأساسي في نقطة واحدة فتتكون للجسم صورة غير واضحة.

**النموذج المعياري للمادة:** نموذج المادة الذي يتم تصنيف كل الجسيمات الأولية فيه إلى ثلاث مجموعات: الكواركات واللبتونات وحاملات القوة.

**موجة مستقرة:** الموجة التي تبدو مستقرة وساكنة، وتنتج من تداخل موجتين متماثلتين تتحركان في اتجاهين معاكسين.

**قوة الاحتكاك السكوني:** القوة التي يبذلها أحد السطحين على السطح الآخر في حالة انعدام الحركة بين السطحين.

**محول خافض للجهد:** نوع من المحولات يكون فيه الجهد الخارج من المحول أقل من الجهد الداخل في المحول.

**محول رافع للجهد:** نوع المحولات يكون فيه الجهد الخارج من المحول أكبر من الجهد الداخل في المحول.

القاموس /  
Glossary

total internal reflection / velocity-time graph

**stimulated emission:** The process that occurs when an excited atom is struck by a photon having energy equal to the energy difference between the excited state and the ground state—the atom drops to the ground state and emits a photon with energy equal to the energy difference between the two states.

**streamlines:** Lines representing the flow of fluids around objects.

**strong nuclear force:** An attractive force between nucleons that binds the nucleus together; is of the same strength between all nucleon pairs.

**superconductor:** A material with zero resistance that can conduct electricity without thermal energy transformations.

**surface wave:** Disturbance in which the medium's particles follow a circular path that is at times parallel to the direction of wave travel and at other times perpendicular to the direction of wave travel.

**system:** Object or objects of interest that can interact with each other and the external world.

**انبعاث مستحث:** عملية تحدث عندما تصطدم ذرة مثارة بفوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقتي مستوى الإثارة ومستوى الاستقرار فتعود الذرة الى حالة الاستقرار وينبعث فوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقتي المستويين.

**خطوط الانسياب:** الخطوط التي تمثل تدفق السوائل حول الأجسام.

**قوة نووية شديدة:** قوة التجاذب التي تربط النويات معا داخل النواة، وهي نفس القوة بين كل أزواج النويات.

**موصل فائق:** مادة بدون مقاومة يمكنها توصيل الكهرباء دون تحولات الطاقة الحرارية.

**موجة سطحية:** اضطراب تُحدثه جسيمات الوسط باتباع مسار دائري مواز لانجاه انتقال الموجة في بعض الأحيان وعمودي عليه في أحيانٍ أخرى.

**نظام:** عنصر أو عناصر تتفاعل مع بعضها ومع المحيط الخارجي.

## T

**tension:** The specific name for the force exerted by a rope or a string.

**terminal velocity:** The constant velocity of an object that is reached when the drag force equals the force of gravity.

**thermal conduction:** The transfer of thermal energy when particles collide.

**thermal energy:** The sum of the kinetic energies and potential energies of the particles in a system.

**thermal equilibrium:** The state in which the rates of thermal energy transfer between two objects are equal and the objects are at the same temperature.

**thermal expansion:** A property of all forms of matter that causes the matter to expand, becoming less dense, when heated.

**thin-film interference:** A phenomenon in which light waves reflect from separate boundaries of a thin film and experience constructive and destructive interference.

**شد:** قوة يبذلها حبل أو خيط.

**السرعة الحدية:** سرعة الجسم الثابتة التي يتم الوصول إليها عندما تساوي قوة السحب قوة الجاذبية.

**توصيل حراري:** انتقال الطاقة الحرارية بين الجزيئات عن طريق التصادم.

**طاقة حرارية:** مجموع طاقات الحركة وطاقات الوضع للجزيئات في نظام معين.

**اتزان حراري:** حالة تتساوى فيها معدلات انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين وتكون درجة حرارة الجسمين متساوية.

**تمدد حراري:** خاصية لكل أشكال المادة تجعل المادة تتمدد وتصبح أقل كثافة عند تسخينها.

**تداخل في الأغشية الرقيقة:** ظاهرة تنعكس فيها الموجات الضوئية من حدود متصلة لغشاء رقيق وتتردد بتداخل بناء وهدام.

virtual image / work function

**thin lens equation:** States that the inverse of the focal length of a spherical lens equals the sum of the inverses of the image position and the object position.

