الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

عام التسامح

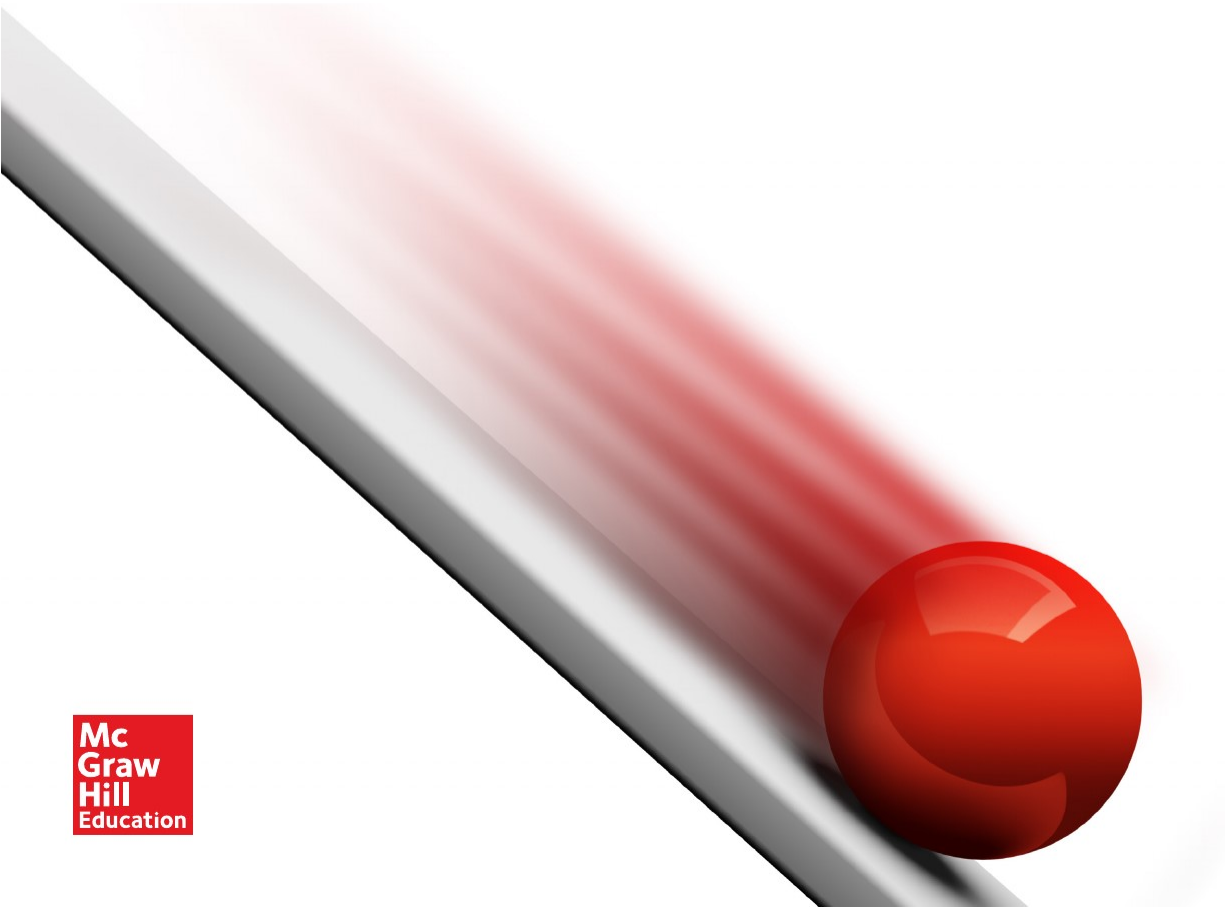
المتقدّم
2018 - 2019

9

McGraw-Hill Education

الفيزياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة



Mc Graw Hill Education

McGraw-Hill Education

الفيزياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للصف 9 المتقدّم

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

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 الإقليمية غير متاحة خارج أوروبا والشرق الأوسط وإفريقيا.

طُبع في دولة الإمارات العربية المتحدة.

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)

النسخة الإلكترونية

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)

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

صاحب السّمو الشّيخ خليفة بن زايد آل نهيان
رئيس دولة الإمارات العربيّة المتّحدة، حفظه الله

"يجب التزوُّد بالعلوم الحديثة والمعارفِ الواسعة، والإقبال عليها
بروح عالية ورغبة صادقة؛ حتى تتمكّن دولة الإمارات خلال
الألفيّة الثّالثة من تحقيق نقلة حضاريّة واسعة."

من أقوال صاحب السّمو الشّيخ خليفة بن زايد آل نهيان

موجز المحتويات

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 الشغل والطاقة والآلات
9 الطاقة الحرارية
10 حالات المادة

Chapter Sourced From: FM, Front Matter, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

موجز المحتويات

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 الشغل والطاقة والآلات
9 الطاقة الحرارية
10 حالات المادة

Chapter Sourced From: FM, Front Matter, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

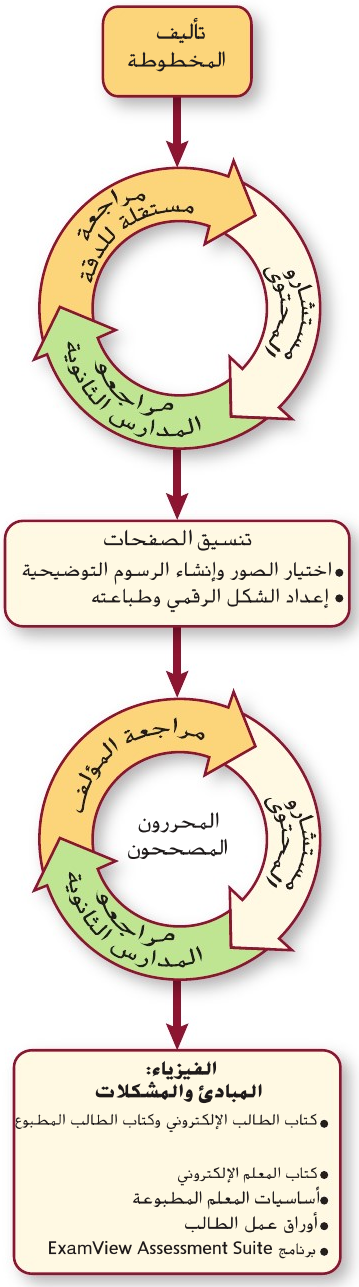
عملية التطوير A²

لماذا A²؟

تحقيق الدقة أمر أساسي في التزامات ماجروهيل لتحقيق نتائج عالية الجودة موجّهة للمتعلمين ومرتبطة بالحياة اليومية وخالية من الأخطاء. ومن العناصر الأساسية لعملية التطوير A² التزامنا بجعل الكتاب المدرسي ميسورًا ويسهل استيعابه لكل من الطلاب والمعلمين. ومن خلال التعاون بين المؤلفين ومحرري المحتوى والمستشارين الأكاديميين والمعلمين، تقدم عملية التطوير A² فرصًا للتحسين المستمر عن طريق التغذية الراجعة من العملاء وعن طريق مراجعة المحتوى.

تبدأ عملية التطوير A² بمراجعة الطبعات 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 بفحص البرنامج التعليمي من منظور كل من المعلم والطالب. ومن ثمّ 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.

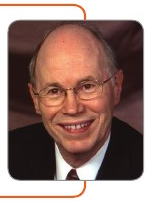


حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المؤلفون

استخدم مؤلفو كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات ومعرفتهم بمحتوى مادة الفيزياء وخبراتهم في التدريس لابتكار 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 ٥٠ 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 رئيسًا لفرع الجمعية بميشيغان ورئيسًا للمنتدى التعليمي للجمعية الفيزيائية الأمريكية.

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. ويدرّس 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 كارولاينا 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 هولاداي 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 كارولاينا الشمالية.

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 درّست 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 وتعلُّم 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".

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 ونتقدم 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

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

Dr. Solomon Bililign, 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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مؤلفون مساهمون

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

Steve Whitt
Columbus, OH

Molly Wetterschneider
Austin, TX

مستشار السلامة

راجع مستشار السلامة التجارب ومواد التجارب للتأكد من السلامة والتطبيق.

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

مراجعات المعلمين

راجع كل معلم وحدات محددة من كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات والتغذية الراجعة المقدَّمة 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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

تبدأ كل وحدة بتجربة استهلالية، وهي تحقيق مختبري تمهيدي مصمَّم 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.

الوحدة **1**

مدخل إلى علم الفيزياء 2

القسم 1 المنهج العلمي 4

القسم 2 الرياضيات والفيزياء 10

القسم 3 القياس 14

القسم 4 تمثيل البيانات بيانيًّا 18

الترفيه في **الفيزياء** الرسوم المتحركة 24

تجربة استهلالية الكتلة والأجسام الساقطة

تجارب مصغرة قياس التغيّر

إلى أي مدى تقريبًا؟

مختبر الفيزياء الدليل في الدم

الكتلة والحجم

استكشاف الأجسام المتحركة

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 2

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

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

الوحدة 3

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

الوحدة 4

القوى في بُعد واحد 88

القسم 1 القوة والحركة 90
القسم 2 الوزن والقوة المعيقة 100
القسم 3 القانون نيوتن الثالث 106
الحدود في **الفيزياء** أسرع من الصوت 112

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

الوحدة 5

الإزاحة والقوة في بُعدين 120

القسم 1 المتجهات 122
القسم 2 الاحتكاك 130
القسم 3 القوة في بُعدين 136
في **العمل** المجازفة 142

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 6

الحركة في بُعدين 150

القسم 1 حركة المقذوف 152
القسم 2 الحركة الدائرية 159
القسم 3 السرعة المتجهة النسبية 164
نظرة عن كثب الحاجة إلى السرعة 168

تجربة استهلالية حركة المقذوف
تجارب مصغرة كتلة المقذوف
مسار المقذوف
مختبر الفيزياء إجراء تحقيق
نشاط بلوغ الهدف
قوة الجذب المركزي
مناط الإسناد المتحرك

الوحدة 7

الجاذبية 176

حركة الكواكب والجاذبية 178
استخدام قانون الجذب العام 186
نظرة عن كثب لا شيء يستطيع الإفلات 194

تجربة استهلالية نمذجة حركة عطارد
تجارب مصغرة ماء عديم الوزن
الوزن في السقوط الحر
مختبر الفيزياء نمذجة المدارات
كيف يمكنك قياس الكتلة؟
كتلة القصور وكتلة الجاذبية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 8

الشغل والطاقة والآلات 202

القسم 1 الشغل والطاقة **204**
القسم 2 الآلات **214**
نظرة عن كثب الأطراف الاصطناعية **222**

تجربة استهلالية الطاقة والسقوط
تجارب مصغرة قوة مؤثرة بزاوية
العجلة والمحور
مختبر الفيزياء صعود السلالم والقدرة
الرفع باستخدام البكرات

الوحدة 9

الطاقة الحرارية 230

القسم 1 درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية **232**
القسم 2 تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية **242**
في العمل النماذج الفيزيائية وديناميكية المشاة **252**

تجربة استهلالية انتقال الطاقة الحرارية
تجارب مصغرة الانصهار
تحويل الطاقة
مختبر الفيزياء أجهزة تجميع الطاقة الشمسية
التسخين والتبريد
كم عدد السعرات الحرارية الموجودة؟
حرارة الانصهار

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة
10

حالات المادة 258

القسم 1 خصائص الموائع 260
القسم 2 القوى داخل السوائل 268
القسم 3 الموائع في حالات السكون والحركة 271
القسم 4 الأجسام الصلبة 279
كيف تعمل | المسار المنحني القواعد! 284

تجربة استهلالية قياس الطفويّة
تجارب مصغرة الضغط
القفازات

مختبر الفيزياء التبريد بالتبخر
تحت الضغط
قوة الطفو للماء
أول عالم في الطب الشرعي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجداول المرجعية R-1

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفيزياء: المبادئ والمشكلات يجعل الفيزياء أمرًا واقعيًا. ستجد في أجزاء متفرقة من الكتاب روابط شخصية للفيزياء وأمثلة مدهشة على الفيزياء في الحياة العملية وكيف يشارك علماء الفيزياء في الأبحاث العلمية الحديثة.

الفيزياء في حياتك

في بداية كل قسم، يخبرك هذا العنوان عن كيفية ارتباط الفيزياء التي ستدرسها بحياتك.

القسم 1
القوة والحركة
الفيزياء من أجلك
لكي تبدأ ركوب لوح التزلج على س
الأرضية بإحدى قدميك. إذا كان ل
فستجذبك الجاذبية إلى أسفل الم
غير المتوازنة حركة لوح التزلج.
القوة
نخيل كتابًا مستقرًا على الطاولة. إذا أردت تحريكه، ي
وفي علم الفيزياء، يُسمى الدفع أو السحب قوة. إذا دفع
فقد أثرت في الجسم بقوة أكبر. بمعنى آخر، لقد زدت مق
أيضًا الاتجاه الذي تؤثر فيه القوة. أي أنك إذا دفعت الكتا
الكتاب في التحرك إلى اليمين. وإذا دفعت الكتاب إلى ال
اليسار. لأن القوى لديها مقدار واتجاه، أي أن القوى متجه
يمثل مقدار واتجاه القوة. في حين لا يمثل الرمز F إلا مق
الفكرة الرئيسة

الفيزياء في الحياة اليومية

كيف تنطبق الفيزياء التي تدرسها على العالم من حولك.

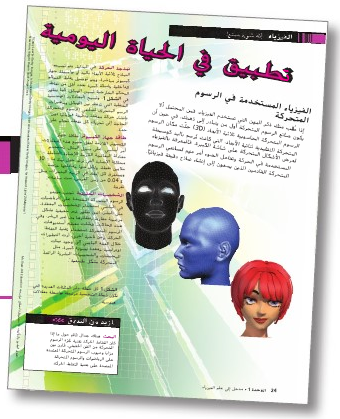
الفيزياء من الحياة اليومية
للحظية لماذا تسمى الكمية $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ متوسط السرعة المتجهة؟ لماذا لا تسميها
تجهة فقط؟ يوضح رسم الحركة وضع الجسم المتحرك في بداية الفترة
ايتها. ومع ذلك، لا يشير إلى ما حدث خلال هذه الفترة الزمنية. خلال الفترة
كن أن تظل سرعة الجسم على حالها أو تزيد أو تقل. يمكن أن يتوقف الجسم
ير اتجاهه. يمكنك إيجاد متوسط السرعة لكل فترة زمنية في رسم الحركة.
كنك إيجاد سرعة الجسم والتعاقب في أي لحظة محددة. تُسمى سرعة الجسم
ل لحظة معينة السرعة اللحظية. في هذا الكتاب المدرسي، يشير مصطلح
ل السرعة اللحظية التي تمثل بالرمز v.
بين. **قيم النحو** اشرح إلى أي مدى يختلف متوسط السرعة عن السرعة.
السرعة على مخططات الحركة عندما يتحرك جسم بين نقطتين،
ة المتوسطة في نفس اتجاه إزاحته. تناسب الكتشال تمامًا نظريًا أيضًا.
الإزاحة خلال فترة زمنية معينة. يزيد متوسط السرعة كذلك. يشير رسم
، اتجاه متوسط السرعة ومقداره.
زول سيارتين من طريق بسرعات مختلفة. تسجل كاميرا فيديو حركة
سرعة إطار واحد في كل ثانية. تمثيل أن كل سيارة توجد بها فرشاة رسم
تتثبت ورسم خطًا أحمر على الأرض لمدة نصف ثانية كل ثانية. سترسم
سرع خطًا أطول على الأرض. تشبه المنحنيات التي ترسمها على رسم الحركة
رعة الخطوط التي ترسمها فرش الرسم على الأرض أسفل السيارات. في
. ستستخدم اللون الأحمر للإشارة إلى المنحنيات المرسومة على رسومات
منح الشكل 23 رسومات الحركة المرسوم عليها منحنيات السرعة لسيارتين.
دة إلى اليمين، والأخرى إلى اليسار.

في أجزاء متفرقة من الكتاب يوضح قسم

الفيزياء في الحياة اليومية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 كثب

ألق "نظرة عن كثب" على عدد من موضوعا الفيزياء واكتشف القصة وراء بعض تطبيقات الفيزياء المهمة!

كيف تعمل

ربما تتفاجأ عندما تكتشف الفيزياء المستخدمة في العديد من المِهن 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".

McGraw

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

الفكرة الرئيسة 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 الرئيسة**.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

في بداية كل قسم، يوجد تمهيد للقراءة يلخّص ما ستتعلمه أثناء استكشاف القسم.

القسم 2

الوزن والقوة المعيقة

الفيزياء في حياتك

إذا كان قد سبق لك ركوب قطار الالعاب، فمن المحتمل أن لاحظت الشعور بانعدام وزنك عندما تمر فوق تلة. ولكن ما قوة الجاذبية الأرضية في أعلى التلة؟ قوة الجاذبية الأرضية أسفل التلة افتراضيًا. فلماذا تشعر بانعدام الوزن؟

الوزن

من القانون الثاني لنيوتن، إذا كانت الكرة في **الشكل 10** تتسارع، فهذا يعني وجود قوى غير متّزنة تؤثر في الكرة. تمثل قوة الجاذبية الأرضية القوة الوحيدة التي تؤثر في الكرة بسبب كتلة الأرض. **وزن** الجسم قوة الجاذبية التي يخضع لها ذلك الجسم. وتُعد قوة الجاذبية هذه قوة مجال يتناسب قدرها طرديًا مع كتلة الجسم الذي يتأثر بالقوة. في صيغة معادلة، يمكن كتابة قوة الجاذبية التي تساوي الوزن كالتالي $F_g = mg$. حيث كتلة الجسم m ويسمى g **مجال الجاذبية** وهو كمية متجهة تربط بين كتلة الجسم وقوة الجاذبية التي يخضع لها في مكان محدد. بالقرب من سطح الأرض، تكون g = 9.8 N/kg تجاه مركز الأرض. تخضع الأجسام القريبة من سطح الأرض لقوة قدرها 9.8 N لكل كيلوجرام من الكتلة.

الموازين عندما تقف على ميزان كما هو موضح في الصورة اليسرى من **الشكل 10**، يؤثر الميزان فيك بقوة إلى أعلى. وتذكرًا لأنك لا تتسارع، يجب أن تساوي القوة المحصلة التي تؤثر فيك صفرًا. ومن ثمّ يجب أن يكون مقدار قوة الدفع إلى أعلى التي يؤثر بها الميزان ($F_{\text{الميزان فيك}}$) مساوية لمقدار قوة السحب إلى أسفل التي تؤثر فيك F_g. داخل الميزان، توفر الزنبركات القوة إلى أعلى اللازمة لجعل القوة المحصلة تساوي صفرًا. تتم معايرة الميزان لتحويل تمدد الزنبركات إلى وزن. يتم التأثير في قياس الميزان بمجال الجاذبية على سطح الأرض. إذا كنت فوق كوكب مختلف له جاذبية g مختلفة، فسيؤثر الميزان بقوة مختلفة ليحافظ على توازنك. وستختلف قراءة الميزان. ونظرًا لأن الوزن قوة، فإن الوحدة المناسبة المستخدمة في قياس الوزن هي النيوتن.

الفكرة الرئيسة

يمكن استخدام القانون الثاني لنيوتن لتوضيح حركة الأجسام الساقطة.

الأسئلة الرئيسة

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

مراجعة المفردات

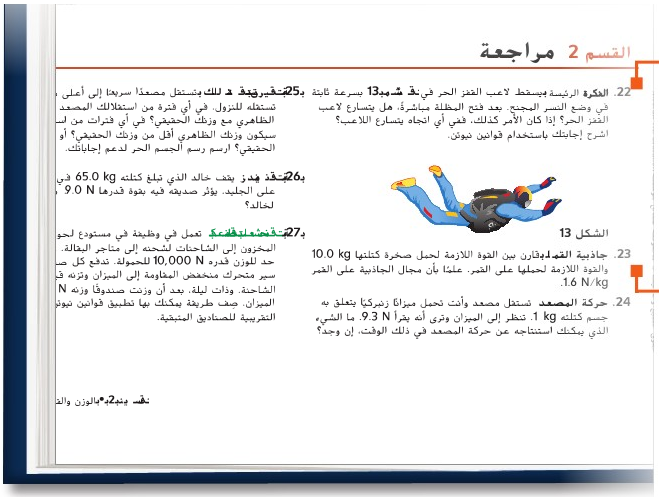
اللزوجة viscosity مقاومة المائع للتدفق

مفردات جديدة

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

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

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



القسم 2 مراجعة

22. **الفكرة الرئيسة** يسقط لاعب القفز الحر في حالة سقوط حر بسرعة ثابتة 13 m/s في وضع النسر المجنح. بعد فتح المظلة مباشرةً، هل يتسارع لاعب القفز الحر؟ إذا كان الأمر كذلك، فإلى أي اتجاه يتسارع اللاعب؟ اشرح إجابتك باستخدام قوانين نيوتن.

الشكل 13

23. **جاذبية القمر** قارن بين القوة اللازمة لحمل صخرة كتلتها 10.0 kg والقوة اللازمة لحملها على القمر. علمًا بأن مجال الجاذبية على القمر 1.6 N/kg.

24. **المصعد** حركة تستنتج مصعد وأنت تحمل ميزانًا زنبركيًا يتعلق به جسم كتلته 1 kg. تنظر إلى الميزان وترى أنه يقرأ 9.3 N. ما الشيء الذي يمكنك استنتاجه عن حركة المصعد في ذلك الوقت، إن وجد؟

25. **تحقيق** تعمل في مستودع لحو... تستخدمه للنزول. في أي فترة من استخدامك المصعد الظاهري مع وزنك الحقيقي؟ في أي فترات من الـ... سيكون وزنك الظاهري أقل من وزنك الحقيقي؟ أو الحقيقي؟ ارسم رسم الجسم الحر لدعم إجاباتك.

26. **تحدٍ** يقف خالد الذي تبلغ كتلته 65.0 kg في... على الجليد. يؤثر صديقه فيه بقوة قدرها 9.0 N... لخالد؟

27. **تحفيز** تعمل في وظيفة في مستودع لحو... المخزون إلى الشاحنات لتشحنه إلى متاجر البقالة. حد للوزن قدره 10,000 N للحمولة. تدفع كل حـ... سير متحرك منخفض المقاومة إلى الميزان وتزنه قـ... الشاحنة. وذات ليلة، بعد أن وزنت صندوقًا وزنه N... الميزان. صف طريقة يمكنك بها تطبيق قوانين نيوتن... التفريغية للصناديق المتبقية.

نفس ونيو2ب•بالوزن والق...