**threshold frequency:** The certain minimum value at or above which the frequency of incident radiation causes the ejection of electrons from a metal.

**time interval:** The difference between two times.

**torque:** The combination of force and lever arm that can cause an object to rotate; the magnitude is equal to the force times the perpendicular lever arm.

**total internal reflection:** An optical phenomenon that occurs when light strikes a boundary between two mediums at an angle of incidence that is greater than the critical angle and all light reflects back into the region of the higher index of refraction.

**trajectory:** The path of a projectile through space.

**transformer:** A device that can decrease or increase the voltages in AC circuits with relatively little energy loss.

**transistor:** A simple device made of doped semiconducting material that can act as an amplifier, converting a weak signal to a much stronger one.

**translational kinetic energy:** The energy of a system due to the system's change in position.

**translucent (trans LEW sunt):** A property of a medium that allows that medium to transmit light and reflect a fraction of the light, preventing objects from being seen clearly through it.

**transmitter:** a circuit that converts voice, music, pictures, or data to electronic signals, amplifies the signals, and then sends them to an antenna

**transparent:** A property of a medium that allows that medium to transmit light and reflect a fraction of the light, allowing objects to be seen clearly through it.

**transverse wave:** A wave that vibrates perpendicular to the direction of the wave's travel.

**trough (TROF):** The low point of a transverse wave.

**معادلة العدسة الرقيقة:** معكوس البعد البؤري لعدسة كروية يساوي مجموع معكوس موقع الصورة ومعكوس موقع الجسم.

**تردد العتبة:** أقل قيمة يتسبب تردد الإشعاع الساقط في تحرير الإلكترونات من فلز ما.

**الفترة الزمنية:** الفرق بين زمنيين.

**عزم القوة:** كمية فيزيائية تمثل مدى فاعلية القوة في تدوير الأجسام وتساوي حاصل ضرب القوة في ذراع القوة.

**انعكاس كلي داخلي:** ظاهرة تحدث للضوء عندما يسقط على السطح الفاصل بين وسطين بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة بحيث ينعكس إلى الوسط الذي معامل انكساره أكبر.

**مسار المتدوّف:** المسار الذي تسلكه قذيفة خلال الفضاء.

**المحول الكهربائي:** جهاز يعمل على رفع أو خفض فرق الجهد الكهربائي في دوائر التيار المتردد AC

**ترانزستور:** جهاز بسيط مصنوع من مادة شبه موصلة مُطعمية، ويقوم بدور المُضخّم حيث يحوّل الإشارة الضعيفة إلى إشارة أقوى بكثير.

**طاقة حركية انتقالية:** طاقة نظام معين نتيجة لحركة النظام.

**نصف شفاف:** خاصية من خواص الوسيط تسمح له بنقل الضوء وعكس جزء ضئيل منه، مما يمنع رؤية الأجسام بوضوح من خلاله.

**جهاز إرسال:** جهاز يحول الصوت أو الموسيقى أو الصور أو البيانات إلى إشارات إلكترونية وتضخّم الإشارات ثم ترسلها إلى هوائي

**شفاافية:** خاصية من خواص الوسيط تسمح لهذا الوسيط بنقل الضوء وعكس جزء ضئيل منه، مما يسمح برؤية الأجسام بوضوح من خلاله.

**موجة مستعرضة:** موجة تهتز عمودياً على اتجاه انتقال الموجة.

**فأع:** أقل نقطة في الموجة المستعرضة.



## U

**uniform circular motion:** The movement of an object at a constant speed around a circle with a fixed radius.

**حركة دائرية منتظمة:** ثابتة المقدار في مسار دائري نصف قطره ثابت.

## V

**vector:** A quantity, such as position, that has both magnitude and direction.

**متجه:** كمية لها مقدار واتجاه.

**vector resolution:** The process of breaking a vector into its components.

**تحليل المتجه:** عملية تجزئة المتجه إلى مركبتيه الأفقية والعمودية.

**velocity-time graph:** A graph that has velocity plotted on the vertical axis and time plotted on the horizontal axis; its slope is the acceleration of the object whose motion is described by the graph.