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

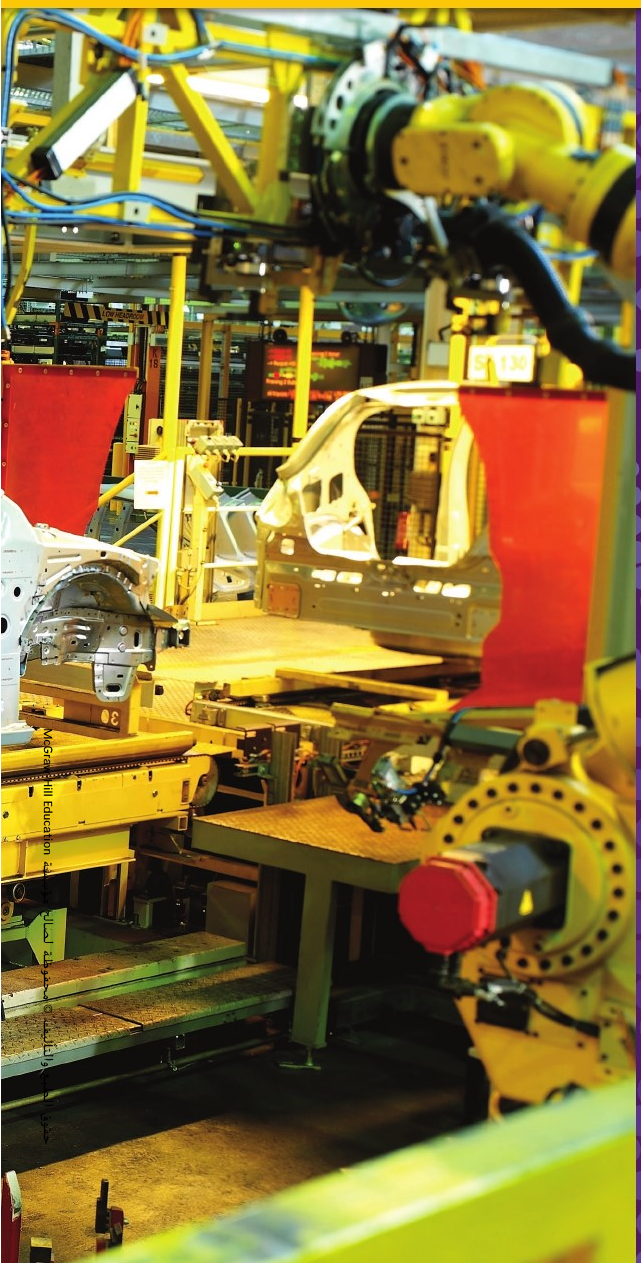
تقوّم الأسئلة الأخرى مدى فهمك **للأسئلة الرئيسة**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 8

الشغل والطاقة والآلات

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



الأقسام

1 الشغل والطاقة

2 الآلات

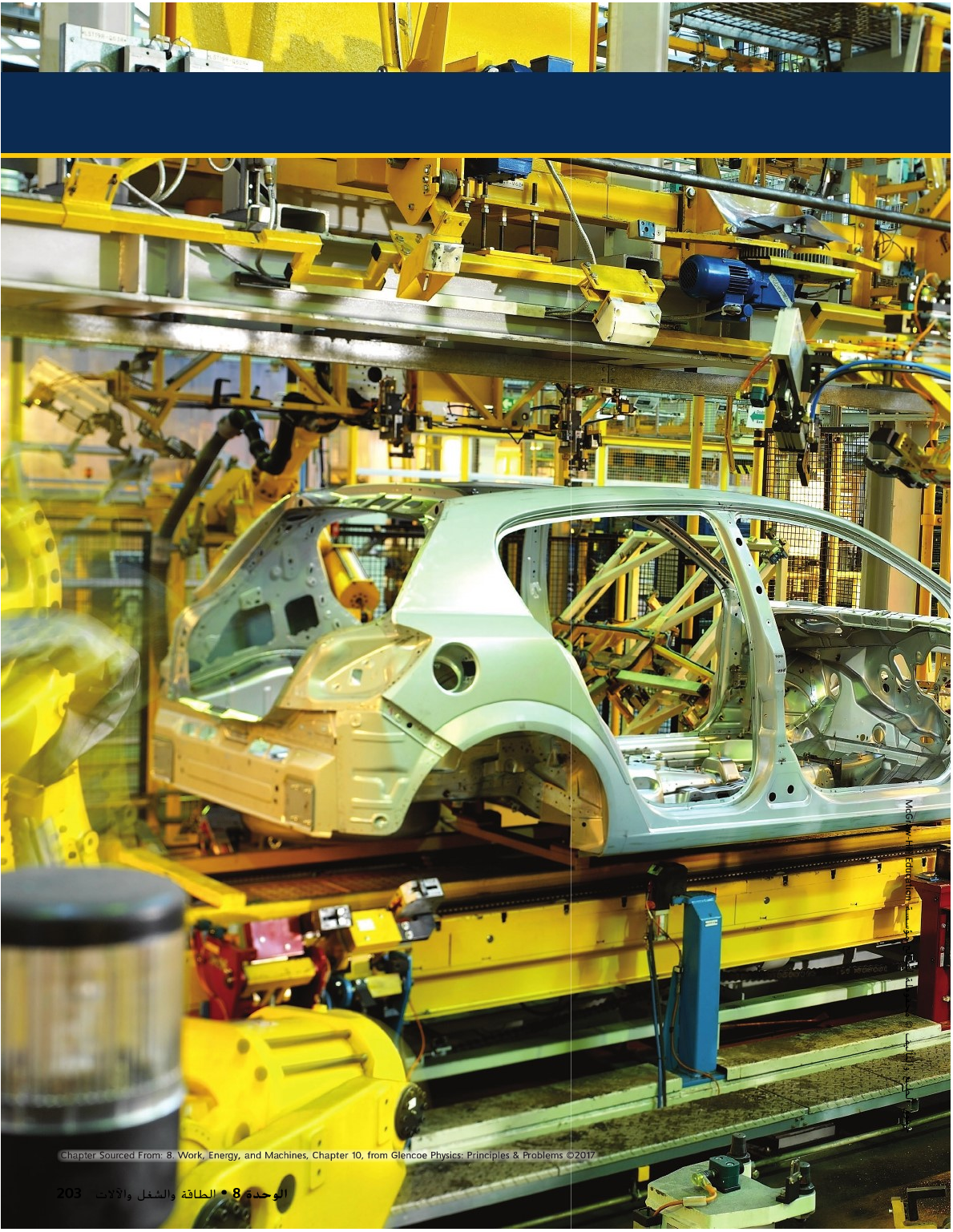
تجربة استهلالية

الطاقة والسقوط

ما العوامل التي تؤثر في حجم الحفرة التي يحدثها الشهاب؟

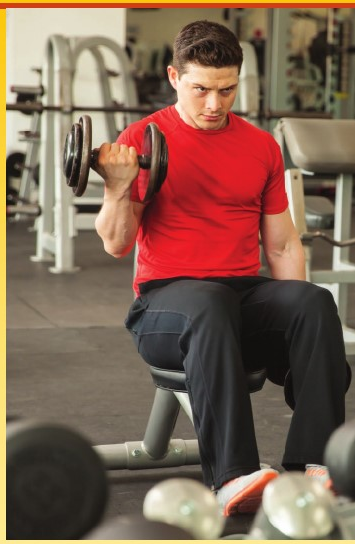
حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح McGraw-Hill Education

bkgdLevent Konuk/Shutterstock.com)



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

الشغل والطاقة



الفيزياء في حياتك

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

الفكرة الرئيسة

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

الأسئلة الرئيسة

- 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 ينص على أن الزخم في أي نظام مغلق ومعزول لا يتغير

مفردات جديدة

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

الشغل

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

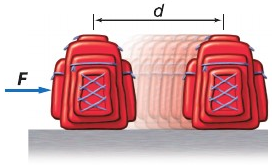
فكّر في قوة مبذولة على جسم ما أثناء تحرك الجسم مسافة معينة، مثل حقيبة الكتب في **الشكل 1**. ولوجود قوة محصَّلة، يتسارع الجسم $a = \frac{F}{m}$، وتتغير سرعته المتجهة. تذكر من دراستك للحركة أن التسارع والسرعة المتجهة والمسافة مرتبطة بمعادلة $v_f^2 = v_i^2 + 2ad$. يمكن كتابة ذلك كمعادلة $2ad = v_f^2 - v_i^2$. 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 إجراءً حدث في النظام نتيجة للعالم الخارجي. تذكر أن النظام هو الجسم أو الأجسام المعنية والعالم الخارجي هو كل شيء آخر. فقد بُذلت قوة (F) على نظام ما أثناء تحرك نقطة التماس. عندما تُطبق قوة باتجاه ازاحة، يتم بذل **شغل** (W) على النظام.

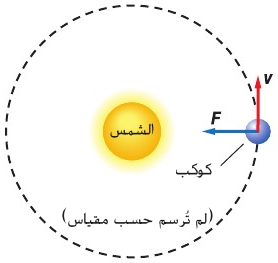
تسمى وحدة النظام الدولي للوحدات لقياس الشغل **الجول** (J). والجول الواحد يساوي $1\,N{\cdot}m$. يُبذل جول واحد من الشغل عندما تؤثر قوة مقدارها $1\,N$ في نظام ما عبر إزاحة مقدارها $1\,m$. فالتفاحة التي تزن حوالي $1\,N$، تحتاج إلى قوة مقدارها $1\,N$ تقريبًا لرفعها بسرعة متجهة ثابتة. لذلك، عندما ترفع تفاحة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

الشكل 1 يتم الشغل عند تطبيق قوة باتجاه إزاحة.

حدّد مثالًا آخر عندما تبذل قوة شغلًا على جسم ما.



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



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

Photodisc/Getty Images

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الشغل (work)

- **الاستخدام العلمي** القوة المبذولة باتجاه إزاحة
- **الاستخدام العام** جهد 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 تغيّر سرعة النظام، بل تغير اتجاهه فقط. فلا تتغيّر سرعة الكوكب وبهذا الجانب الأيمن من المعادلة $\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$ يساوي صفرًا. ومن ثمَّ، 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 بمكوناتها. 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: $\cos 25.0° = \frac{F_x}{F}$

وبإيجاد F_x، تحصل على

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

وباستخدام الطريقة نفسها، يساوي المكون الرأسي

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

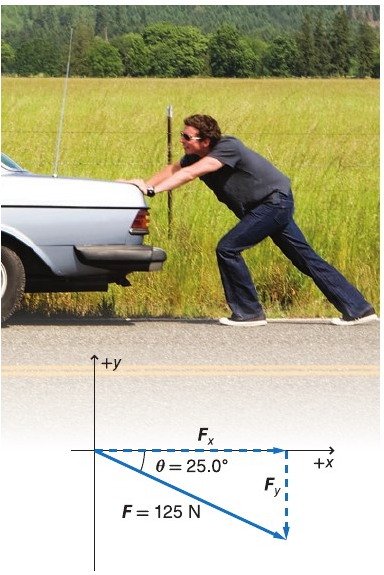
توضح الإشارة السالبة أن القوة تتجه لأسفل. وحيث إن الإزاحة في اتجاه المحور x، فإن المكون x فقط هو الذي يبذل الشغل. أما المكون y فلا يبذل شغلًا. إن الشغل الذي تبذله عندما تطبق قوة ما على نظام بزاوية تتوافق مع اتجاه الحركة يساوي مكون القوة في اتجاه الإزاحة مضروبًا في الإزاحة. ويمكن إيجاد مقدار قوة المكون (F_x) التي تؤثر في اتجاه الإزاحة عن طريق ضرب مقدار القوة (F) في جيب تمام الزاوية (θ) المحصورة بين القوة واتجاه الإزاحة: $F_x = F \cos \theta$. لذلك، يُمثل 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، $\theta = 0°$ و $\cos 0° = 1$. لذلك، $W = Fd(1) = Fd$، تمامًا كما وجدناها من قبل. في حالة الكوكب المداري، $\theta = 90°$ و $\cos 90° = 0$. 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.

Bjorn Vinter/UpperCut Images/Getty Images

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشغل الذي تبذله عدة قوى افترض أن أحمد يدفع صندوقًا 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 ويبذل 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 ($\theta = 90°$) على اتجاه الحركة ولا يبذلان شغلًا. وبالنسبة إلى هذه القوى، $\theta = 90°$. مما يجعل $\cos \theta = 0$. لذا فإن، $W = 0$.

تكون القوة ($F_{\text{أحمد}}$) في اتجاه الإزاحة، ولهذا يساوي الشغل الذي يبذله أحمد

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

يبذل سالم قوة ($F_{\text{سالم}}$) في الاتجاه المعاكس للإزاحة ($\theta = 180°$). نظرًا لأن $\cos 180° = -1$، فإن سالم يبذل شغلًا 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 شغلًا موجبًا على الصندوق ويبذل صديقك شغلًا سالبًا.

من المهم أيضًا التفكير في كل مسافة بشكل منفصل. على سبيل المثال، افترض أنك تدفع صندوقًا ما لمسافة 1 m بقوة مقدارها 3 N ثم تسحب الصندوق مرة أخرى لمسافة 1m بقوة مقدارها 3 N. قد تعتقد أنك لم تقم بشغل لأن إجمالي الإزاحة صفر.

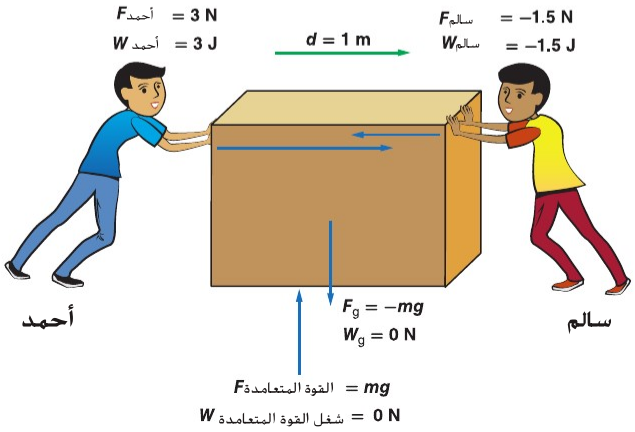
قد يكون ذلك صحيحًا إذا كانت القوة التي بذلتها ثابتة، لكن قوتك غيرت الاتجاه. وكانت دفعتك في اتجاه حركة الصندوق للجزء الأول، لذلك بذلت شغلًا بمقدار 3 J. وفي الجزء الثاني، انعكس اتجاه كل من القوة التي بذلتها واتجاه الحركة. وكانت دفعتك وحركة الصندوق في الاتجاه نفسه، وبذلت شغلًا بمقدار 3 J على الصندوق. لذلك، قد بذلت شغلًا كليًا بمقدار 6 J على الصندوق.

التأكد من فهم النص **صِفْ** سيناريو آخر تبذل فيه شغلًا على نظام ما واشرح مقدار الشغل المبذول على النظام.

تجربة مصغرة

قوة مبذولة عند زاوية ما

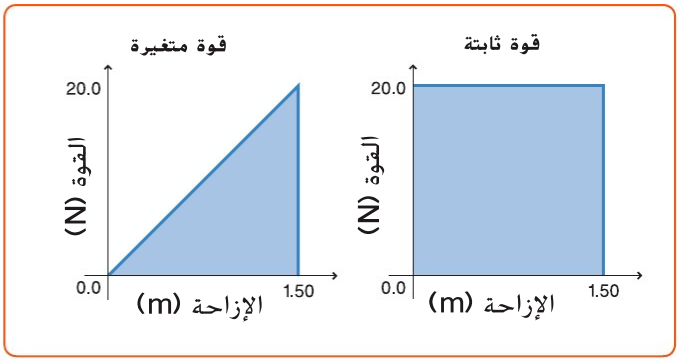
كيف يؤثر اتجاه القوة في كمية الشغل المبذول على الجسم؟



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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 4 المساحة أسفل الرسم البياني للقوة – الإزاحة تساوي الشغل.

Caspar Benson/Getty Images

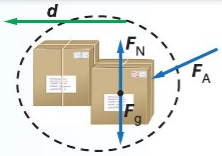
إيجاد الشغل المبذول عندما تتغير القوى في المثال الأخير، تغيرت القوة. لكننا نستطيع تحديد الشغل المبذول في كل مقطع. لكن ماذا إذا تغيرت القوة بشكل أكثر تعقيدًا؟ يتيح لك الرسم البياني للقوة في مقابل الإزاحة تحديد الشغل الذي تبذله قوة ما. يمكن توظيف الرسم البياني لحل المسائل التي تكون فيها القوة متغيرة. يوضح الجزء الأيمن من **الشكل 4** الشغل المبذول من خلال قوة ثابتة مقدارها 20.0 N تُبذل 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 (1.50 m) (20.0 N) أو 30.0 J أيضًا. وتساوي المساحة تحت الرسم البياني للقوة – الإزاحة الشغل الذي تبذله تلك القوة.

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

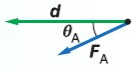
استراتيجيات حل المسائل

الشغل

عند حل مسائل تتعلق بالشغل، استخدم الاستراتيجيات التالية:

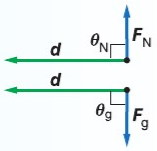


1. حدّد النظام وارسم مخططًا توضيحيًا له. ثم وضح القوى التي تبذل شغلًا على النظام.



2. صمّم نظامًا إحداثيًا. ارسم متجهات إزاحة النظام وكل متجه قوة يبذل شغلًا على النظام.

3. أوجد الزاوية (θ) بين كل قوة وإزاحة.



4. احسب الشغل المبذول من كل قوة باستخدام المعادلة $W = Fd\cos\theta$.

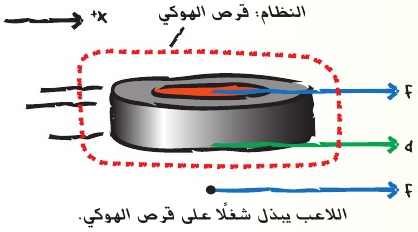
5. احسب الشغل الكلي المبذول.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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



اللاعب يبذل شغلًا على قرص الهوكي.

- حدّد النظام والقوة التي تبذل شغلًا عليه.
- ارسم مخططًا توضيحيًا للحالة يوضح الظروف الابتدائية.
- صمّم نظامًا إحداثيًا على أن يكون $+x$ جهة اليمين.
- ارسم مخططًا للمتجهات.

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

إيجاد المجهول

استخدم تعريف الشغل.

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (4.50\ \text{N})(0.150\ \text{m})(1)$$ ◄ بالتعويض $F = 4.50\ \text{N},\ d = 0.150\ \text{m},\ \cos 0° = 1$.

$$= 0.675\ \text{N·m}$$

$$= 0.675\ \text{J}$$ ◄ $1\ \text{J} = 1\ \text{N·m}$

تقييم الإجابة

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

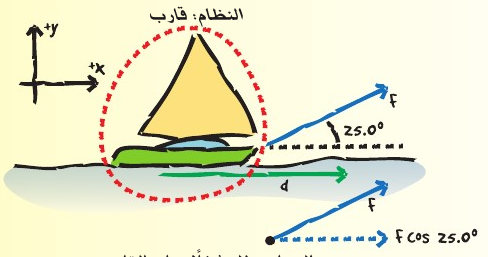
تطبيق

1. راجع المثال 1 لحل المسألة التالية.
   a. إذا بذل لاعب الهوكي ضعف القوة (9.00 N) على قرص الهوكي خلال المسافة نفسها، فكيف ستتأثر كمية الشغل الذي بذلته العصا على قرص الهوكي؟
   b. 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؟
2. يبذل طالبان معًا قوة مقدارها 825 N لدفع سيارة مسافة 35 m.
   a. ما مقدار الشغل الذي يبذله الطالبان على السيارة؟
   b. إذا تضاعفت قوتهما، فما مقدار الشغل الذي يجب أن يبذلاه على السيارة لدفعها للمسافة نفسها؟
3. تحمل متسلقة صخور حقيبة ظهر كتلتها 7.5 kg أثناء تسلق منحدر صخري وبعد 30.0 min وصلت المتسلقة إلى ارتفاع 8.2 m فوق نقطة البداية.
   a. ما مقدار الشغل الذي تبذله المتسلقة على حقيبة الظهر؟
   b. إذا كان وزن المتسلقة 645 N، فما مقدار الشغل الذي بذلته لرفع نفسها وحقيبة الظهر؟
4. **مسألة تحفيزية** تدفع نوف صندوقًا كتلته 3.0 kg مسافة 7.0 m على الأرض بقوة مقدراها 12 N ثم ترفع الصندوق لتضعه فوق رف على ارتفاع 1 m فوق سطح الأرض. فما مقدار الشغل الذي تبذله نوف على الصندوق؟

tr)Design Pics/Don Hammond, (b)Fuse/Getty Images)
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 2

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؟



البحار يبذل شغلًا على القارب.

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

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

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

2 إيجاد المجهول

استخدم تعريف الشغل.

$$W = Fd\cos\theta$$

بالتعويض $F = 255\ \text{N},\ d = 30.0\ \text{m},\ \theta = 25.0°$ ◄

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

$$= 6.93\times10^{3}\ \text{J}$$

3 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 حقيبة سفر وزنها 215 N إلى أعلى السُلّم. وتبلغ الإزاحة 4.20 m رأسيًا و4.60 m أفقيًا.

a. ما مقدار الشغل الذي بذله الراكب على حقيبة السفر؟

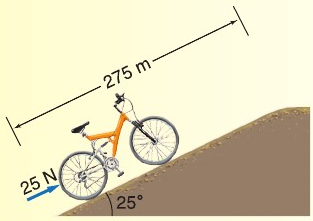
b. حمل الراكب نفسه حقيبة السفر نفسها مرة أخرى ونزل بها السلالم نفسها. ما مقدار الشغل الذي بذله الراكب على حقيبة السفر لحملها إلى أسفل السُلّم؟

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 موازٍ 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

tiVolt Collection/Shutterstock.com, (b)PCN Photography/Alamy)
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المفردات

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 تباطئها.
- **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 إتلاف 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 تغير في نوع معين من الطاقة. أي أن الشغل يسبب تغيّرًا 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.

$$W = \Delta E$$

نظرًا لأن الشغل يُقاس بوحدة الجول، يجب أيضًا 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 $1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2$. 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 موجبًا وتزداد طاقة النظام. أما إذا قام النظام بشغل على المحيط الخارجي، فإن الشغل W يكون سالبًا 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** شغلًا على زلاجاتهم لجعلها تتحرك في بداية السباق. الطاقة المرتبطة بالحركة تسمى **الطاقة الحركية** (KE).

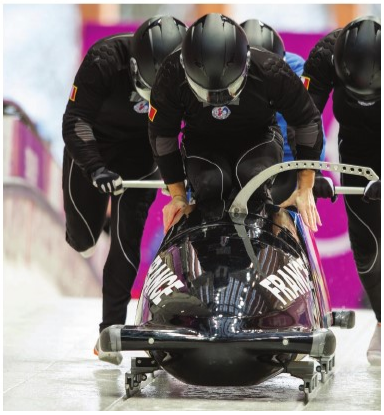
في الأمثلة التي درسناها، كان موقع الجسم يتغير وطاقته $(\frac{1}{2}mv^2)$ كانت بسبب هذه الحركة. الطاقة الناتجة بسبب تغير الموقع تسمى **طاقة حركية انتقالية** ويمكن تمثيلها بالمعادلة التالية.

الطاقة الحركية الانتقالية تساوي الطاقة الحركية الانتقالية للنظام $\frac{1}{2}$ مضروبًا 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 أيضًا. سنستكشف في الوحدات التالية بعض هذه الأشكال، مثل طاقة الوضع والطاقة الحرارية.

الشكل 6 يبذل المتزلجون شغلًا على الزلاجة عندما يدفعونها. تتمثل النتيجة في تغيّر الطاقة الحركية للزلاجة.



PCN Photography/Alamy
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 المبذولة والإزاحة هما أنفسهما في كلتا الحالتين، فإن الشغل يظل كما هو. مع ذلك، يختلف الوقت اللازم. تذكر أن الشغل يسبب تغيرًا 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 تغيّرًا في الطاقة، تساوي القدرة الشغل المبذول مقسومًا على الزمن اللازم لبذل الشغل.

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

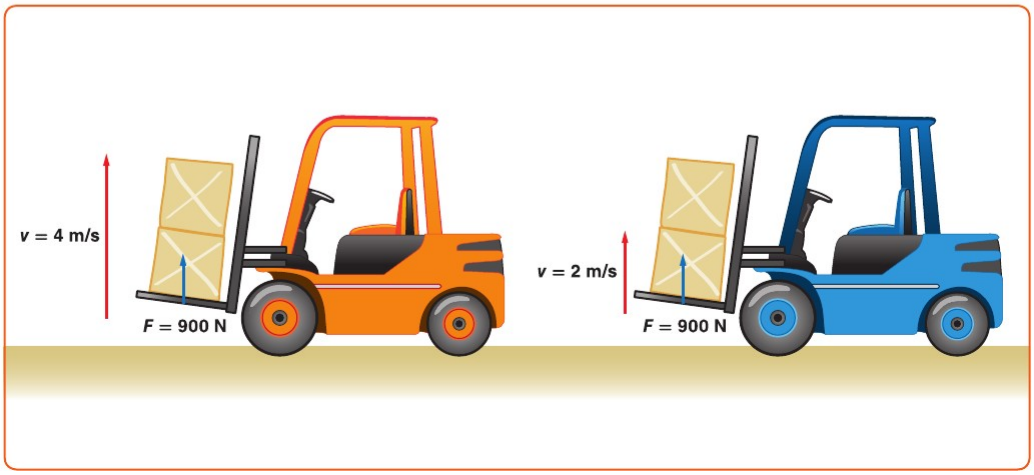
فكّر في الرافعتين الشوكيتين الموجودتين في **الشكل 7**. ترفع الرافعة الشوكية اليسرى الحمولة في 5 ثوانٍ وترفع الرافعة الشوكية اليمنى الحمولة في 10 ثوانٍ. حيث إن الرافعة الشوكية اليسرى أكثر قوة من اليمنى. فرغم أن كلتيهما تنجز الشغل نفسه، إلا أن الرافعة اليسرى تنجزه في زمن أقل ومن ثَمَّ توفر قدرة أكبر.

تُقاس القدرة بوحدة الواط (W). ويساوي **الواط** الواحد انتقال طاقة مقدارها 1 J خلال 1 s. أي أن $1\ W = 1\ J/s$. 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 بهذا تكون قد بذلت شغلاً 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؟

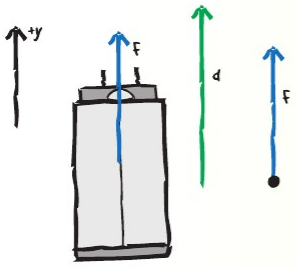


الشكل 7 تحقق الرافعة الموجودة جهة اليسار قدرة أكبر من الرافعة الموجودة جهة اليمين. فهي ترفع الحمولة بمعدل أسرع.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 3

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



تحليل المسألة ورسم مخطط لها

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

المعلوم

$d = 9.00$ m

$t = 15.0$ s

$F = 1.20\times10^4$ N

المجهول

$P = ?$

إيجاد المجهول

استخدم تعريف القدرة.

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

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

► بالتعويض $W = Fd\cos 0° = Fd$.

$$= \frac{(1.20\times10^4\ \text{N})(9.00\ \text{m})}{(15.0\ \text{s})}$$

► بالتعويض $F = 1.20\times10^4$ N, $d = 9.00$ m, $t = 15.0$ s.

$$= 7.20\ \text{kW}$$

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 يزن 575 N رأسيًا 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؟

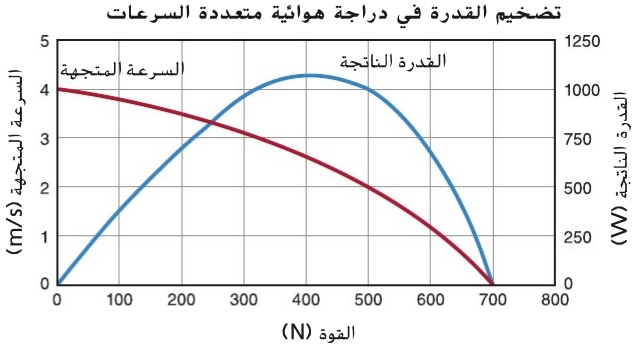
12. ما مقدار القدرة التي تولدها مضخة لرفع 35 L من الماء كل دقيقة من عمق 110 m؟ (كل 1 L من الماء تبلغ كتلته 1.00 kg)

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 6.8×10^3 N وتوليد قدرة مقدارها 0.30 kW. ما الزمن الذي تستغرقه الشاحنة والرافعة لسحب جسم ما مسافة 15 m؟

الشكل 8

(t)Tongfo Image/Alamy, (b)Zenfilia/Shutterstock.com
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



الشكل 9 عندما تركب دراجة متعددة السرعات، تعتمد القدرة الناتجة على القوة التي تبذلها وسرعتك. لاحظ ان الرسم البياني يعبر عن علاقتين: العلاقة بين الرعة والقوة(باللون الاحمر) والعلاقة بين القدرة الناتجة والقوة(باللون الأزرق)

القدرة والسرعة ربما تكون قد لاحظت في مثال المسألة 3 أنه عندما يكون للقوة مكون (F_x) في الاتجاه نفسه مثل الإزاحة، فإن $P = \frac{F_x d}{t}$. ورغم ذلك، فلأن $v = \frac{d}{t}$، فإن القدرة أيضًا يمكن حسابها باستخدام المعادلة $P = F_x v$.

عندما تركب 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 اللتَين يستطيع المحرك توفيرهما للوفاء باحتياجات العمل. ستتعلم المزيد عن الآلات البسيطة في القسم التالي.

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.

القسم 1 مراجعة

15. **الفكرة الرئيسة** إذا ضاعف الشغل المبذول على جسم ما من طاقته الحركية، فهل يضاعف سرعته؟ إذا لم يكن كذلك، فما نسبة تغييره للسرعة؟

16. **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.

17. **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.

18. **الشغل** يحمل ناقل الأثاث ثلاجة كتلتها 185 kg إلى شاحنة نقل بدفع الثلاجة بسرعة ثابتة إلى أعلى منصة تحميل منحدرة عديمة الاحتكاك طولها 10.0 m وبزاوية ميل قدرها 11°. ما مقدار الشغل الذي يبذله ناقل الأثاث على الثلاجة؟

19. **الشغل** تسقط كرة كتلتها 0.180 kg مسافة 2.5 m. فما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على الكرة؟

20. **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.

21. **القدرة** يرفع مصعد كتلة إجمالية تبلغ 1.1×10^3 kg مسافة 40.0 m خلال 12.5 s. ما مقدار القدرة التي يولدها المصعد؟

22. **الكتلة** ترفع رافعة شوكية صندوقًا بمقدار 1.2 m وتبذل عليه شغلًا مقداره 7.0 kJ. ما كتلة الصندوق؟

23. **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 وتصعد به على السلالم ثم تسير عبر الممر إلى الغرفة. أما صديقك فقد حمل صندوقه من الممر في الطابق الأول ثم صعد سلّما مختلفًا حتى وصل إلى الطابق الثاني. كيف تقارن بين كميتي الشغل الذي بذلتماه على الصندوقين؟

24. **التفكير الناقد** اشرح كيفية إيجاد التغير في طاقة نظام ما إذا أثرت فيه ثلاث قوى في آن واحد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفيزياء في حياتك

عندما تفكر في كلمة *آلة* قد تفكر في المكانس الكهربائية أو أجهزة الكمبيوتر أو المعدات الصناعية. ولكن سلالم الطائرة والبراغي والعتلات تعتبر من الآلات كذلك.

الفكرة الرئيسة

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

الأسئلة الرئيسة

- 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**
mechanical advantage	**الفائدة الميكانيكية**
ideal mechanical advantage	**الفائدة الميكانيكية المثالية**
efficiency	**الكفاءة**
compound machine	**الآلة المركبة**

فوائد الآلات

سواء كانت هذه الآلات تُدار بالمحركات أم بقوى البشر، فهي تؤدي إلى تسهيل المهام. و**الآلة** جهاز يجعل المهام أسهل، وذلك بتغيير مقدار أو اتجاه القوة المطبقة. فكّر في فتاحة الزجاجات المبينة في **الشكل 10**. فعندما ترفع المقبض، تكون قد بذلت شغلاً على الفتاحة. وعندما ترفع الفتاحة الغطاء فإنها تبذل شغلاً عليه. ويُسمى الشغل الذي تبذله بالشغل المبذول (W_i). أما الشغل الذي بذلته الآلة فيسمى الشغل الناتج (W_o).

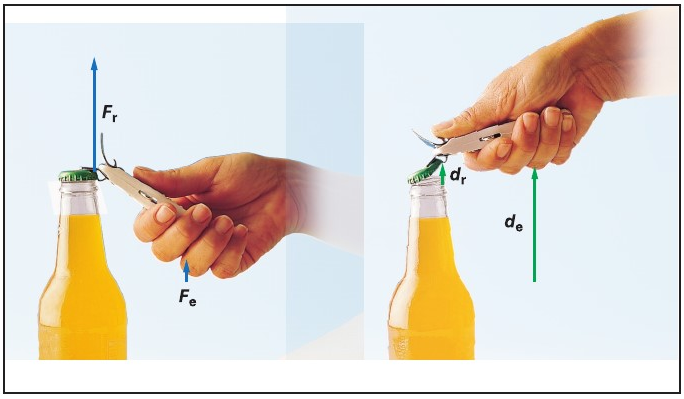
تذكر أن الشغل ينقل الطاقة. فعندما تبذل شغلًا على فتاحة الزجاجات، تنقل الطاقة إليها. وتبذل الفتاحة شغلًا على الغطاء وتنقل الطاقة إليه. ليست الفتاحة مصدرًا للطاقة. لذلك، لا يستطيع الغطاء اكتساب طاقة تزيد عن الطاقة التي تضعها في الفتاحة. ومن ثَمّ، لا يمكن أن يكون الشغل الناتج أكبر من الشغل المبذول. وتساعد الآلة فقط على نقل الطاقة منك إلى غطاء الزجاجة.

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 المبينة في **الشكل 10**، تمثل F_e القوة الرأسية إلى أعلى التي بذلها 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.

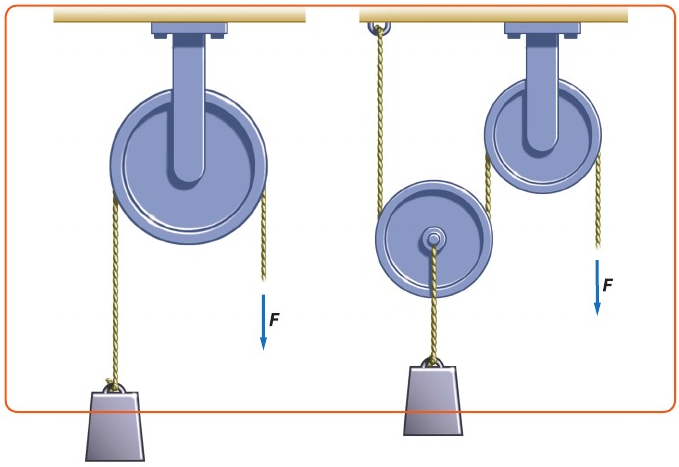
الفائدة الميكانيكية الفائدة الميكانيكية للآلة تساوي ناتج قسمة قوة المقاومة على قوة الجهد.

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

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



tBrand X Pictures/Getty Images; (b)Hutchings Photography/Digital Light Source)
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

مختبر الفيزياء

الرفع باستخدام البكرات

كيف يؤثر ترتيب نظام البكرات في فائدتها الميكانيكية المثالية.

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 تقلّل من قوة الجهد، ولكن لأنها تغيّر 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. ونظرًا 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. ويكمن 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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 الغسالة الجديدة ذات الكفاءة العالية مياهًا وكهرباء أقل مقارنة بالغسالة القديمة.

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 مقسومًا على الشغل المبذول ومضروبًا 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.

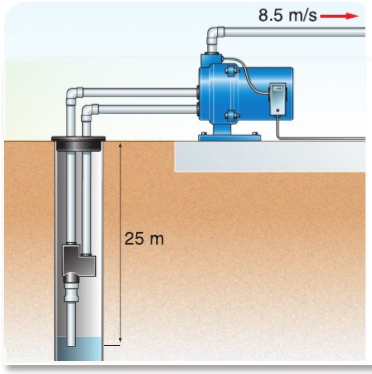
الكفاءة
إن كفاءة الآلة (كنسبة مئوية) تساوي فائدتها الميكانيكية مقسومة على فائدتها الميكانيكية المثالية ومضروبة في العدد 100.

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

يحدّد تصميم الآلة فائدتها الميكانيكية المثالية. فالآلة ذات الكفاءة العالية لها فائدة ميكانيكية تساوي غالبًا 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؟

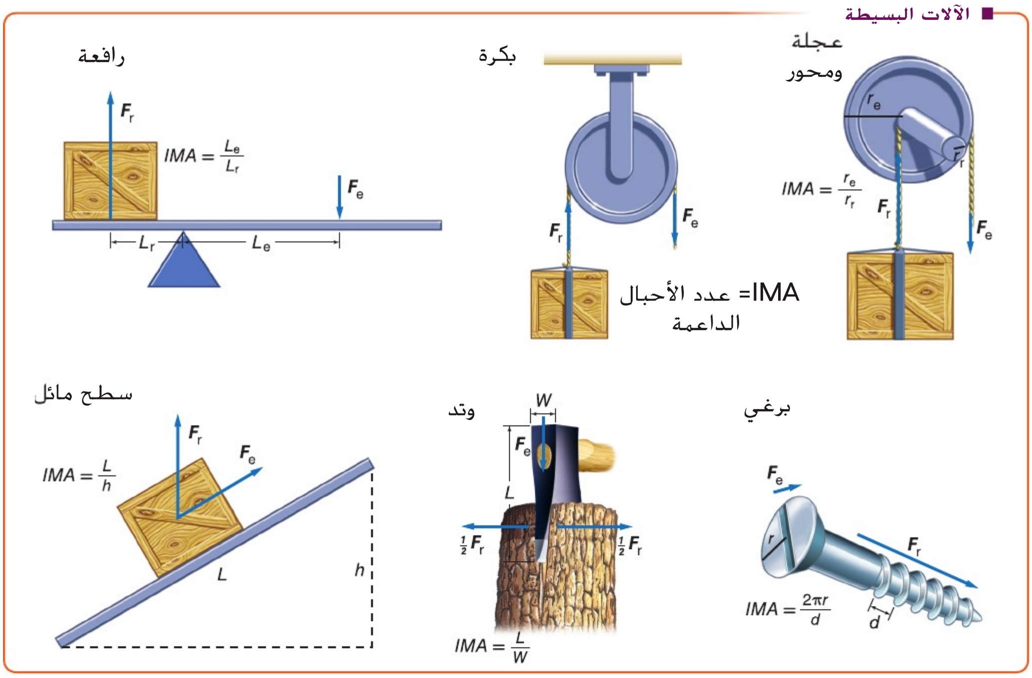
مسألة تحفيزية



تسحب مضخة كهربائية الماء بمعدل $0.25\ m^3/s$ من بئر عمقه 25 m. ويتدفق الماء خارجًا من المضخة بسرعة 8.5 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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 12 [illegible]

حدّد [illegible]

الآلات المركبة

[illegible] **الشكل 12** [illegible]

[illegible] **الشكل 12** [illegible] **الشكل 13.** [illegible]

الآلة المركبة [illegible]

التأكد من فهم النص **قارن وقابل بين** [illegible]

الشكل 13 [illegible] $\frac{r_e}{r_r}$.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 14 تعد الدراجة آلة مركبة. حيث يبذل الراكب قوة على الدواسات والتي تبذل بدورها قوة على السلسلة. ثم تبذل السلسلة قوة على ناقل الحركة الخلفي.

تجربة مصغرة

العجلة والمحور

تعمل آلية ناقل الحركة في دراجتك على مضاعفة المسافة التي تقطعها، لكن ماذا تفعل في القوة التي تبذلها؟

الفائدة الميكانيكية والدراجات الدراجة، مثل الموضحة في **الشكل 14** آلة مركبة تتكون من نظامين من العجلات والمحاور. النظام الأول الدواسة وناقل الحركة الأمامي. هنا، تشير قوة الجهد إلى القوة التي يبذلها الراكب على الدواسة $F_{\text{الراكب على الدواسة}}$. وتصل قوة قدمك إلى أكبر فاعلية عندما تُبذل قوة عمودية على ذراع الدواسة؛ أي عندما يكون العزم أكبر. لذلك، سنفترض أن $F_{\text{الراكب على الدواسة}}$ مطبقة عموديًا على ذراع الدواسة. والمقاومة قوة يبذلها ناقل الحركة الأمامي على السلسلة $F_{\text{ناقل الحركة على السلسلة}}$.

التأكد من فهم النص **حدّد** قوة الجهد وقوة المقاومة للدواسة وناقل الحركة الأمامي.

يعمل ناقل الحركة الخلفي والإطار الخلفي كعجلة ومحور آخرين. تبذل السلسلة قوة جهد على ناقل الحركة الخلفي $F_{\text{السلسلة على ناقل الحركة}}$. وهذه القوة مساوية للقوة التي يطبقها ناقل الحركة الأمامي على السلسلة. أي $F_{\text{ناقل الحركة الأمامي على السلسلة}} = F_{\text{السلسلة على ناقل الحركة الخلفي}}$. تمثل قوة المقاومة القوة التي يبذلها الإطار على الطريق، $F_{\text{الإطار على الطريق}}$. وبحسب قانون نيوتن الثالث فإن الأرض تؤثر بقوة مساوية في الإطار نحو الأمام،مؤدية إلى تسارع الدراجة الهوائية .

تساوي الفائدة الميكانيكية للآلة المركبة حاصل ضرب الفوائد الميكانيكية للآلات البسيطة التي تتكون منها. ومن ثَمَّ يُعبر عن الفائدة الميكانيكية للدراجة بالمعادلة التالية:

$$MA_{\text{الكلية}} = MA_{\text{ناقل حركة امامية الدواسة}} \times MA_{\text{ناقل حركة خلفي}}$$

$$MA_{\text{الكلية}} = \left(\frac{F_{\text{ناقل الحركة على السلسلة}}}{F_{\text{الراكب على الدواسة}}}\right)\left(\frac{F_{\text{الإطار على الطريق}}}{F_{\text{السلسلة على ناقل الحركة}}}\right) = \frac{F_{\text{الإطار على الطريق}}}{F_{\text{الراكب على الدواسة}}}$$

تذكر أن $F_{\text{ناقل الحركة على السلسلة}} = F_{\text{السلسلة على ناقل الحركة}}$. لذلك، فهما يحذفان في المعادلة المبينة أعلاه.

وبالمثل، الفائدة الميكانيكية المثالية للدراجة هي $IMA_{\text{العجلة الخلفية}} \times IMA_{\text{ناقل حركة الدواسة}} = IMA$. الفائدة الميكانيكية المثالية لكل عجلة ومحور هي نسبة بعد نقطة تأثير القوة ومحور الدوران.

فبالنسبة إلى ناقل حركة الدواسة فإن:

$$IMA = \frac{\text{نصف قطر الدواسة}}{\text{نصف قطر ناقل الحركة الأمامي}}$$

وبالنسبة إلى الإطار الخلفي فإن: $IMA = \dfrac{\text{نصف قطر ناقل الحركة الخلفي}}{\text{نصف قطر الإطار}}$

وأما بالنسبة إلى الدراجة فإن:

$$IMA = \left(\frac{\text{نصف قطر الدواسة}}{\text{نصف قطر ناقل الحركة الأمامي}}\right)\left(\frac{\text{نصف قطر ناقل الحركة الخلفي}}{\text{نصف قطر الإطار}}\right)$$

$$= \left(\frac{\text{نصف قطر الدواسة}}{\text{نصف قطر الإطار}}\right)\left(\frac{\text{نصف قطر ناقل الحركة الخلفي}}{\text{نصف قطر ناقل الحركة الأمامي}}\right)$$

التأكد من فهم النص **اشرح** ما وحدات قياس الفائدة الميكانيكية والفائدة الميكانيكية المثالية للدراجة؟

Laura Sifferlin
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 4

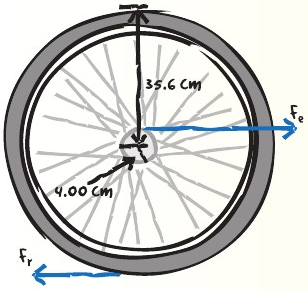
الفائدة الميكانيكية لنفترض أنك تفحص العجلة الخلفية لدراجتك. يبلغ نصف قطر العجلة 35.6 cm ونصف قطر ناقل الحركة 4.00 cm وعندما تسحب السلسلة بقوة مقدارها 155 N، تتحرك حافة العجلة مسافة 14.0 cm. وتبلغ كفاءة هذا الجزء من الدراجة 95.0 بالمئة.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للعجلة وناقل الحركة؟

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية للعجلة وناقل الحركة؟

c. ما مقدار قوة المقاومة؟

d. ما مقدار مسافة سحب السلسلة لتحريك الحافة مسافة 14.0 cm؟



1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

- ارسم مخططًا توضيحيًا للعجلة والمحور.
- ارسم مخططًا توضيحيًا لمتجهات القوة.

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

2 إيجاد المجهول

a. أوجد قيمة الفائدة الميكانيكية المثالية.

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

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

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

► بالتعويض $r_e = 4.00\ cm$, $r_r = 35.6\ cm$.

b. أوجد قيمة الفائدة الميكانيكية.

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

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

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

► بالتعويض $e = 95.0\%$, $IMA = 0.112$.

c. أوجد قيمة القوة.

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

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

$$= (0.106)(155\ N) = 16.4\ N$$

► بالتعويض $MA = 0.106$, $F_e = 155\ N$.

d. أوجد قيمة المسافة.

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

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

$$= (0.112)(14.0\ cm) = 1.57\ cm$$

► بالتعويض $IMA = 0.112$, $d_r = 14.0\ cm$.