**منحنى السرعة المتجهة والزمن:** منحنى يتم فيه تمثيل السرعة المتجهة على المحور الرأسي ويتم تمثيل الزمن على المحور الأفقي. ويكون ميل المنحنى هو تسارع الجسم الذي يوضح المنحنى حركته.

**virtual image:** The image formed of diverging light rays.

**صورة تدييرية:** الصورة التي تكوّنها الأشعة الضوئية المتباعدة ولا يمكن جمعها على شاشة.

**volt:** The unit of electric potential difference; equal to one joule per coulomb, 1 J/C.

**الفتولت:** وحدة فرق الجهد الكهربائي، وتساوي جولاً واحداً لكل كولومب (1 J/C).

**voltage divider:** A series circuit that is used to produce a potential difference source of desired magnitude from a battery with a higher potential difference; often is used with sensors such as photoresistors.

**مجزئ الجهد:** دائرة التوالي التي تستخدم للحصول على فرق جهد المطلوب من بطارية ذات فرق جهد عالٍ. وكثيراً ما تُستخدم مع المستشعرات مثل المقاومات الضوئية.

## W

**watt (W):** Unit of power; 1 J of energy transferred in 1 s.

**واط (W):** وحدة قياس القدرة الكهربائية. والواط يعادل جولاً واحداً في الثانية (1 J/s).

**wave:** A disturbance that carries energy through matter or space; transfers energy without transferring matter.

**موجة:** اضطراب ينتقل عبر المادة أو الفضاء وينقل الطاقة من دون نقل المادة.

**wavefront:** A line representing the crest of a wave in two dimensions that can show the wavelength, but not the amplitude, of the wave when drawn to scale.

**مقدمة الموجة:** خط يمثل قمة الموجة في بُعدين والمسافة بين مقدمتين متتاليتين يمثل طول الموجة.

**wavelength:** The shortest distance between points on a wave where the wave pattern repeats itself, such as from crest to crest or from trough to trough.

**طول الموجة:** أقصر مسافة بين النقاط الموجودة على الموجة التي فيها يكرر نمط الموجة نفسه، مثل المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين.

**wave pulse:** A single disturbance or bump that travels through a medium.

**نبضة موجية:** جزء من الموجة وتمثل نصف موجة.

**weak nuclear force:** The interaction that acts in the nucleus during beta ( $\beta$ ) decay; much weaker than the strong nuclear force.

**قوة نووية ضعيفة:** قوة ضعيفة تؤثر في النواة خلال انبعاث بيتا وهي أضعف من القوة النووية القوية.

**weight:** The gravitational force experienced by an object.

**weightlessness:** An object's apparent weight of zero that results when there are no contact forces supporting the object.

**work:** The transfer of energy that occurs when a force is applied through a distance; equal to the product of the system's displacement and the force applied to the system in the direction of displacement.

**work-energy theorem:** States that when work is done on a system, a change in energy occurs.

**work function:** The energy required to free the most weakly bound electron from a metal; measured by the threshold frequency in the photoelectric effect.

**وزن الجسم:** قوة الجاذبية المؤثرة في الجسم.

**انعدام الوزن:** حالة يكون فيها الوزن الظاهري للجسم صفراً، وتنتج عندما لا توجد قوى تلامس تدعم هذا الجسم.

**الشغل:** انتقال للطاقة يحدث يحدث عندما تُبذل قوة على جسم وتحركه مسافة معينة مسافة معينة، ويساوي حاصل ضرب إزاحة النظام والقوة المبذولة عليه في اتجاه الإزاحة.

**نظرية الشغل والطاقة:** الشغل المبذول على نظام يساوي التغير في طاقة النظام.

**دالة الشغل للفلز:** الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطاً من فلز معين، وتقاس بتردد العتبة للفلز في ظاهرة التأثير الكهروضوئي.