3 تقييم الإجابة

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

(t)Renato Valterza/Alamy, (br)Olivier Hoslet/EPA/NEWSCOM)
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

25. إذا تضاعف نصف قطر ناقل الحركة في الدراجة في المثال 4، في حين ظلت القوة المبذولة على السلسلة والمسافة التي تحركتها حافة العجلة دون تغيير، فما الكميات التي تتغير وما مقدار التغير؟

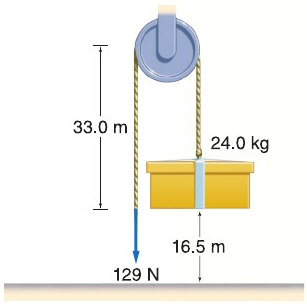
26. تستخدم مطرقة ثقيلة لدق وتد في قطعة خشب لتقسيمها. عندما يدخل الوتد مسافة 0.20 m في قطعة الخشب فإنها تنقسم بمسافة 5.0 cm. حيث يتطلب الأمر قوة مقدارها 1.7×10^4 N لتقسيم قطعة الخشب. وتبذل المطرقة الثقيلة قوة مقدارها 1.1×10^4 N.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للوتد؟

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية للوتد؟

c. احسب كفاءة الوتد باعتباره آلة.

27. يستخدم عامل بكرة ما لرفع صندوق كرتون كتلته 24.0 kg مسافة 16.5 m كما يوضح **الشكل 15**. القوة المبذولة تبلغ 129 N وسُحب الحبل مسافة 33.0 m.



الشكل 15

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية للبكرة؟

b. ما مقدار كفاءة البكرة؟

28. يحتوي ونش على ذراع تدوير نصف قطره 45 cm. ويلتف حبل حول أسطوانة نصف قطرها 7.5 cm. يؤدي دوران ذراع التدوير مرة واحدة إلى إدارة الأسطوانة دورة واحدة.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية لهذه الآلة؟

b. إذا كانت كفاءة الآلة 75 بالمئة فقط نتيجة لقوة الاحتكاك، فما مقدار القوة التي يجب بذلها على مقبض ذراع التدوير ليبذل قوة مقدارها 750 N على الحبل؟

29. مسألة تحفيزية لنفترض أنك تبذل قوة مقدارها 225 N على رافعة لرفع صخرة وزنها 1.25×10^3 N مسافة 13 cm. وإذا كانت كفاءة الرافعة 88.7 بالمئة، فما المسافة التي حركت بها طرف الرافعة من جهتك؟

الدراجة متعددة نواقل الحركة

يُعد تغيير نواقل الحركة في الدراجة إحدى طرق ضبط معدل أنصاف أقطار نواقل الحركة للحصول على الفائدة الميكانيكية المثالية المطلوبة. في الدراجة متعددة نواقل الحركة، يستطيع راكب الدراجة تغيير الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة عن طريق اختيار حجم أحد ناقلي الحركة أو كليهما. يوضح **الشكل 16** ناقل حركة خلفيًا متوفرًا بخمسة أحجام مختلفة لناقل الحركة. ففي حالة التسارع أو صعود تل، فإن الراكب يزيد الفائدة الميكانيكية المثالية لكي يزيد القوة التي تبذلها العجلة على الطريق.

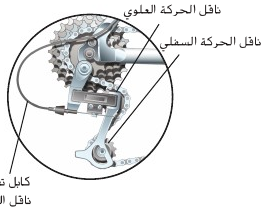
ولزيادة الفائدة الميكانيكية المثالية، يحتاج الراكب إلى جعل نصف قطر ناقل الحركة الخلفي كبيرًا مقارنة بنصف قطر ناقل الحركة الأمامي (ارجع إلى معادلة *IMA* الواردة سابقًا في القسم). وعندما يبذل الراكب القوة نفسها، تبذل العجلة قوة أكبر على الطريق. مع ذلك، يجب على الراكب تدوير الدواسات خلال عدد أكبر من الدورات لكل دورة للعجلة.

من جهة أخرى، يتطلب الأمر قوة أقل لقيادة الدراجة بسرعة كبيرة على طريق مستوٍ. يحتاج راكب الدراجة إلى ناقل حركة خلفي صغير وناقل حركة أمامي كبير، مما يؤدي إلى فائدة ميكانيكية مثالية أقل. ومن ثَمَّ، فعندما يبذل الراكب القوة نفسها، تبذل العجلة قوة أقل على الطريق. ومع ذلك ففي المقابل، لا يحتاج الراكب إلى تحريك الدواسات بمقدار كبير لكل دورة للعجلة.

يعمل ناقل الحركة في السيارة بالطريقة نفسها. لتتسارع السيارة من وضع السكون، يلزم الأمر بذل قوى كبيرة ويزيد ناقل الحركة من الفائدة الميكانيكية المثالية عن طريق زيادة معدل نقل الحركة. ورغم ذلك فعند القيادة بسرعات كبيرة، يقلل ناقل الحركة من معدل نقل الحركة ومن الفائدة الميكانيكية المثالية نظرًا لاحتياج السيارة إلى قوى أقل. ورغم أن عداد السرعة يشير إلى سرعة كبيرة، فإن عداد الدورات يشير إلى سرعة زاوية منخفضة للمحرك.

التأكد من فهم النص **اشرح** سبب احتياج سيارتك إلى نواقل حركة متعددة.

الشكل 16 يستطيع الراكب تغيير الفائدة الميكانيكية المثالية للدراجة عن طريق تغيير نواقل الحركة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

آلة المشي البشرية

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 الرئيسة التالية:

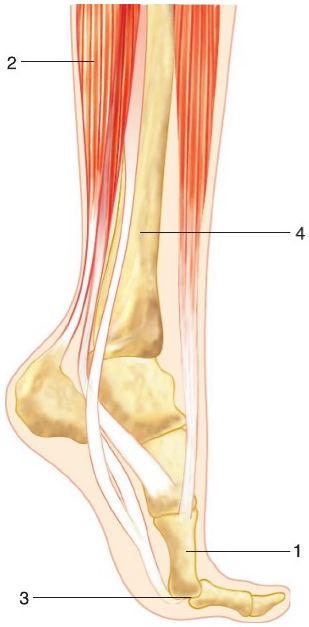
1. قضيب صلب (العظم)
2. مصدر قوة (انقباض العضلات)
3. نقطة ارتكاز أو محور دوار (المفاصل المتحركة بين العظام)
4. مقاومة (وزن الجسم أو شيء يتم رفعه أو تحريكه)

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 طوال القامة يستطيعون المشي بسرعة أكبر من قصيري القامة، إلا أنه يجب عليهم تطبيق قوة أكبر لتحريك الرافعة الطويلة المكوّنة 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.



الشكل 17 وظيفة ساق وقدم الإنسان باعتبارها آلة مركبة.

Pete Gardner/Digital Vision/Getty Images

القسم 2 مراجعة

30. الفكرة الرئيسة صنف كل أداة باعتبارها رافعة أو عجلة ومحورًا أو مستوى مائلًا أو وتدًا. صِف كيف تغير تلك الأداة القوة لتجعل إنجاز المهام أسهل.

a. مفك براغي
b. كماشة
c. إزميل
d. كلابة سحب المسامير

31. الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) يختبر عامل نظام بكرات متعددة لتقدير أثقل جسم يمكنه 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 أثقل جسم يمكنه رفعه؟

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

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

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

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

b. عندما تصل إلى سرعة الحركة المناسبة، فإنك 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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 ـــ سيقان اصطناعية ذات أنصال مقوّسة مصنوعة من ألياف الكربون ـــ يستطيع مبتورو السيقان المنافسة في مسابقات الجري الدولية.

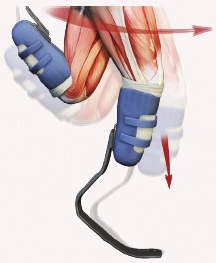
الطاقة يستخدم العداؤون ذوو السيقان الطبيعية أفخاذهم وركَبِهم وعضلات الربلة والكواحل لامتصاص الطاقة عندما تصطدم كل قدم بالأرض وترتفع عنها، كما يوضح **الشكل 1**. مع الساق الاصطناعية، يُختزن بعض من الطاقة الحركية للنصل المتأرجح عندما ينضغط عند اصطدامه بالأرض. يعمل النصل المنضغط كأنه زنبرك، حيث يعيد تحويل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

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

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.

ولكن عندما يتعلق الأمر بالجري، فإن للأطراف الاصطناعية عيوبها أيضًا. عند نقطة بدء السباق، يهدر العداؤون ذوو السيقان الاصطناعية وقتًا أكثر للانطلاق في العدو مقارنة 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.



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

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 عدائون ذوو سيقان طبيعية مع عدائين لديهم ساق واحدة أو ساقان مبتورتان.

Corbis Images Source all rights reserved. (bkgd) Design Pics/Con Tanasiuk
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © مؤسسة مكجرو هيل للتعليم

الفكرة **الرئيسة** يؤدي بذل شغل على نظام ما إلى تغيير طاقته.

القسم 1 الشغل والطاقة

المفردات

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

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

- يُبذل الشغل عند تطبيق قوة باتجاه إزاحة ما. ينتج الشغل عن القوة المبذولة على نظام ما وعلى مكوّن المسافة التي يتحرك خلالها النظام، وتكون في اتجاه موازٍ 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.

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

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

$$W = \Delta E$$

- القدرة هي معدل تحوُّل الطاقة. عندما يُحدث الشغل تغيرًا في الطاقة، تكون القدرة مساوية لمعدل الشغل المبذول.

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

القسم 2 الآلات

المفردات

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

الفكرة **الرئيسة** 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 بالمئة.

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1 الشغل والطاقة

إتقان المفاهيم

35. ما وحدات قياس الشغل؟

36. هناك قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار دائري. هل تبذل الجاذبية شغلًا 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 بالبكرة لرفع فرن كتلته 150 kg بسرعة ثابتة إلى الطابق الثالث؟

41. يبذل أحمد شغلًا 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) شغلًا بمقدار 2.20×10^5 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 كتابًا 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 أفقيًا مسافة 30.0 m خلال 3.00 s.

a. احسب الشغل المبذول على الكتلة.

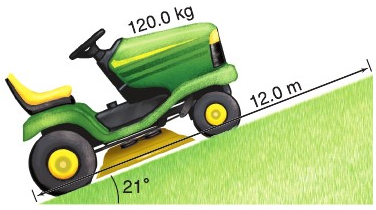
b. احسب القدرة المُكتسبة.

47. **عربة** تُسحب عربة بقوة 38.0 N مبذولة على المقبض بزاوية 42.0° على المستوى الأفقي. إذا سُحبت العربة لمسافة 157 m، فما مقدار الشغل المبذول على العربة؟

48. **آلة جز العشب** لجز عشب الفناء، يدفع راشد آلة جز العشب مسافة 1.2 km بقوة أفقية مقدارها 66.0 N. هل تبذل كل القوة المطبقة شغلًا 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. أُنجزت المهمة بربط حبل وسحبه بقوة 75.0 N. فما زاوية ربط الحبل؟

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

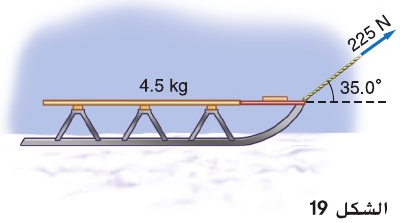


الشكل 18

51. تقوم بسحب صندوق أعلى منحدر بزاوية 30.0° 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 4.2×10^3 N أعلى منحدر بمسافة 3.5 m بسرعة ثابتة باستخدام عربة. يشكل المنحدر زاوية قياسها 30.0° 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 مُوضح 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 علياء 52 kg، وتركب السلم المتحرك في مدينة ألعاب، بطول 227 m وزاوية ميله تساوي 31°.

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله السلم المتحرك على علياء؟

b. تبلغ كتلة أحمد 65 kg، وهو يركب السلم المتحرك أيضًا. ما مقدار الشغل الذي يبذله السلم المتحرك على أحمد؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

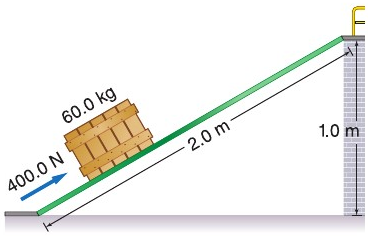
55. جزازة العشب الأسطوانية جزازة عشب أسطوانية تُدفع عبر مرج من الأعشاب بقوة 115 N في اتجاه المقبض أعلى المستوى الأفقي بزاوية 22.5°. إذا اكتُسبت قدْرة مقدارها 64.6 W لمدة 90.0 s، فما المسافة التي تحركتها الجزازة؟

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 القدْرة التي يكتسبها المحرك؟

57. يسحب خالد صندوقًا أعلى منحدر مائل يستند إلى منصة، كما هو مُوضح 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 المبذول على الصندوق إذا قام خالد برفع الصندوق من الأرضية إلى أعلى المنصة مباشرة بسرعة ثابتة؟



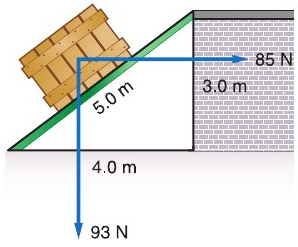
الشكل 20

58. عامل يدفع صندوقًا يزن 93 N لأعلى سطح مائل بسرعة ثابتة. كما توضح **الشكل 21**. يدفع العامل القفص في اتجاه موازٍ 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

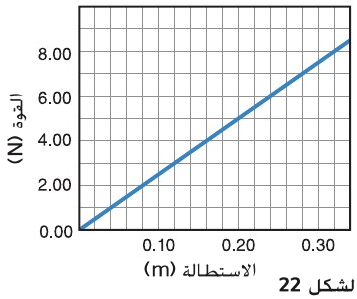
59. تبين **الشكل 22** مقدار القوة اللازمة لكي يتمدد زنبرك ما مقابل المسافة التي يتمدد خلالها الزنبرك.

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

b. استخدم الرسم البياني لإيجاد الشغل المبذول 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 الشغل. $k = 25\ \text{N/m}$ (ميل الرسم البياني). وd هي المسافة التي تمدد خلالها الزنبرك (0.20 m).

القوة مقابل الاستطالة



الشكل 22

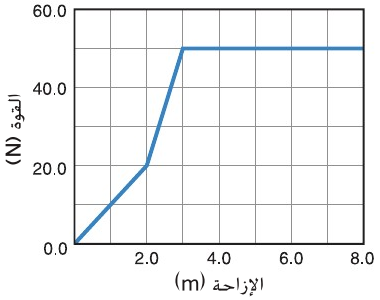
60. استخدم الرسم البياني الوارد في **الشكل 22** لإيجاد الشغل المطلوب لكي يتمدد الزنبرك من 0.12 m إلى 0.28 m.

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

a. أوجد الشغل المبذول لسحب الجسم مسافة 7.0 m.

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

القوة مقابل الإزاحة



الشكل 23

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

a. احسب الشغل المبذول على النفط بواسطة المضخة.

b. احسب القدْرة التي تنتجها المضخة.

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

القسم 2 الآلات

إتقان المفاهيم

64. هل يمكن الحصول على شغل من الآلة بقدر أكبر مما بذلته فيها؟

65. اشرح كيف أن دواسات الدراجة عبارة عي آلة بسيطة.

إتقان حل المسائل

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

a. ما مقدار قوة الجهد التي سيطبقها تاكيشي إذا كانت هذه البكرات آلة مثالية؟

b. ما مقدار القوة المُستخدمة لموازنة قوة الاحتكاك إذا كان الجهد الفعلي يساوي 340 N؟

c. ما مقدار الشغل الناتج؟

d. ما مقدار الشغل المبذول؟

e. 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 kg مسافة 0.50 m؟

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

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

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

70. يُستخدم نظام بكرة لرفع وزن يبلغ 1345 N لمسافة 0.975 m. يسحب بول الحبل لمسافة 3.90 m، حيث يبذل قوة مقدارها 375 N.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للنظام؟

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية؟

c. ما مدى كفاءة النظام؟

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

a. مقدار الفائدة الميكانيكية

b. مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية

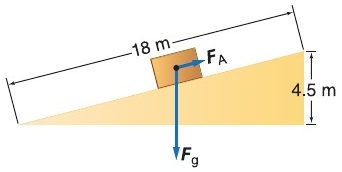
c. مدى الكفاءة

72. استخدم **الشكل 24** للإجابة عن الأسئلة التالية.

a. ما مقدار القوة الموازية للمنحدر، (F_A)، المطلوبة لسحب صندوق كتلته 25 kg بسرعة ثابتة لأعلى المنحدر؟ تجاهَل الاحتكاك.

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للمنحدر؟

c. ما المقدار الفعلي للفائدة الميكانيكية ومدى كفاءة المنحدر إذا كانت هناك حاجة إلى بذل قوة موازية مقدارها 75 N؟



الشكل 24

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

الشكل 25

74. يدير محرك كفاءته 88 بالمئة رافعة كفاءتها 42 بالمئة. تبلغ القدْرة التي يوفرها المحرك 5.5 kW. ما السرعة الثابتة التي ترفع بها الرافعة صندوقًا كتلته 410 kg؟

75. ما مقدار الشغل المطلوب لرفع كتلة تبلغ 215 kg لمسافة 5.65 m، باستخدام آلة تبلغ كفائتها 72.5 بالمئة؟

76. طرح المسألة استكمل هذه المسألة حتى يتسنّى حلّها باستخدام القدْرة: "أثناء إعادة ترتيب قطع الأثاث، تحتاج أوبا إلى نقل أريكة كتلتها 50 kg..."

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

77. آلة مركبة مصنوعة بتوصيل رافعة بنظام بكرة رفع. فكِّر في آلة مركبة مثالية تتكوَّن من رافعة ذات فائدة ميكانيكية مثالية تبلغ 3.0 ونظام بكرة رفع ذي فائدة ميكانيكية مثالية تبلغ 2.0.

a. وضِّح 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 N؟

c. إذا نقلت جانب الجهد على الرافعة مسافة 12.0 cm. فما المسافة التي رُفع إليها الصندوق؟

تطبيق المفاهيم

78. أيهما يتطلب شغلًا أكثر، حمْل حقيبة ظهر تزن 420 N لصعود تل ارتفاعه 200 m أم حمْل حقيبة ظهر تزن 210 N لصعود تل ارتفاعه 400 m؟ لماذا؟

79. الرفع ترفع صندوقًا 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 اتجاهَين متضادَين، يبدو أنه لا يوجد شغل مبذول، ولكنك تعلم أنك بذلت شغلًا. اشرح الشغل الذي بذلته.

80. تعمل بوظيفة بعد المدرسة. حيث تحمل كراتين أوراق النسخ الجديدة وتصعد 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 المالية الذي قد تقوم به لضمان حصولك على مقابل مناسب؟

81. بمجرد هبوطك على السلالم، فإنك تحمل كراتين الورق عبر ردهة طولها 15 m. هل تبذل شغلًا بحملك للصناديق إلى نهاية الردهة؟ اشرح.

82. صعود السلالم يصعد شخصان كتلتهما واحدة على السلالم نفسها. يستغرق الشخص الأول 25 s لصعود السلالم، بينما يستغرق الشخص الآخر 35 s.

a. أي شخص يبذل شغلًا أكثر؟ اشرح.

b. أي شخص ينتج قدْرة أكثر؟ اشرح.

83. وضِّح أنه يمكن إعادة كتابة القدْرة كالتالي $P = Fv\cos\theta$.

84. كيف يمكنك زيادة الفائدة الميكانيكية المثالية لآلة ما؟

85. الفكرة الرئيسة المدارات اشرح لماذا لا يتناقض كوكب يدور حول الشمس مع نظرية الشغل والطاقة.

86. مطرقة ذات كماشة تُستخدم المطرقة ذات الكماشة النموذجية لسحب مسمار من قطعة خشب. أين يجب أن تضع يديك على المقبض وأين يجب أن يتعلق المسار في الكماشة لتقليل قوة الجهد إلى أقصى قدر ممكن؟

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 m وتستطيع استخدام منحدر غير احتكاكي طوله 3.0 m أو 4.0 m. فأي منحدر ينبغي عليها استخدامه إذا كانت تريد بذل أقل قدر من الشغل؟

89. يرفع سعيد، وهو بطل في رياضة رفع الأثقال، كتلًا تبلغ 240 kg لمسافة 2.35 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 شغلًا إذا أفلت الكتل وتركها تسقط أرضًا مرة أخرى؟

90. يلزم تطبيق قوة أفقية مقدارها 805 N لسحب صندوق عبر طابق أفقي بسرعة ثابتة. فتقوم أنت بسحبه باستخدام حبل مربوط بزاوية 32°.

a. ما القوة التي تبذلها على الحبل؟

b. ما مقدار الشغل الذي تبذله على الصندوق إذا حركته مسافة 22 m؟

c. إذا أنجزت المهمة خلال 8.0 s. فما كمية القدْرة المُكتسبة؟

91. منصة نقالة ومنحدر تُستخدم منصة نقالة لرفع ثلاجة كتلتها 115 kg لأعلى منحدر وإدخالها في أحد المنازل، يبلغ طول المنحدر 2.10 m وارتفاعه 0.850 m. يقوم الشخص الذي يحرّك المنصة بسحبها بقوة موازية للمنحدر مقدارها 496 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 الثلاجة؟

c. ما مدى كفاءة الآلة؟

92. تبذل نوف شغلًا مقداره 11.4 kJ لسحب صندوق خشبي لمسافة 25.0 m عبر أرضية بسرعة ثابتة. يشكل الحبل الذي تستخدمه نوف لسحب الصندوق زاوية قدرها 48.0° على المستوى الأفقي.

a. ما القوة التي يبذلها الحبل على الصندوق؟

b. أوجد مقدار قوة الاحتكاك المبذولة على الصندوق.

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

93. التزلج تُسحب زلاجة قوتها 845 N مسافة 185 m. تتطلب المهمة بذل شغل مقداره 1.20×10^4 J من خلال سحب حبل بقوة 125 N. فما زاوية ربط الحبل؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 القدْرة التي يكتسبها الونش؟

b. ما مقدار القدْرة الكهربائية التي ينبغي تزويد الونش بها إذا كانت كفاءته 85 بالمئة؟

التفكير الناقد

95. طبّق المفاهيم يجري عدّاء كتلته 75 kg سباق 50.0 m خلال 8.50 s. افترض أن تسارع العدّاء ثابت طوال السباق.

a. أوجد متوسط قدْرة العدّاء في السباق.

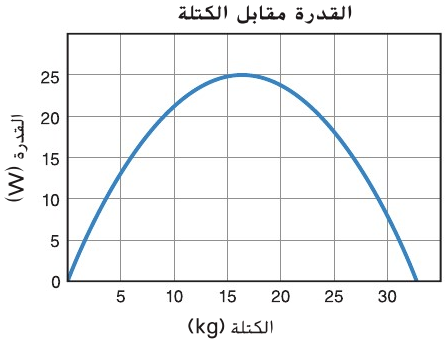
b. ما القدْرة القصوى التي يكتسبها العدّاء؟

96. طبّق المفاهيم يركض العدّاء المذكور في المسألة السابقة سباق 50.0 m مجددًا خلال 8.50 s. ولكن هذه المرة يسرّع العدّاء من ركضه في الثانية الأولي ويركض المسافة الباقية من السباق بسرعة ثابتة.

a. احسب متوسط القدْرة الناتجة للثانية الأولى تلك.

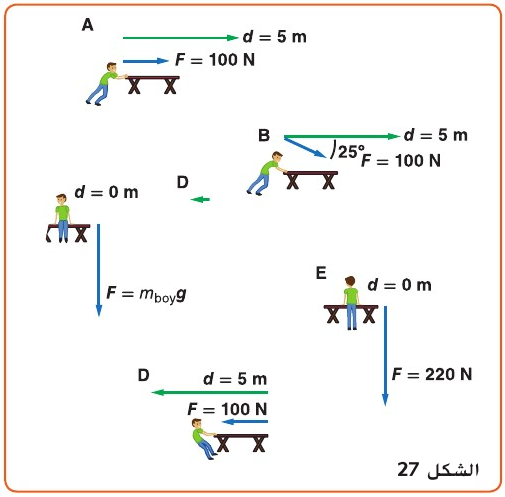
b. ما مقدار القدْرة القصوى التي ينتجها العدّاء حاليًا؟

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 القدْرة التي يمكن أن يكتسبها جسمك على مدى فترة طويلة على الكتلة التي تحملها. كما هو مُوضح في **الشكل 26**. أوجد عدد الصناديق المطلوب حملها في كل مرة بغرض تقليل الوقت اللازم. كم تستغرق من الوقت لإنجاز المهمة؟ تجاهل الوقت اللازم لهبوط السلالم مرة أخرى ورفع كل صندوق وإنزاله على الأرض.



الشكل 26

98. مهمة التصنيف يتعامل صبي صغير كتلته 20 kg مع أحد المقاعد، كما تُظهر **الشكل 27**. صنّف كل تعامل للصبي حسب الشغل الذي يبذله على المقعد، من المقدار 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 وناقل الحركة والعجلات والإطارات). استكشف التحسينات الممكنة في كل من هذه الكفاءات.

100. المصطلحات القوة والشغل والقدْرة 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 المُستخدمة في الفيزياء.

مراجعة تراكمية

101. تقوم برعاية حديقتك وتملأ صندوق قمامة بأجزاء من التربة وأعشاب. هذه العلبة التي كتلتها 24 kg ثقيلة جدًا فلا يمكنك رفعها. لذلك تدفعها عبر الفناء. يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين العلبة والعشب الموحل بالطين 0.27. بينما يبلغ معامل الاحتكاك الساكن 0.35. ما مقدار القوة التي يجب أن تدفع بها أفقيًا لبدء تحريك العلبة فقط؟

102. البيسبول يقذف رامي كرة بيسبول شهير كرة سريعة أفقيًا بسرعة 40.3 m/s (ما يعادل 90 mph). كم تبعد المسافة التي تسقط عندها الكرة عندما تعبر القاعدة الرئيسية بمسافة 18.4 m (ما يعادل 60 ft, 6 in)؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اختيار من متعدد

1. كرة قدم وزنها 4 N مُلقاة في وضع السكون على أرضية الملعب. تبذل قدم لاعب قوة على الكرة تبلغ 5 N لمسافة 0.1 m. فتتحرك الكرة مسافة 10 m. ما مقدار الطاقة الحركية التي تكتسبها الكرة من قدم اللاعب؟

A. 0.5 J **C.** 9 J

B. 0.9 J **D.** 50 J

2. يتكوّن نظام بكرة رفع من بكرتَين مثبتتَين وأخريين متنقلتَين ترفعان صخرة تزن 300 N بسرعة ثابتة. إذا بلغت قوة الجهد المُستخدمة لرفع الصخرة 100 N، فما الفائدة الميكانيكية للنظام؟

A. $\frac{1}{3}$ **C.** 3

B. $\frac{3}{4}$ **D.** 6

3. تتكوّن آلة مركَّبة 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 المركَّبة؟

A. 40 بالمئة **C.** 50 بالمئة

B. 45 بالمئة **D.** 70 بالمئة

4. قالب يزن 20.0 N مربوط بطرف حبل ملفوف حول نظام بكرة رفع. إذا سحبت الطرف المقابل من الحبل مسافة 2.00m، يرفع نظام البكرة القالب مسافة 0.40 m. فما الفائدة الميكانيكية المثالية لنظام بكرة الرفع؟

A. 2.5 **C.** 5.0

B. 4.0 **D.** 10.0

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 الشخصَين لحمْل الصناديق لأعلى المنحدر؟

A. 5.00 W **C.** 20.0 W

B. 10.0 W **D.** 40.0 W

6. ينزلق متزلج كتلته 50.0 kg عبر بركة جليدية بدون احتكاك يذكر. وعند اقترابه من صديق له، يمسك 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؟

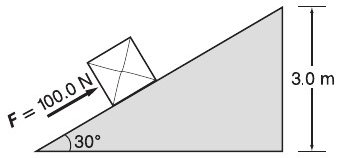
A. −25 J **C.** −100 J

B. −75 J **D.** −150 J

7. يُدفع الصندوق المُوضح في الرسم لأعلى السطح المنحدر بقوة 100.0 N. فما مقدار الشغل المبذول على الصندوق؟ (sin 30° = 0.50, cos 30° = 0.87, tan 30° = 0.58)

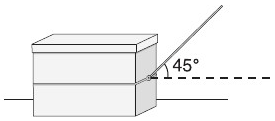
A. 150 J **C.** 450 J

B. 260 J **D.** 600 J



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° = 45° = 0.71)

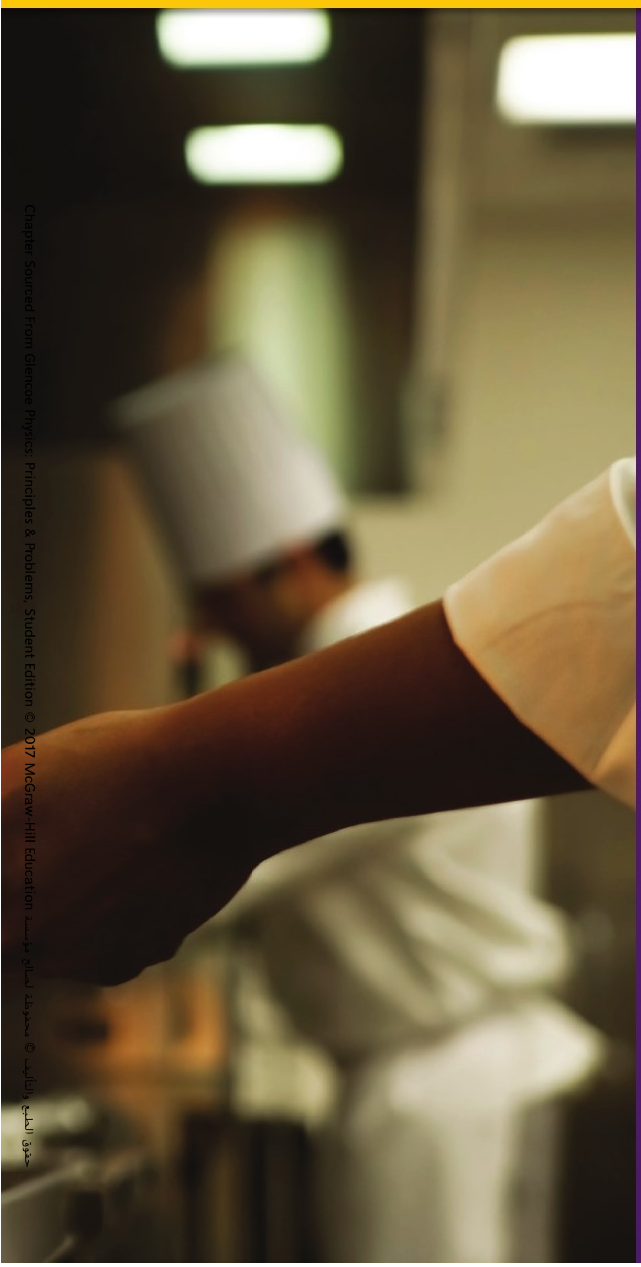


حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 9

الطاقة الحرارية

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



الأقسام

1 درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية

2 تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية

التجربة الاستهلالية

انتقال الطاقة الحرارية

كيف تنتقل الطاقة الحرارية من يديك إلى كوب الماء؟

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

محفوظة لصالح مؤسسة ... © حقوق الطبع والتأليف

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

القسم 1

الفيزياء في حياتك

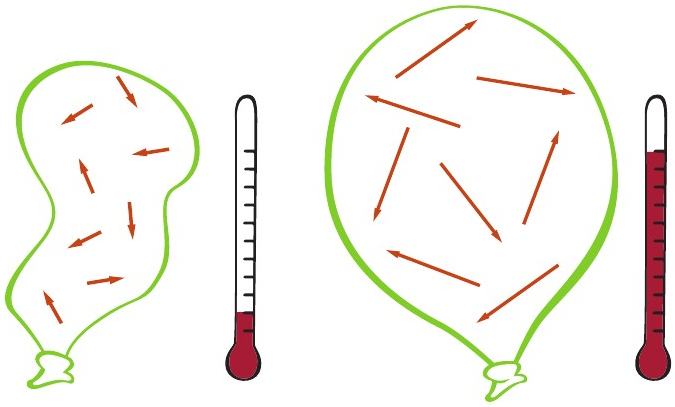
هل شاهدت بالونًا في الخارج في يوم بارد من قبل؟ ربما كان منكمش الحجم. ولكنه إذا أخذته إلى منزل دافئ، سيعود إلى حجمه الطبيعي. لماذا تؤثر درجة الحرارة في حجم البالون؟

الطاقة الحرارية

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

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

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



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

الفكرة الرئيسة

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

الأسئلة الرئيسة

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

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

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

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

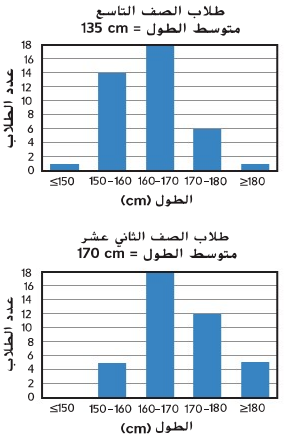
الطاقة الحرارية في المواد الصلبة إن الذرات أو الجسيمات داخل المواد الصلبة لديها طاقة حركية أيضًا ولكنها لا تتحرك في جميع الاتجاهات كما تفعل ذرات الغاز. ثمّة طريقة لتوضيح بنية المواد الصلبة وهي تصور مجموعة من الذرات ترتبط فيما بينها بقوى تشبه النوابض. لا تتمكن الذرات من الحركة بحرية، ولكنها ترتد للخلف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

الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة

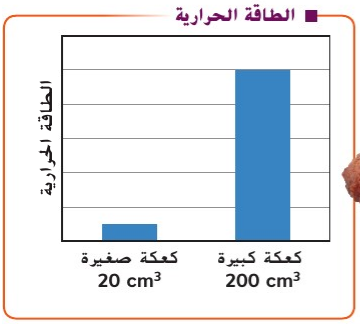
الجسيمات التي يتكون منها جسم ما لا تمتلك جميعها بالضرورة نفس الكمية من من الطاقة؛ فهي تمتلك نطاقًا واسعًا من الطاقة. ومع ذلك، فإن متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي يتكون منها الجسم الساخن أكبر من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي يتكون منها الجسم البارد.

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 كبيرة الحجم تمتلك عشرة أمثال الطاقة الحرارية للكعكة صغيرة الحجم. تعتمد الطاقة الحرارية لجسمٍ ما على كلٍ من درجة الحرارة وعدد الجسيمات التي يتكون منها الجسم.

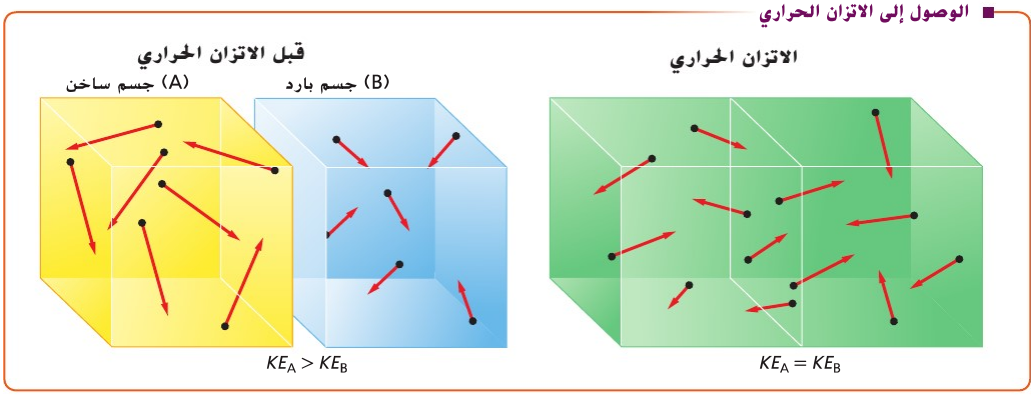


الشكل 2 متوسط طول طلاب الصف التاسع أقل من متوسط طول طلاب الصف الثاني عشر. وبالمثل، متوسط الطاقة الحركية لجسيمات جسمٍ ساخن أكبر من متوسط الطاقة الحركية لجسيمات جسمٍ بارد.



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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

الاتزان والقياس الحراري

كيف تقيس درجة حرارة جسمك؟ يمكنك وضع ثيرموميتر في فَمك ثم انتظر برهة قبل أخذ القراءة. إن قياس درجة حرارة جسدك يتضمن اصطدامات عشوائية وتنتقل الطاقة بين جسيمات الثيرموميتر وجسيمات جسمك. يكون جسمك أكثر سخونة من الثيرموميتر. وهذا يعني أن متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي يتكون منها جسمك أكبر من متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الثيرموميتر.

عندما يلمس الثيرموميتر البارد جلدك، تنتقل الحرارة من جسمك إلى الثيرموميتر. **التوصيل الحراري** هو انتقال الطاقة الحرارية نتيجة التصادم بين الجسيمات. وكنتيجة لهذه التصادمات، تزداد الطاقة الحرارية لجسيمات الثيرموميتر. وفي الوقت نفسه، تنخفض الطاقة الحرارية للجسيمات في جلدك.

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

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

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

الشكل 5 يتغير لون ثيرموميتر البلورات السائلة بتغير درجة الحرارة.

لخّص ما يحدث عند وضع الثيرموميتر على جبينك.

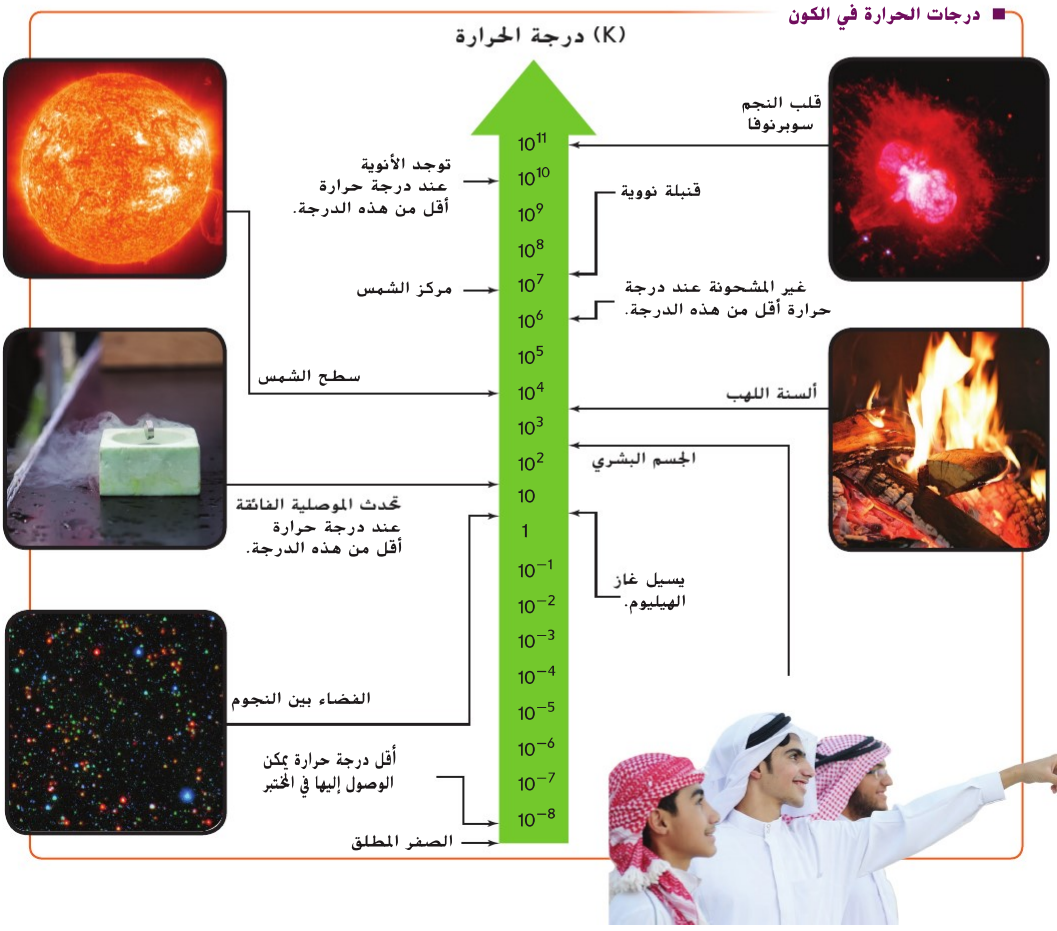
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

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

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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

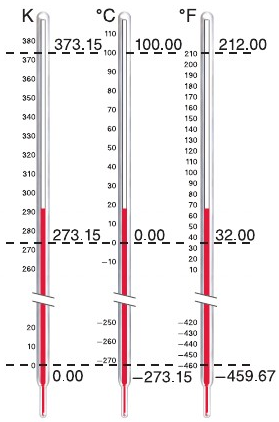
مقياس كلفن يمكن أن تكون درجات الحرارة في الثيرموميتر السيليزي سالبة القيمة. قد يُفهم من درجات الحرارة السالبة أنه قد يكون للجُسَيم طاقة حركية سالبة. وبما أن درجة الحرارة تُمثل متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الجسم، فمن المنطقي استخدام ثيرموميتر تكون قراءته صفرًا عندما تكون الطاقة الحركية للجسيمات صفرًا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

انتقال الحرارة والطاقة الحرارية

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

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

مقارنة مقاييس درجة الحرارة



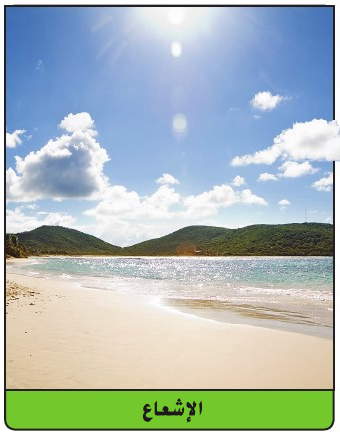
الشكل 7 يستخدم العلماء مقياس كلفن والمقياس السيليزي ويستخدم مقياس فهرنهايت في الولايات المتحدة لقياس درجة حرارة الجو ولأغراض الطبخ.

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

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

التوصيل

الحمْل الحراري


الإشعاع

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر الفيزياء

أجهزة تجميع الطاقة الشمسية

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

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

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

الحرارة النوعية

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

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

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

الجدول 1 يعرض قيم الحرارة النوعية لبعض المواد الشائعة. على سبيل المثال، يجب أن يكتسب 1 kg من الألمنيوم 897 J لرفع درجة 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 مقارنةً بالمواد الأخرى. وبالمثل، فإن الحرارة النوعية للجليد وبخار الماء مرتفعة نسبيًا. تؤثر هذه الحرارة النوعية المرتفعة في مناخنا وأجسامنا تأثيرًا كبيرًا.

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

فسّر كيف يعتمد اختيار هذه المواد على الحرارة النوعية لها.

الجدول 1 الحرارة النوعية للمواد الشائعة

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر الفيزياء

التسخين والتبريد
كيف تؤثر الطاقة الحرارية في درجة حرارة الماء؟

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

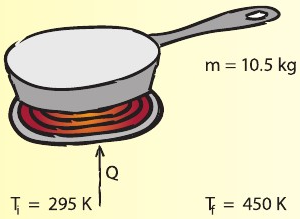
الطاقة الحرارية المنتقلة من أو إلى جسم
تساوي كتلة الجسم مضروبًة في الحرارة النوعية لهذا الجسم مضروبًة في الفرق بين درجات الحرارة النهائية والأولية.

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

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

مثال 1

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



تحليل المسألة

ارسم مخططًا للطاقة الحرارية المنقولة إلى المقلاة من سطح الموقد.