# شكر و تقدير

## نسخة الطلاب

vii (t)McGraw-Hill Education, (bl) McGraw-Hill Education, (br) McGraw-Hill Education; x Glow Images; xi Roberto Caucino/Shutterstock.com; xii Wavebreak Media Ltd/123RF; xiii NASA GSFC image by Robert Simmon and Reto Stöckli; xviii (t)Fuse/Getty Images, (b)Jiro Mochizuki/Image of Sport/Newscom; xix (tr)Howard Lipin/ZUMApres/Newscom, (tr)Casey Lee/E+/Getty Images, (tr)xia-oke ma/Getty Images, (tr)Heinz Hemken/iStock/Getty Images, (tr) I Dream Stock/SuperStock, (cl) Ken Karp/McGraw-Hill Education, (cl)Ryan McVay/Getty Images, (cl) C Squared Studios/Getty Images, (cl)Darren Pullman/Shutterstock.com, (cl)Dja65/Shutterstock.com, (cl)Dmitry Naumov/Shutterstock.com, (cl)©Ingram Publishing/Alamy, (cl)C Squared Studios/Getty Images, (cl)Stockbyte/Getty Images, (cl)Ryan McVay/Getty Images, (cl)McGraw-Hill Education, (cl)Image Source/Alamy, (cl)Richard Hutchings/Digital Light Source, (cr)Michael Weber/age fotostock,

(cr)Methanon/Shutterstock.com, (br)Ingram Publishing/SuperStock, (br)Vit Kovalcik/iStock/Getty Images; xx (t)James Lauritz/Digital Vision/Getty Images; xxi Dynamic Graphics/SuperStock; 202-203 Monty Rakusen/Getty Images; 204 Antoniodiaz/Shutterstock.com; 205 Bjorn Vinter/UpperCut Images/Getty Images; 210 PCN Photography/Alamy; 212 McGraw-Hill Education; 214 (t)Brand X Pictures/Getty Images, (bl)Hutchings Photography/Digital Light Source, (br)Hutchings Photography/Digital Light Source; 218 Laura Sifferlin; 221 (r)©Image Source, all rights reserved., (bkgd)Design Pics/Con Tanasiuk; 230-231 Jetta Productions/Dana Neely/Getty Images; 232 Diane Macdonald/Getty Images; 233 McGraw-Hill Education; 234 Ian Hooton/Science Photo Library RF/Getty Images; 235 (tl) SOHO (ESA & NASA), (tr)©Corbis, (cl)Forance/Shutterstock.com, (cr) Goodshoot/Getty Images, (bl) NASA/JPL-Caltech/Texas A&M, (br)ZouZou/Shutterstock.com; 236 (l)Inti St Clair/Getty Images, (c) Richard Hutchings/Digital Light Source, (r)Eclipse Studios/McGraw-Hill Education; 237 Richard

Hutchings/Digital Light Source; 241 Nutscod/Photo Researchers; 243 Andreas Kuehn/Getty Images; 246 Philip Coblenz/age fotostock; 249 (t)Gina Vescovi/Shutterstock.com, (tr)Martin Poole/Getty Images, (bl)Ingram Publishing/Alamy, (br) Photodisc/Getty Images; 251 XXLPhoto/Shutterstock.com; 258-259 Don Hammond/Design Pics; 260 (t)Image Source, (b)Glow Images/SuperStock; 261 NASA Johnson Space Center (NASA-JSC); 263 Purestock/SuperStock; 267 Ingram Publishing; 268 (t)Jade LLC/Blend Images, (b)Steven P. Lynch; 269 (l)Pixtal/age fotostock, (bl) Matt Meadows, (br)Matt Meadows; 270 Thomas Schmitt/Getty Images; 271 Joe Doherty/U.S. Fish & Wildlife Service; 272 Robert Schwemmer, CINMS, NOAA; 276 (t)Richard Hutchings/Digital Light Source, (b)Richard Hutchings/Digital Light Source; 278 Eric James/NASA; 279 (t)Richard Hutchings/Digital Light Source, (b)Ingram Publishing; 280 Tom Uhlman/Alamy; 284 (l)Andre Penner/AP Images, (r)Jules Frazier/Getty Images; 287 McGraw-Hill Education; 289 McGraw-Hill Education; R-0 Photodisc/Getty Images.