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

إيجاد القيمة المجهولة

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

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

تقييم الإجابة

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

تطبيق

1. عندما تفتح الماء الساخن لغسل الأطباق، ترتفع درجة حرارة أنابيب المياه. كم مقدار الطاقة الحرارية التي يكتسبها أنبوب ماء نحاسي كتلته 2.3 kg عندما ترتفع درجة حرارته من 20.0°C إلى 80.0°C؟
2. تقدر شركة الكهرباء ثمن استهلاك الطاقة الكهربائية بوحدة الكيلو واط.ساعة، حيث إن $1\ kWh = 3.6{\times}10^6\ J$. افترض أن تكلفة الكيلو واط.ساعة هي 0.30 AED. كم تكلفة عملية تسخين 75 kg من الماء من 15°C إلى 43°C لتملأ حوض الاستحمام؟
3. **تحدي** يحتوي نظام التبريد لمحرك سيارة على 20.0 L من الماء (تبلغ كتلة 1 L من الماء 1 kg).
   a. ما التغير الذي يحدث لدرجة حرارة الماء إذا اكتسب 836.0 kJ من الطاقة الحرارية؟
   b. افترض أن نظام التبريد في سيارة مملوء بالميثانول. كثافة الميثانول $0.80\ g/cm^3$. ما الزيادة التي كانت ستحدث في درجة حرارة الميثانول إذا امتص 836.0 kJ من الطاقة الحرارية؟
   c. أي السائلين أفضل للاستخدام في نظام التبريد الماء أم الميثانول؟ فسِّر إجابتك.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

قياس الحرارة النوعية

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

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

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

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

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

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

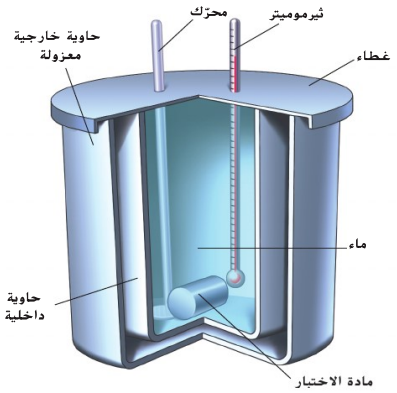
بالتعويض في المعادلة $\Delta E_A = -\Delta E_B$ ينتج:

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

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

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

الكالوريميتر (المسعر)



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

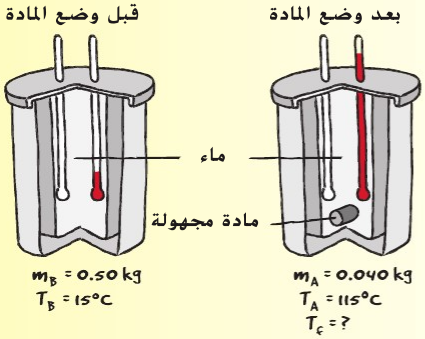
مختبر الفيزياء

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 2

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



تحليل المسألة

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

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

إيجاد القيمة المجهولة

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

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

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

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

$$= 450\ J/(kg·K)$$

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

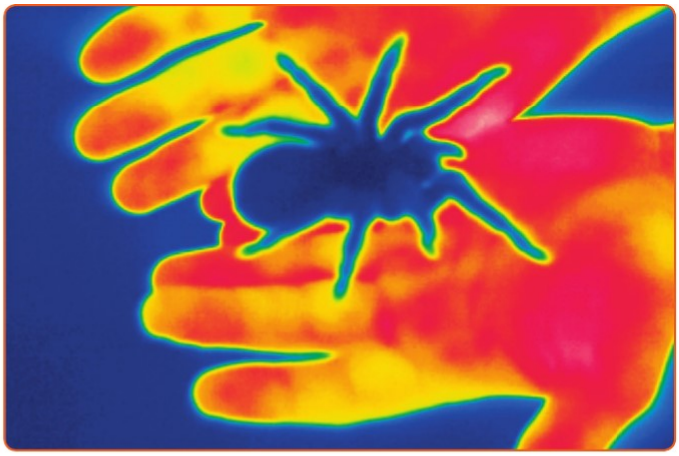
تقييم الإجابة

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

تطبيق

4. توضع قطعة ألمنيوم كتلتها $1.00\times10^2\ g$ A درجة حرارتها 100.0°C في $1.00\times10^2\ g$ من الماء تحت درجة حرارة 10.0°C. تبلغ درجة الحرارة النهائية للخليط 26.0°C. ما هي الحرارة النوعية للألمنيوم؟
5. ثلاثة أثقال فلزية، كتلة كل منها $1.00\times10^2\ g$ وعند درجة حرارة 100.0°C، تم وضعها في $1.00\times10^2\ g$ من الماء عند درجة حرارة 35.0°C. درجة الحرارة النهائي للخليط 45.0°C. ما الحرارة النوعية للفلز المستخدم في الأثقال.
6. يتم خلط عينة من الماء كتلتها $2.00\times10^2\ g$ عند 80.0°C مع $2.00\times10^2\ g$ من الماء عند 10.0°C في الكالوريميتر. ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟
7. توضع قطعة من الزجاج كتلتها $1.50\times10^2\ g$ درجة حرارتها 70.0°C في وعاءٍ مع $1.00\times10^2\ g$ من الماء عند درجة حرارة 16.0°C. ما درجة حرارة المزيج النهائية؟
8. **تحدي** $4.00\times10^2\ g$ من الماء درجة حرارتها 15.0°C تم خلطها مع $4.00\times10^2\ g$ من الماء درجة حرارتها 85.0°C. بعد وصول النظام إلى الاتزان الحراري. يتم إضافة $4.00\times10^2\ g$ من الميثانول درجة حرارتها 15°C. افترض عدم فقدان طاقة حرارية إلى البيئة المحيطة. ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف



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

الحيوانات والطاقة الحرارية

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

أمّا الحيوانات الأخرى فهي ذات الدم الحار وتتحكم في درجة حرارتها داخليًا. هذا يعني أن درجة حرارة الحيوانات ذات الدم الحار تظل مستقرة بغض النظر عن درجة حرارة البيئة المحيطة بهم. على سبيل المثال، البشر من ذوات الدم الحار وتقترب درجة حرارة أجسامهم من 37°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.

القسم 1 مراجعة

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفيزياء في حياتك

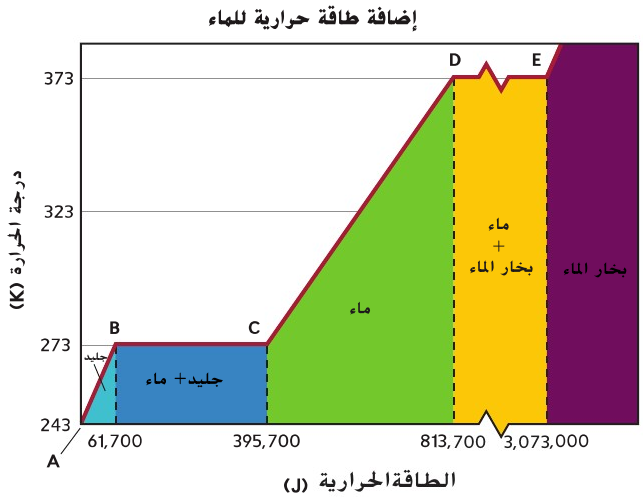
يمكن أن تكون قد سمعت عن الآلات الدائمة الحركة. هذه الآلات يُفترض نظريًا أنه بمجرد تشغيلها ستستمر بالحركة إلى الأبد، و هذا في الواقع لا يمكن أن يحدث ، ولو حدث فإنه سيمثل خرقاً لقوانين الديناميكا الحرارية.

تغيرات الحالة

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

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

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



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

الفكرة الرئيسة

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

الأسئلة الرئيسة

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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

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

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

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

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

الطاقة الحرارية اللازمة لتبخير 1 kg من السائل تسمى **حرارة التبخير** (H_v). تبلغ حرارة التبخير للماء 2.26×10^6 J/kg. كل مادة لها حرارة الانصهار وحرارة التبخير الخاصة بها. قيم حرارة الانصهار (H_f) وحرارة التبخير (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	2.05×10^5	5.07×10^6
الزئبق	1.15×10^4	2.72×10^5
الذهب	6.30×10^4	1.64×10^6
الميثانول	1.09×10^5	8.78×10^5
الحديد	2.66×10^5	6.29×10^6
الفضة	1.04×10^5	2.36×10^6
الرصاص	2.04×10^4	8.64×10^5
الماء (الجليد)	3.34×10^5	2.26×10^6

تجربة مُصغّرة

الانصهار

كيف يؤثر التسخين على حالة الماء ودرجة حرارته؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

مختبر الفيزياء

حرارة الانصهار

كيف يمكنك قياس حرارة انصهار الجليد؟

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

الحرارة اللازمة لانصهار كتلة صلبة

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

$$Q = mH_f$$

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

الحرارة اللازمة لتبخير مادة سائلة

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

$$Q = mH_v$$

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

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

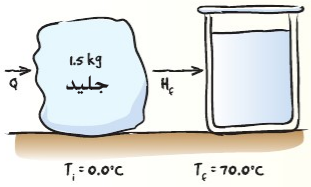
McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

مثال 3

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

1 تحليل المسألة.

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



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

2 أوجد قيمة المجهول

احسب الحرارة اللازمة لانصهار الجليد.

$$Q_{\text{انصهار الجليد}} = mH_f$$

$$= (1.50\ \text{kg})(3.34\times10^5\ \text{J/kg})$$

$$= 5.01\times10^5\ \text{J} = 5.01\times10^2\ \text{kJ}$$

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

احسب التغير الحادث في درجة الحرارة.

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$= 70.0°\text{C} - 0.0°\text{C} = 70.0°\text{C}$$

عوض ► $T_f = 70.0°\text{C}$, $T_i = 0.0°\text{C}$.

احسب الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الماء.

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

$$= (1.50\ \text{kg})(4180\ \text{J/(kg·K)})(70.0°\text{C})$$

$$= 4.39\times10^5\ \text{J} = 4.39\times10^2\ \text{kJ}$$

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

احسب كمية الحرارة اللازمة.

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

$$= 5.01\times10^2\ \text{kJ} + 4.39\times10^2\ \text{kJ}$$

$$= 9.40\times10^2\ \text{kJ}$$

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

3 تقييم الإجابة

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

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

تطبيق

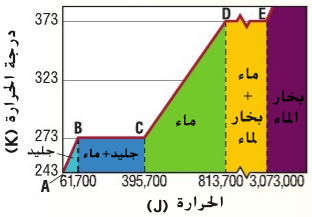
19. ما كمية الطاقة التي يمكن امتصاصها من خلال 1.00×10^2 g من الجليد في $-20.0°\text{C}$ لتتحول إلى ماء عند درجة حرارة $0.0°\text{C}$؟

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

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

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

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



الشكل 15

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

تجربة مُصغّرة

تحويل الطاقة

كيف يرتبط الشغل بالطاقة الحرارية؟

القانون الأول للديناميكا الحرارية

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

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

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

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

القانون الأول للديناميكا الحرارية

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

$$\Delta u = q - w$$

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

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

تطبيق

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

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

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

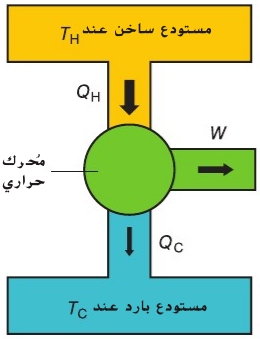
27. عندما تحرك كوبًا من الشاي فإنك تبذل شغلا مقداره 0.050 J في كل مرة تحرك فيها المعلقة حركة دائرية في الكوب. كم مرة يجب أن تُحرك فيها المعلقة لتسخين كوب من الشاي كتلته 0.15 kg بمقدار 2.0°C؟

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؟

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

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

رسم تخطيطي لمحرك حراري



$Q_H = W + Q_C$

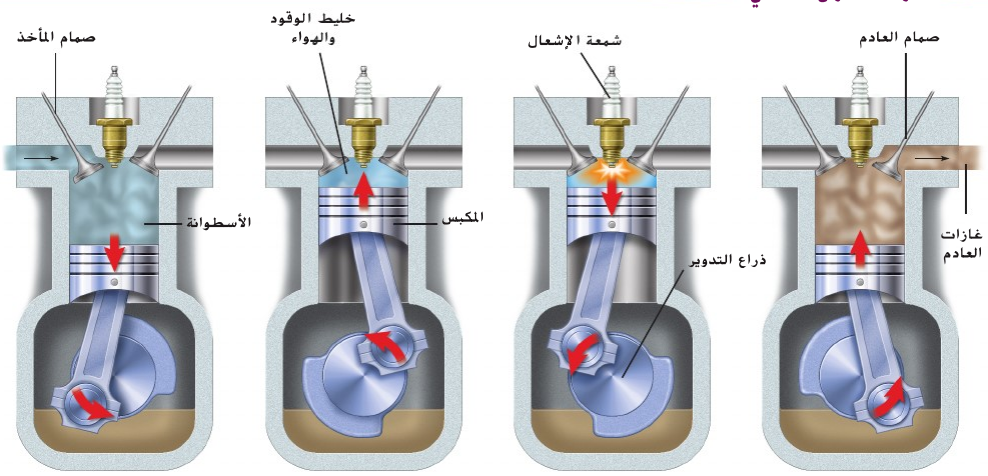
الشكل 17 تحوّل المحركات الحرارية الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية وحرارة مهدرة (عادم). يوضح هذا المخطط عمليات انتقال الطاقة وتحولاتها.

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

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

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

محرك الاحتراق الداخلي



يدخل الغاز البارد إلى الأسطوانة عندما يتحرك المكبس إلى أسفل.

يضغط المكبس الغاز.

تقوم شمعة الإشعال بإشعال الغاز. يتمدد الغاز الساخن ضاغطًا على المكبس لأسفل.

يتحرك المكبس لأعلي مما يُجبر العادم على الخروج من الأسطوانة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

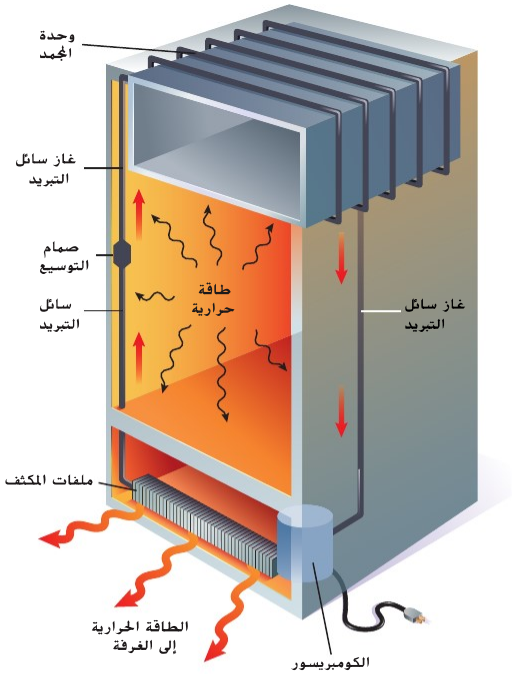
في واقع الأمر، كفاءة معظم المحركات الحرارية تقل كثيرًا عن 100 بالمئة. فعلى سبيل المثال، كفاءة أفضل محركات السيارات التي تعمل بالجازولين أقل من 40 بالمئة. أما محرك السيارة العادي فكفاءته أقرب إلى 20 بالمئة.

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

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

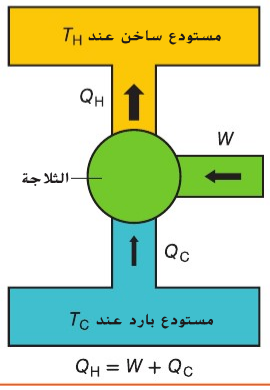
يقوم الغاز باكتساب الطاقة الحرارية من داخل الثلاجة ويمر من ضاغط الغاز عبر ملفات المكثف وصولًا إلى خارج الثلاجة ويبرد ليتحول إلى سائل. وتنتقل الطاقة الحرارية إلى الغرفة. السائل يكتسب الطاقة الحرارية من المنطقة المحيطة به فيتبخر مرة أخرى. يعود الغاز إلى ضاغط الغاز مرة أخرى وتتكرر العملية. يساوي إجمالي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

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



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

مخطط الطاقة للثلاجة



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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

القانون الثاني للديناميكا الحرارية

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

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

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

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

التغير في الإنتروبي
في العملية المعكوسة، يكون التغير في الإنتروبي 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.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

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

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

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

القسم 2 مراجعة

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

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

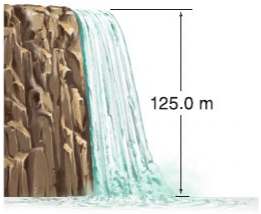
31. **حرارة الانصهار** ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 50.0 g من الجليد عند درجة $-20.0°C$ إلى ماء عند درجة $10.0°C$؟

32. **حرارة التبخير** ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1.0 kg من فلز الزئبق من درجة حرارة $10.0°C$ إلى درجة الغليان ($357°C$) وتبخيرها بالكامل؟ بالنسبة للزئبق $C = 140\ J/kg{\cdot}°C$ و $H_v = 3.06\times10^5\ J/kg$.

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

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

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



الشّكل 23

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

النماذج الفيزيائية و ديناميكية المشاة

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

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

التطبيقات المستقبلية

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

المزيد من التعمق >>>

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

القسم 1 درجة الحرارة، والحرارة، والطاقة الحرارية

المفردات

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

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

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

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

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

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

القسم 2 تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية

المفردات

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

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

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

$$Q = mH_f$$

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

$$Q = mH_v$$

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

$$\Delta U = Q - W$$

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية

إتقان المفاهيم

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

39. هل توجد درجة حرارة للفراغ ؟ فسّر ذلك.

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

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

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

إتقان حل المسائل

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

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

الشكل 24

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

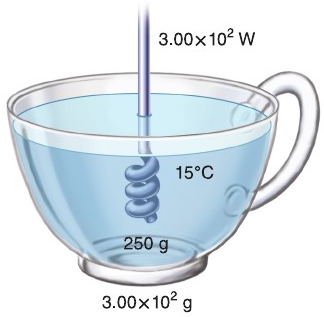
46. عينة 6.0×10^2 g من الماء بدرجة حرارة 90.0°C خلطت مع 4.00×10^2 g من الماء بدرجة حرارة 22.0°C. افترض أنه لا توجد طاقة حرارية مفقودة في الوعاء أو ما يحيط بها. ما هي درجة الحرارة النهائية للخليط؟

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

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

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

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



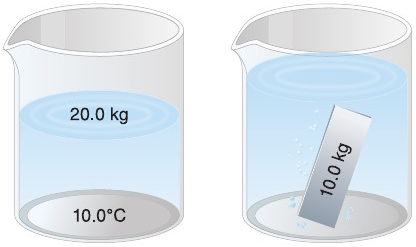
الشكل 25

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

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

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

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؟ فسِّر ذلك.

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

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

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

إتقان حل المسائل

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

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

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

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

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

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

تطبيق المفاهيم

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

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

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

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

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

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

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

مراجعة عامة

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

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

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

a. الحرارة النوعية

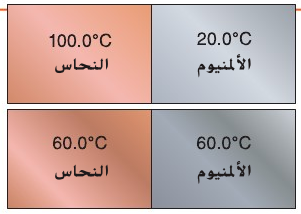
b. الإنتروبي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

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



الشكل 27

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

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

التفكير الناقد

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

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

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

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

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

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

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

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

الكتابة في الفيزياء

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

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

الاختيار من متعدد

استخدم المعلومات التالية عند الحاجة.

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

1. أي من تحويلات درجات الحرارة التالية غير صحيح؟

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

2. ما وحدة قياس الإنتروبي؟

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

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

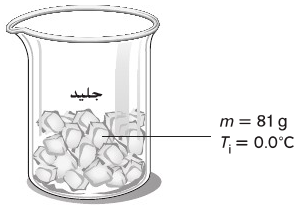
A. يستمر تبادل الطاقة بين الجسمين.
B. الطاقة الكلية المنتقلة بين الجسمين تساوي صفرًا.
C. الجسمان لهما درجة الحرارة نفسها.
D. الطاقة الكلية المنتقلة بين الجسمين لا تساوي صفرًا.

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

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

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

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



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

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

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

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

8. لماذا توجد دائمًا حرارة مهدرة في المحرك الحراري؟

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

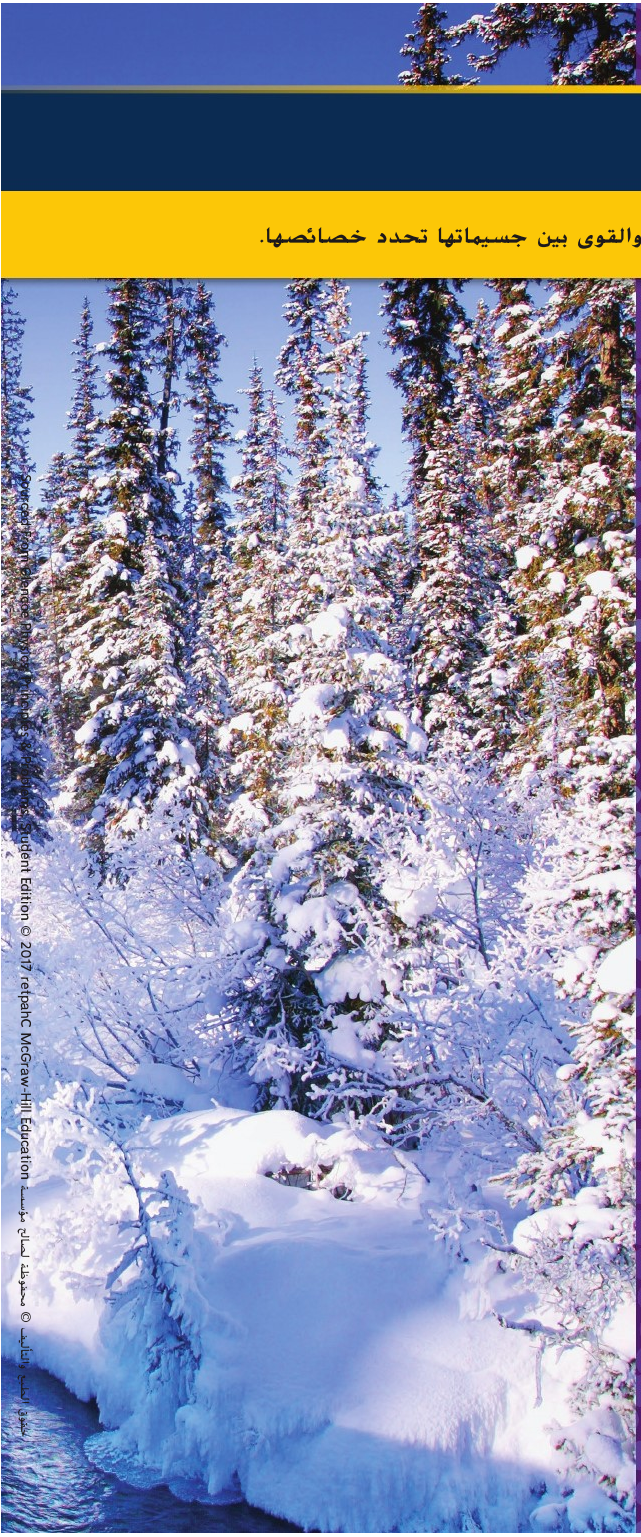
9. أي من العبارات التالية صحيحة فيما يخص الإنتروبي والطاقة؟

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

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الوحدة 10

حالات المادة

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

الأقسام

1 خصائص الموائع

2 القوى داخل السوائل

3 الموائع في حالات السكون والحركة

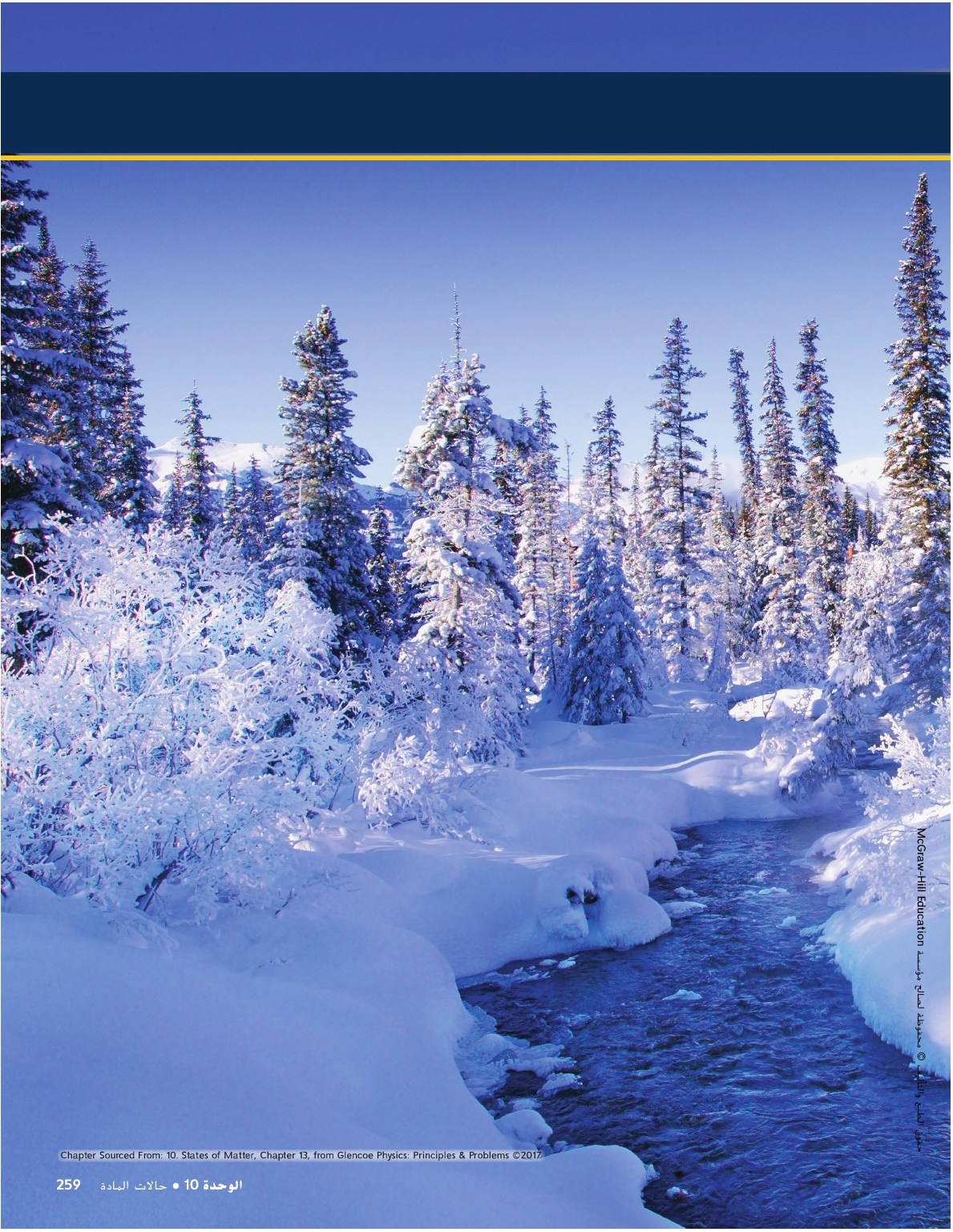
4 الأجسام الصلبة

التجربة الاستهلالية

قياس الطفوية

كيف تؤثر كثافة جسم ما في قدرته على الطفو؟

Concepts of Physical Science with Laboratory Manual, Student Edition © 2017 retpahC McGraw-Hill Education
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

خصائص الموائع

القسم 1

الفكرة الرئيسة

الموائع ليس لها شكل محدد وتتضمن السوائل والغازات والبلازما.

الأسئلة الرئيسة

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

مراجعة المفردات

العلاقة الخطية linear relationship

هي العلاقة التي يتغير فيها المتغير التابع بشكل خطي مع المتغير المستقل

المفردات الجديدة

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

الفيزياء في حياتك

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

السوائل والغازات

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

الموائع ادرس حالة قطع الجليد في البحيرة في **الشكل 1**. مثل مكعبات الجليد، 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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الضغط

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

الضغط

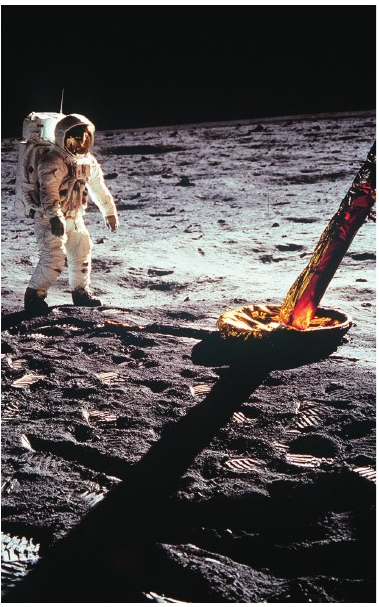
القوة المؤثرة عموديًا على سطح مقسومًا على مساحة ذلك السطح

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

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

الجدول 1 بعض الضغوط النمطية

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



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

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

مثال 1

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

a. ما متوسط ضغط الطفل والكرسي على الأرض؟

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

تحليل المسألة

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

معلوم		مجهول
$F_{g\ \text{الطفل}} = 364\ N$	$A_a = 19.3\ cm^2$	$P_a = ?$
$F_{g\ \text{الكرسي}} = 41\ N$	$A_b = \frac{2}{3} \times 19.3\ cm^2 = 12.9\ cm^2$	$P_b = ?$

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

حساب المجهول

اكتشف كل ضغط.

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

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

$= 2.10\times10^2\ kPa$

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

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

$= 3.14\times10^2\ kPa$

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

تقييم الإجابة

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تطبيق

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

قوانين الغاز

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

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

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°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**.

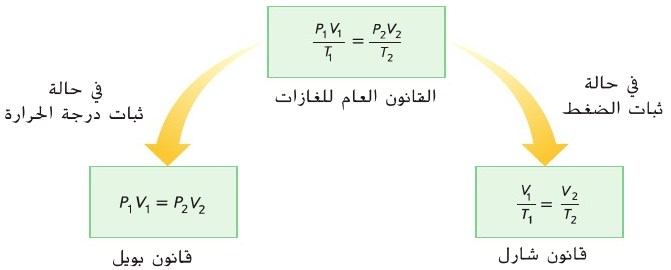
القانون العام للغازات

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 فم الغواص على تخفيض الضغط، مما يجعل ضغط الغاز الذي يتنفسه الغواص مساويًا لضغط الماء. الفقاعات تصدر من المنظم عندما يقوم الغواص بالزفير.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

اشرح ماذا يحدث اذا بقي الحجم ثابتًا؟

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

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

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

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

يساوى 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 بدلًا من عدد الجسيمات يغير ثابت بولتزمان. ويعرف هذا الثابت الجديد اختصارًا باسم R وقيمته 8.31 Pa•m^3/(mol•K). وبإعادة الترتيب، يمكنك كتابة قانون الغاز المثالي بأكثر الصيغ شيوعًا. **قانون الغاز المثالي** ينص على أنه بالنسبة للغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه يساوي عدد المولات مضروبًا في الثابت R ودرجة حرارته بالكلفن.

قانون الغاز المثالي

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

$$PV = nRT$$

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

تجربة مصغرة

الضغط

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

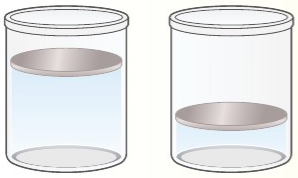
مثال 2

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

a. ما الحجم الجديد لعينة الأرجون؟

b. أوجد عدد مولات ذرات الأرجون في العينة.

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



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

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

1 تحليل المسألة

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

معلوم

$V_1 = 20.0$ L
$P_1 = 101.3$ kPa
$T_1 = 273$ K
$P_2 = 145$ kPa
$T_2 = 120$ K
$R = 8.31\ \text{Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$
$M_{\text{الأرجون}} = 39.9$ g/mol

مجهول

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

2 حساب المجهول

a. استخدم القانون العام للغازات وأوجد قيمة V_2.

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

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

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

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

$$= 6.1\ \text{L}$$

b. استخدم قانون الغاز المثالي وأوجد n.

$$PV = nRT$$

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

عوض $P = 101.3\times10^3$ Pa, $V = 0.0200\ \text{m}^3$, $R = 8.31\ \text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$, $T = 273$ K. ◄

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

$$= 0.893\ \text{mol}$$

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

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

$$m = Mn$$

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

$$= 35.6\ \text{g}$$

3 تقييم الإجابة

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

6. خزان من غاز الهيليوم يستخدم لنفخ بالونات اللعب ضغطه 1.55×10^{7} Pa ودرجة حرارته 293 K. فإذا كان حجم الخزان $0.020\ m^3$. ما حجم البالون الذي قد تملؤه عند 1.00 ضغط جوي و 323 K؟

7. ما كتلة غاز الهيليوم في المسألة السابقة؟ مع العلم أن الكتلة المولية لغاز الهيليوم 4.00 g/mol.

8. وعاء فيه 200.0 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 0.0°C وضغط 156 kPa. عند رفع درجة الحرارة إلى 95°C وخفض الحجم إلى 175 L. ما الضغط الجديد للغاز؟

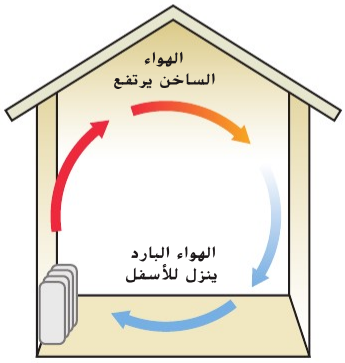
9. تحدي متوسط الكتلة المولية لمكونات الهواء (غاز النيتروجين وغاز الأكسجين في الأساس) حوالي 29 g/mol. ما حجم 1.0 kg من الهواء عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة 20.0°C؟

التمدد الحراري

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

تيارات الحمل **الشكل 5** يوضح أنه عندما يتم تسخين الهواء القريب من أرض الغرفة، فإنه يصبح أقل كثافة ومن ثم يصعد إلى أعلى. الجاذبية تسحب الهواء الأكثف والأبرد الموجود بجانب السقف إلى أسفل. وهكذا يتم تسخين الهواء البارد من قبل جهاز التدفئة ويستمر الهواء بالدوران. هذه الحركة الدورانية للهواء داخل الغرفة 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 والأكثف 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 وتبتعد عن بعضها. فتزداد الفراغات بين المجموعات. وكنتيجة لذلك، السائل بأكمله يتمدد. عندما يحصل نفس مقدار التغيير في درجة الحرارة فإن، السوائل تتمدد بشكل أكبر من المواد الصلبة ولكن ليس بالقدر الذي تتمدد به الغازات.



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

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

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

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

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

البلازما

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

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

القسم 1 مراجعة

10. الفكرة**الرئيسة** قارن بين السوائل والغازات والبلازما.

11. **الضغط والقوة** صندوقان كل منهما معلّق بخيوط رفيعة في الهواء. أحدهما يصل حجمه إلى $20\ cm \times 20\ cm \times 20\ cm$. والصندوق الآخر $20\ cm \times 20\ cm \times 40\ cm$.

a. كيف يمكن المقارنة بين الصندوقين من حيث ضغط الهواء الواقع عليهما من الخارج؟

b. قارن بين مقدار قوة الهواء الكلية المؤثرة على كل من الصندوقين؟

12. **علم الأرصاد الجوية** بالون الطقس الذي يستخدمه علماء الأرصاد الجوية مصنوع من كيس مرن يسمح للغاز بداخله أن يتمدد بحُرّيّة إذا كان بالون الطقس يحتوي على $25.0\ m^3$ من غاز الهيليوم وانطلق من مستوى سطح البحر، فما حجم الغاز عندما يصل البالون إلى ارتفاع 2100 m حيث يكون الضغط $8.2\times10^4\ Pa$؟ على فرض لم تتغير درجة الحرارة.

13. **الكثافة ودرجة الحرارة** إذا كانت درجة الحرارة الإبتدائية $0°C$، كيف تتغير كثافة الماء عند تسخينها إلى $4°C$؟ إلى درجة $8°C$؟

14. **انضغاط الغاز** في محرك احتراق داخلي معين، $0.0021\ m^3$ من الهواء عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة 303 K ينضغط الهواء بسرعة إلى ضغط مقداره $2.01\times10^6\ Pa$ وحجم مقداره $0.0003\ m^3$. ما درجة الحرارة النهائية للغاز المضغوط؟

15. **الحجم المولي القياسي** ما حجم 1.00 mol من الغاز عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة 273 K؟

16. **الهواء في الثلاجة** كم عدد مولات الهواء الموجودة في ثلاجة حجمها $0.635\ m^3$ عند درجة حرارة $2.00°C$؟ في حال كانت الكتلة المولية المتوسطة للهواء 29 g/mol. ما كتلة الهواء في الثلاجة؟

17. **التفكير الناقد** بالمقارنة مع الجسيمات التي تكون غاز ثاني أكسيد الكربون، فإن الجسيمات التي تكون غاز الهيليوم صغيرة جدًا. ما الذي تستنتجه من عدد الجسيمات في عينة 2.0 L من غاز ثاني أكسيد الكربون مقارنة بعدد الجسيمات في عينة 2.0 L من الهيليوم إذا كانت كلتا العينتين في نفس درجة الحرارة والضغط؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القوى داخل السوائل

الفكرة الرئيسة

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

الأسئلة الرئيسة

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

مراجعة المفردات

محصلة القوى net force هي مجموع جميع القوى على جسم ما

مفردات جديدة

قوى التماسك cohesive forces

قوى التلاصق adhesive forces

الفيزياء في حياتك

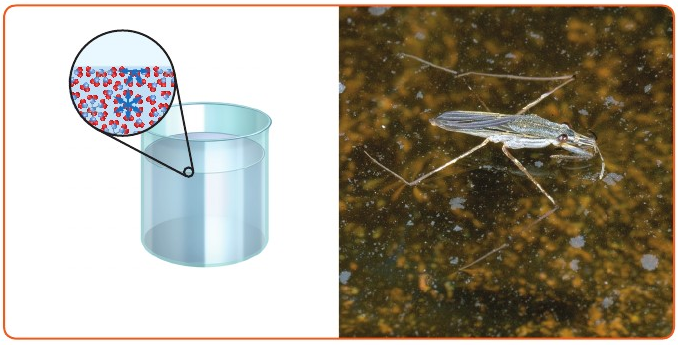
خلال التمارين أو في يوم حار، يتعرق جسمك لتبريد نفسه. بتبخر العرق عن سطح جلدك، الجسيمات التي تمتلك طاقة حركية أعلى من المعدل تهرب من العرق السائل. يتناقص معدل الطاقة الحركية للجسيمات الباقية والذي يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة.

قوى التماسك

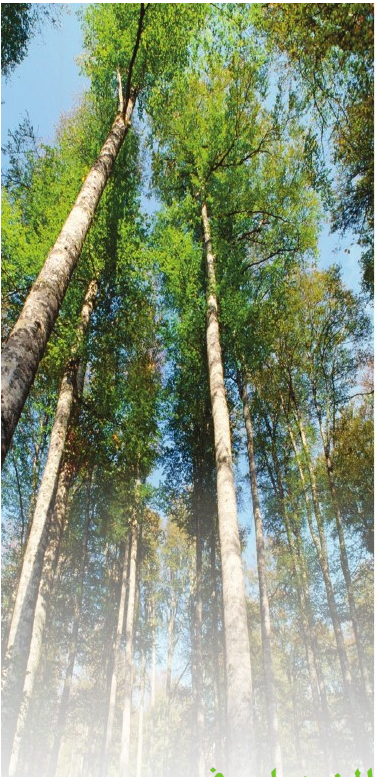
في الشكل 7. يظهر يعسوب الماء وهو يمشي على سطح الماء عبر بركة الماء. هذه الحشرة خفيفة الوزن يمكنها أن تفعل هذا بسبب التوتر السطحي وهي خاصية ميل سطح السائل إلى أن يتقلص إلى أقل مساحة ممكنة. ينتج التوتر السطحي عن قوى التماسك بين جسيمات السائل. **قوى التماسك** هي قوى التجاذب التي تتبادلها الجسيمات مع بعضها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

من الممكن أن تكون قد رأيت قطرات الماء تسبح على سيارة مغسولة ومشمعة حديثًا. لماذا تتشكل هذه القطرات الكروية؟ تتسبب القوة التي تسحب جسيمات السطح لسائل في جعل السطح صغيرًا بأكبر قدر ممكن والشكل الذي يملك أصغر سطح بالنسبة لحجمه هو الكرة. كلما زاد التوتر السطحي للسائل يكون السائل أكثر مقاومة لكسر سطحه. على سبيل المثال، فإن قوى تماسك سائل الزئبق أقوى من قوي 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 اتجاهها إل أسفل. أما تحت السطح فيتعرض كل جزيء من السائل للجذب بشكل متساوي في كافة الإتجاهات.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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.

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

قوى التلاصق

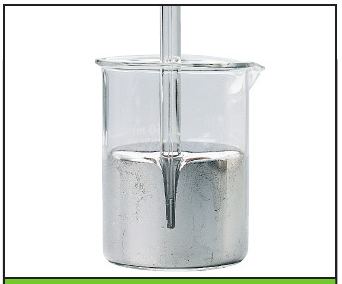
كما قوى التماسك، **قوى التلاصق** هي قوى تجاذب بين جسيمات المواد المختلفة. عندما يتم وضع أنبوب زجاجي في كأس من الماء، يرتفع الماء على السطح الخارجي للأنبوب، كما يظهر في **الشكل 8**. قوى التلاصق بين جسيمات الزجاج وجزيئات الماء أقوى من قوى التماسك بين جزيئات الماء. في نفس السياق، قوى التماسك بين ذرات الزئبق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

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

التبخر والتكاثف

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

الماء



الزئبق

الشكل 8 يسبب 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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

مختبر الفيزياء

التبريد بالتبخر

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

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

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

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

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

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

القسم 2 مراجعة

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

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

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

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

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

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الموائع في حالات السكون والحركة

الفكرة الرئيسة

المصاعد الهيدروليكية والأجسام الطافية تعتمد على القوى المبذولة من الموائع.

الأسئلة الرئيسة

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

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

الفيزياء في حياتك

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

الموائع في السكون

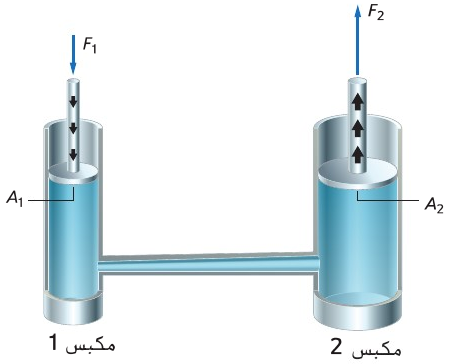
إن سبق وغطست عميقًا في حوض سباحة أو بحيرة، شعرت على الأغلب بضغط على أذنيك. قد تكون لاحظت أن الضغط الذي شعرت به لا يعتمد على وضعية رأسك فيما إذا كان مائلًا أو مستقيمًا، لكن إن سبحت لعمق أكبر، يزداد الضغط.

مبدأ باسكال بليز باسكال، هو فيزيائي فرنسي وجد أن الضغط على نقطة في المائع تعتمد على عمقها في المائع وغير مرتبطة بشكل الوعاء الذي يوجد فيه المائع. كما أشار إلى أن أي تغير في الضغوط المطبقة على أي نقطة من المائع المحصور في وعاء يُنقل كاملًا بالتساوي إلى جميع أجزاء المائع وجدران الوعاء الحاوي له. حقيقة معروفة الآن باسم **مبدأ باسكال.** في كل مرة تضغط على أنبوب معجون أسنان مفتوح، تقوم بتطبيق مبدأ باسكال. ينتقل الضغط الذي تمارسه أصابعك على أسفل الأنبوب خلال معجون الأسنان وتجبر المعجون على الخروج من الأعلى. وبالمثل، فإن الضغط على أحد نهايتي بالون مملوء بالمائع، فإن النهاية الأخرى للبالون تنتفخ.

أحد تطبيقات مبدأ باسكال هو استخدام الموائع في الآلات لمضاعفة القوى. في النظام الهيدروليكي الذي يظهر في **الشكل 10**، يحجز المائع في غرفتين متصلتين. في كل حجرة مكبس حر الحركة وكل مكبس له مساحة سطح مختلفة. تذكر أنه إذا كان (F_1) مبذولاً على المكبس الأول وكانت مساحة سطح A_1، فإن الضغط (P_1) المبذول على المائع هو $P_1 = \frac{F_1}{A_1}$. الضغط المبذول بواسطة المائع على المكبس الثاني والذي مساحة سطحه A_2 تكون $P_2 = \frac{F_2}{A_2}$.

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

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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

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

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

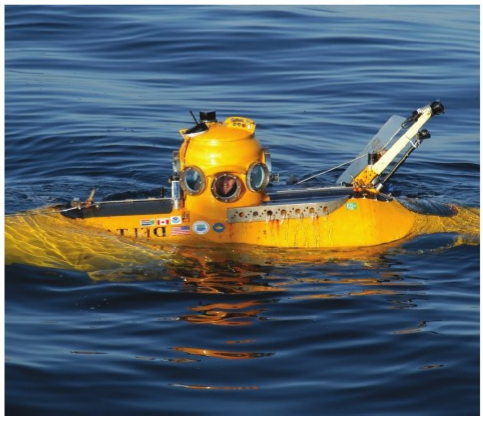
26. تحدي عن طريق مضاعفة القوة، فإن النظام الهيدروليكي يؤدي نفس الهدف الذي تقوم به الرافعة أو الأزجوحة. إذا وقف طفل يزن 400 N على مكبس موازن من قبل شخص بالغ يزن 1100 N ويقف على مكبس آخر، ما النسبة بين مساحتي مقطعي المكبسين؟

مختبر الفيزياء

تحت الضغط

ما الذي يسبب ألم الأذنين للغطاس؟

الشكل 11 يتم بناء الغواصات لتحمُّل ضغط الماء.



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

القوة المبذولة من قبل الرافعة الهيدروليكية

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

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

السباحة تحت الضغط

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

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

ضغط المائع على الجسم

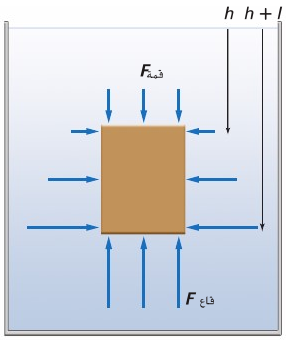
ضغط عمود من المائع على الجسم يساوي حاصل ضرب كثافة المائع في ارتفاع العمود في تسارع الجاذبية الأرضية.

$$P = \rho hg$$

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

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

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف



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 سيغوص أو سيطفو.

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

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

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

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

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

قوة الطفو

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

افترض أنك تغمر ثلاثة أجسام في خزان من الماء ($\rho_{\text{الماء}} = 1.00\times10^3\ \text{kg/m}^3$). حجم كل جسم $400\ \text{cm}^3$ أو $4.00\times10^{-4}\ \text{m}^3$. الجسم الأول هو قالب من الفولاذ كتلته $3.60\ \text{kg}$. 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 سيزيح نفس الكمية من الماء والقوة المتجهة نحو الأعلى هي نفسها على جميع الأجسام، كما يظهر في **الشكل 13**. يمكن حساب قوة الطفو على النحو التالي.

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

مختبر الفيزياء

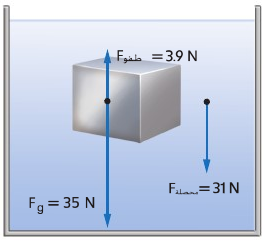
قوة الطفو للماء

لماذا نشعر بأن الحجر أخف في الماء؟

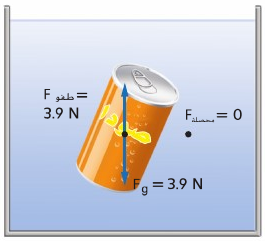
الشكل 13 تؤخذ جميع القوى المؤثرة على جسم ما بعين الاعتبار عندما يراد تحديد فيما إذا كان الجسم سيغوص أم سيطفو.

قم بوصف الظروف التي سيطفو الجسم فيها.

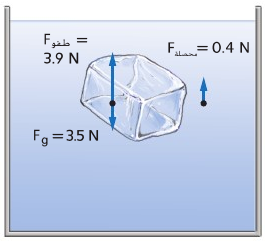
■ قوة الطفو



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



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



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

ملاحظة: متجهات القوة ليست مرسومة وفق مقياس رسم.

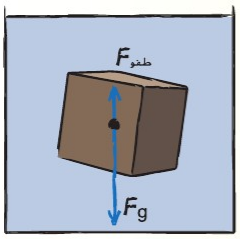
McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

مثال 3

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

a. ما مقدار قوة الطفو المؤثرة على الحجر؟

b. ما القوة المحصلة أو الوزن الظاهري للحجر؟



1 تحليل المسألة

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

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

2 حساب المجهول

a. احسب قوة الطفو المؤثرة على حجر الجرانيت.

$$F_{طفو} = \rho_{ماء} Vg$$

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

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

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

$$F_g = mg = \rho_{جرانيت} Vg$$

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

$$= (2.70\times10^3\ kg/m^3)(1.00\times10^{-3}\ m^3)(9.8\ N/kg)$$
$$= 26.5\ N$$

$$F_{محصلة} = F_g - F_{طفو}$$

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

$$= 26.5\ N - 9.8\ N$$
$$= 16.7\ N$$

3 تقييم الإجابة

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

تطبيق

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

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

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر الفيزياء

أول عالم في الطب الشرعي

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

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

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

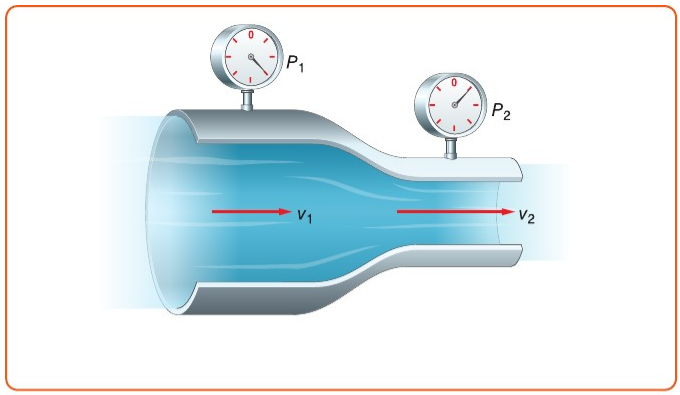
مبدأ بيرنولي

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

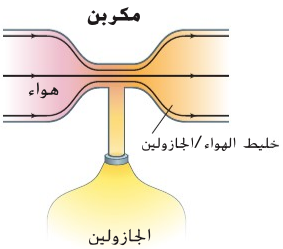
اعتبر أنبوب أفقي ممتلئ تمامًا بمائع مثالي يتدفق بسهولة. إن دخلت كتلة معينة من المائع من إحدى نهايتي الأنبوب، إذًا يجب أن تخرج كتلة مساوية من النهاية الأخرى. ما الذي سيحدث إن أصبح المقطع العرضي أضيق، كما يظهر في **الشكل 15؟** للحفاظ على نفس كتلة المائع المتحركة عبر القطاع الضيق خلال مدة ثابتة من الزمن، فإن سرعة المائع في الأنبوب يجب أن تزداد. بزيادة سرعة المائع، تزداد الطاقة الحركية. يكون هناك محصلة شغل بُذلت 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 **صِف** العلاقة بين سرعة المائع والضغط الذي يبذله طبقًا لمبدأ بيرنولي.

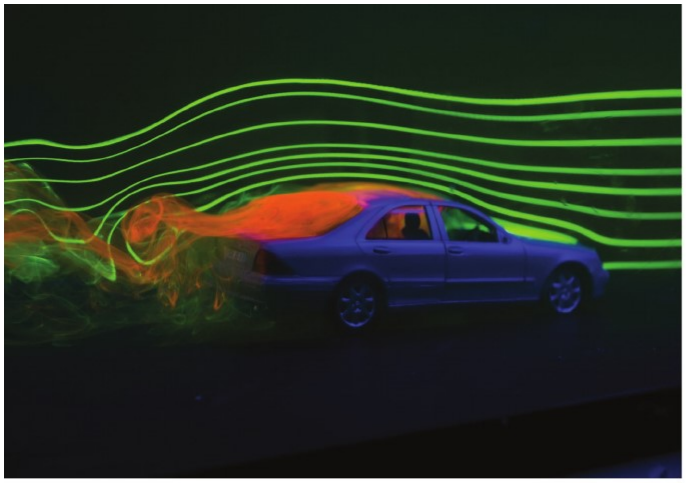
تطبيقات مبدأ بيرنولي هناك الكثير من التطبيقات الشائعة لمبدأ بيرنولي، مثل رشاشات الطلاء والرشاشات المرفقة بخراطيم ري الحدائق لرش الأسمدة وأدوية مكافحة الحشرات على البساتين والحدائق. في نهاية خرطوم البخاخ، أنبوب يشبه القشة مغمور في محلول كيميائي في البخاخ. البخاخ متصل بخرطوم. يسمح الزناد الموجود على البخاخ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

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

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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

خطوط الجريان

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

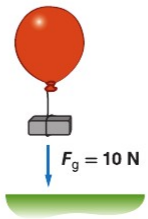
خطوط الجريان ينفق مصنعو السيارات والطائرات مقدارًا كبيرًا من الوقت والمال في اختبار تصميمات جديدة في أنفاق الرياح لضمان تحقيق أكبر قدر ممكن من فعالية الحركة في الهواء. تدفق الموائع حول الأجسام تمثله **خطوط الجريان**، كما هو موضح في **الشكل 17**. تحتاج الأجسام لطاقة أقل للتحرك عبر تدفق خطوط جريان سلسة.

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

القسم 3 مراجعة

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

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



الشكل 18

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

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

36. **الضغط والقوة** سيارة تزن $2.3\times10^4\ N$ مرفوعة بواسطة أسطوانة هيدروليكية مساحتها $0.15\ m^2$.

a. ما مقدار الضغط في الأسطوانة الهيدروليكية؟

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

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

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

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

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

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

الأجسام الصلبة

الفكرة الرئيسة تتمدد الأجسام الصلبة عادة بالحرارة.

الأسئلة الرئيسة

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

مراجعة المفردات

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

مفردات جديدة

شبكة بلورية crystal lattice

المواد الصلبة غير البلورية amorphous solid

معامل التمدد الطولي coefficient of linear expansion

معامل التمدد الحجمي coefficient of volume expansion

الفيزياء في حياتك

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

الأجسام الصلبة

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

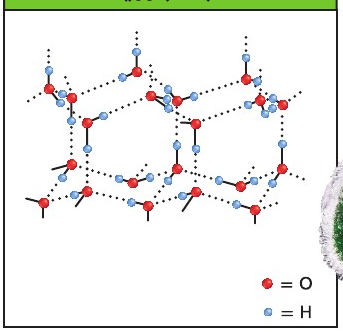
عندما تنخفض درجة حرارة السائل ،فإن متوسط الطاقة الحركية للجسيمات يتناقص. عندما تتباطأ حركة الجسيمات، فإن قوى التماسك يصبح لها تأثير أكبر ،وبالنسبة للعديد من المواد الصلبة تصبح الجسيمات متجمدة على شكل نمط ثابت يدعى **الشبكة البلورية** الموضحة في **الشكل 19**. على رغم من أن قوى التماسك تثبت الجسيمات في 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 محددان 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°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 يخفض من درجة تجمد الماء بدرجة طفيفة.

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

الثلج الصلب

شبكة بلورية



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

التمدد الحراري للمواد الصلبة

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

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

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

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

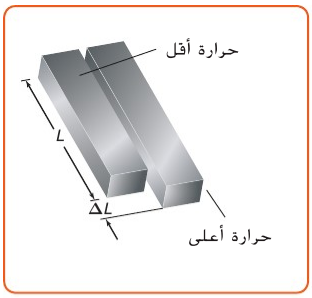
McGraw-Hill Education حقوق الطبع محفوظة لصالح مؤسسة

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

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

باستخدام الجبر يمكنك حل المعادلة بالنسبة للمعامل α.

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



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

معامل التمدد الطولي

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

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

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

معامل التمدد الحجمي

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

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

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

الجدول 2 معامل التمدد الحراري بدرجة حرارة 20°C

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

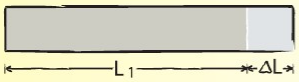
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 4

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

تحليل المسألة

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



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

حساب المجهول

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

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

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

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

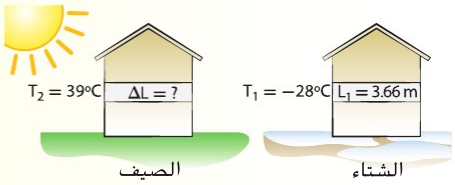
$$= 1.7\times10^{-5}°\text{C}^{-1}$$

تقييم الإجابة

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

تطبيق

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



الشكل 22

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

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

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

a. كم لترا من الجازولين ستوصل الشاحنة؟

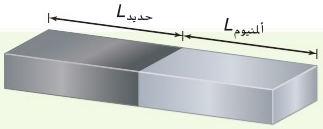
b. ماذا حصل للجازولين؟

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

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

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

تحدي



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

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

لاختلاف درجات التمدد تطبيقات مفيدة. 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.

تجربة مصغرة

القفازات

هل تستطيع الحرارة تغيير شكل قرص ثنائي الفلز؟

القسم 4 مراجعة

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

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

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

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

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

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

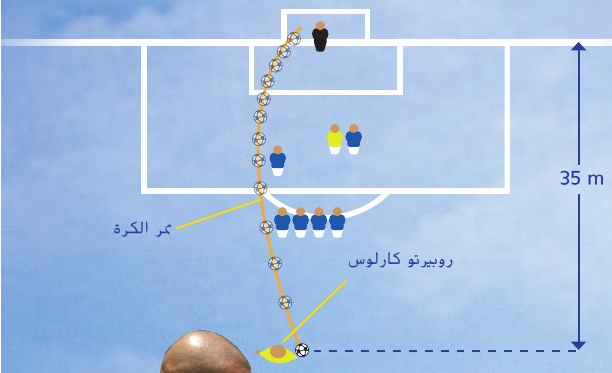
الشكل 23

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المسار المنحني القواعد!

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

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



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

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

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

المزيد من التعمق >>>

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

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

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

القسم 1 خصائص الموائع

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

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

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

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

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

القسم 2 القوى داخل السوائل

المفردات
- قوى التماسك
- قوى التلاصق

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

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

القسم 3 الموائع عند حالات السكون والحركة

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

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

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

القسم 4 الأجسام الصلبة

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

الفكرة **الرئيسة** المواد الصلبة عادةً ما تتمدد بالحرارة.

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1 خصائص الموائع

إتقان المفاهيم

51. كيف يختلف الضغط عن القوة؟

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

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

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

إتقان حل المسائل

55. كتب مدرسية كتاب فيزياء كتلته 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 تصاعديًا تبعًا للضغط، من الأصغر إلى الأكبر. .

A. 20 N تضغط على سطح مساحته $0.35\ m^2$

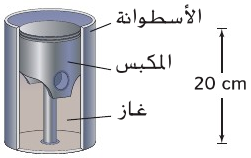
B. 20 N تضغط على سطح مساحته $0.65\ m^2$

C. 50 N تضغط على سطح مساحته $0.05\ m^2$

D. 50 N تضغط على سطح مساحته $0.35\ m^2$

E. 60 N تضغط على سطح مساحته $0.55\ m^2$

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



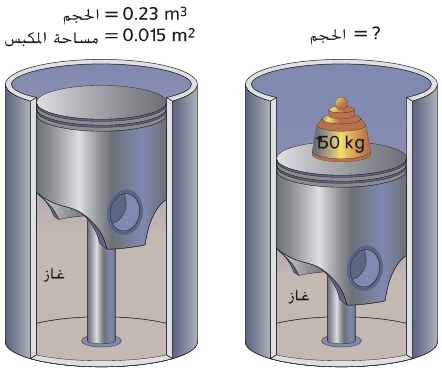
الشكل 24

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

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

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

59. مكبس مساحته $0.015\ m^2$ يحصر كمية ثابتة من الغاز في أسطوانة حجمها $0.23\ m^3$. إن الضغط الابتدائي للغاز يساوي $1.5\times10^5\ Pa$. عند وضع جسم كتلته 150 kg على المكبس تحرك المكبس نحو الأسفل متخذًا موضعًا جديدًا كما هو موضح في **الشكل 25** . عند ثبات درجة الحرارة ما مقدار الحجم الجديد للغاز في الأسطوانة.



الشكل 25

60. السيارات يصمم إطار سيارة معينة ليستخدم عند ضغط معاير 30.0 psi (أي *30* رطل لكل بوصة مربعة). (رطل واحد لكل بوصة مربعة يساوي $6.90\times10^3\ Pa$). إن مصطلح ضغط معاير يعني الضغط الأعلى من الضغط الجوي. وهكذا، فإن الضغط الفعلي في الإطار هو

$1.01\times10^5\ Pa + (30.0\ psi)(6.90\times10^3\ Pa/psi) = 3.08\times10^5\ Pa$.

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

a. ما مقدار الضغط الجديد في الإطار؟

b. ما الضغط المعاير الجديد؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 القوى في الحالة السائلة

إتقان المفاهيم

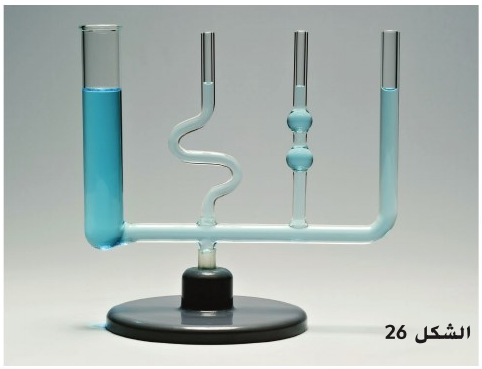
61. البحيرات البحيرة المتجمدة تنصهر في الربيع. ما التأثير الذي يحدثه ذلك على درجة حرارة الهواء فوق البحيرة؟

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

القسم 3 الموائع في حالات السكون والحركة

إتقان المفاهيم

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



الشكل 26

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

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

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

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

إتقان حل المسائل

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

a. قاعدة السد

b. على عمق 4.0 m من سطح الماء

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

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

a. أوجد حجم التمثال.

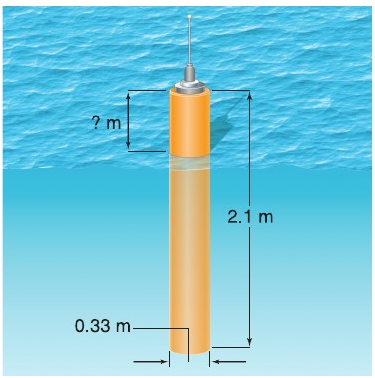
b. هل تمثال الطائر مصنوعًا من الذهب ($\rho = 19.3\times10^3\ kg/cm^3$) أو الألمنيوم المطلي بالذهب ($\rho = 2.7\times10^3\ kg/cm^3$)؟

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

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

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

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



الشكل 27

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

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

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

القسم 4 الأجسام الصلبة

إتقان المفاهيم

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

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

إتقان حل المسائل

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

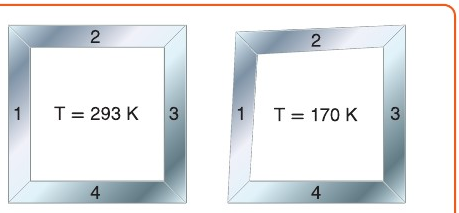
b. ما مقدار التغير الذي يطرأ على مساحة الصفيحة؟

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

a. ما حجمه عند الدرجة 270.0 K؟

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

90. في مجال الصناعة يصنع خبير الميكانيكا جزءًا ميكانيكيا مستطيل الشكل من أجل نظام مميز للبرادات من قطعتين مستطيليتين من الفولاذ وقطعتين مستطيليتين من الألمنيوم. عند درجة حرارة 293 K، تكون القطعة مربعة تمامًا ولكن تصبح القطعة مشوهة عند 170 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 مرتكزًا على الطاولة بسطحه الأصغر. هل الضغط على الطاولة زاد أم قل أم بقي ثابت؟

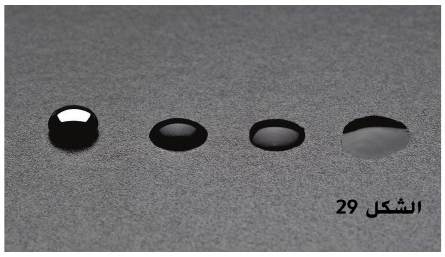
92. أثبت أن الباسكال يكافئ $kg/m{\cdot}s^2$.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

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



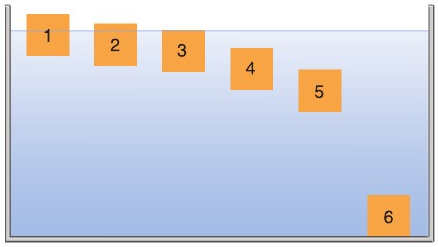
الشكل 29

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

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

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

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



الشكل 30

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

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

مراجعة عامة

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

101. رياضة الغطس الغواص الذي يسبح في مياه عند عمق 5.0 m يطلق $4.2\times10^{-6}\ m^3$ فقاعات من الهواء. ما حجم فقاعات الهواء قبل وصولها إلى سطح الماء مباشرةً؟

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

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

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

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

105. صيانة السيارات تستخدم رافعة هيدروليكية لرفع السيارات للإصلاح تسمى حاملة 3 أطنان. قطر المكبس الكبير 22 mm. أما قطر المكبس الصغير 6.3 mm. لنفرض بأن قوة حاملة 3 أطنان $3.0\times10^4\ N$.

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التفكير الناقد

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

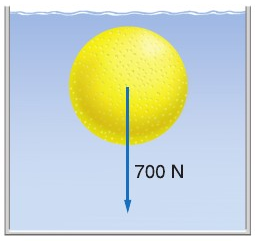
108. حلّل واستنتج يستند أحد أساليب قياس نسبة الدهون في الجسم على حقيقة أن الأنسجة الدهنية أقل كثافة من الأنسجة العضلية. كيف يمكن تقدير متوسط كثافة شخص باستخدام ميزان وبحيرة أو بركة سباحة؟ ما القياسات التي يحتاج الطبيب لتسجيلها لإيجاد معدل النسبة المئوية للدهون في جسم شخص ما؟

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

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

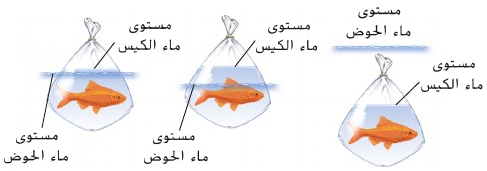
b. ما وزن الكرة في الهواء؟

c. ما حجم الكرة؟



الشكل 31

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



الشكل 32

الكتابة في الفيزياء

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

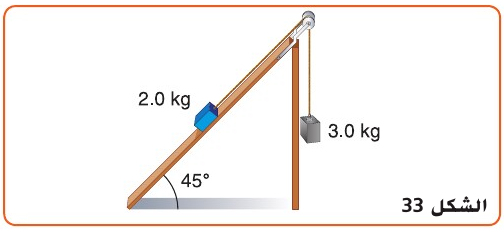
112. ابحث في إنجازات جوزيف لويس جاي لوساك في قوانين الغاز. كيف قاد عمل جوزيف لويس جاي لوساك لاكتشاف صيغة الماء؟

مراجعة تراكمية

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

a. ما تسارع الكتلتان؟

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



الشكل 33

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

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

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الاختيار من متعدد

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

A. 2.70 L **C.** 16.7 L

B. 6.00 L **D.** 54.0 L

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

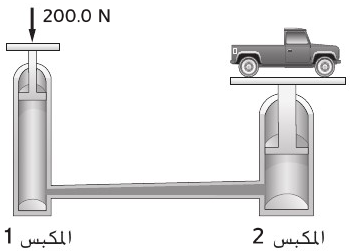
A. 0.27 K **C.** 0.27°C

B. 270 K **D.** 270°C

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

A. 3.7×10^1 Pa **C.** 3.7×10^3 Pa

B. 2.0×10^3 Pa **D.** 3.7×10^5 Pa



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

A. $0.0049\ m^2$ **C.** $0.11\ m^2$

B. $0.026\ m^2$ **D.** $11\ m^2$

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

A. 0.770 N **C.** 7.70 N

B. 0.865 N **D.** 8.47 N

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

A. 1.7×10^2 N **C.** 1.7×10^5 N

B. 8.3×10^2 N **D.** 8.3×10^5 N

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

A. ضوء النيون

B. النجوم

C. البرق

D. الإضاءة المتوهجة

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

A. سوف ينقص.

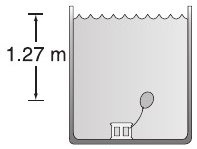
B. سوف يزداد.

C. سوف ينقص ثم يزداد.

D. سوف يزداد ثم ينقص.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From EM, End Matter, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017 McGraw-Hill Education
حقوق الطبع والتأليف © لمجموعة ماكجرو هيل التعليمية

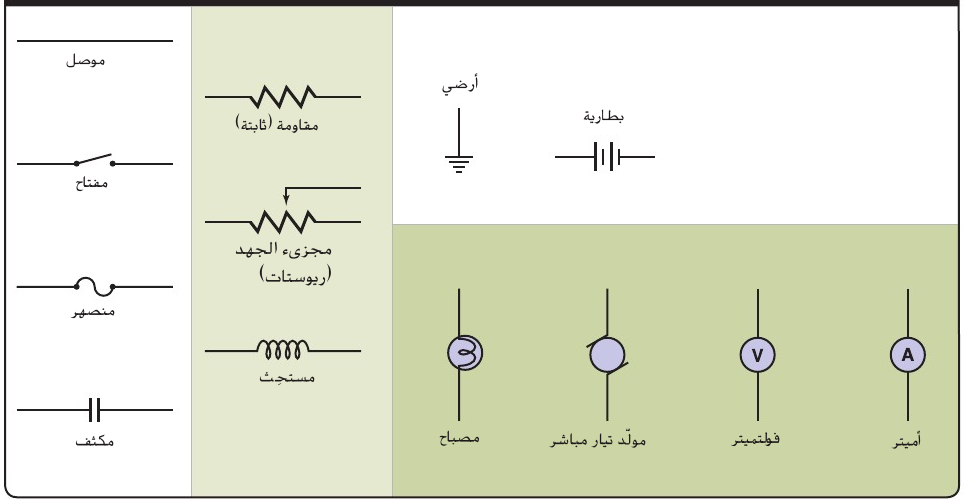
الجداول المرجعية R-1

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

دليل الألوان

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

رموز دائرة كهربائية



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات

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

الوحدات المشتقة في النظام الدولي للوحدات

الكمية	الوحدة	رمز الوحدة	الوحدة معبّر عنها بالوحدات الأساسية	الوحدة معبّر عنها بوحدات أخرى من النظام الدولي للوحدات
التسارع	متر للثانية المربعة	m/s^2	m/s^2	
المساحة	متر مربع	m^2	m^2	
السعة	فاراد	F	$A^2 \cdot s^4/(kg \cdot m^2)$	
الكثافة	كيلوجرام للمتر المكعب	kg/m^3	kg/m^3	
شحنة كهربائية	كولوم	C	A•s	
المجال الكهربائي	نيوتن للكولوم	N/C	$kg \cdot m/(A \cdot s^3)$	V/m
المقاومة الكهربائية	أوم	Ω	$kg \cdot m^2/(A^2 \cdot s^3)$	V/A
القوة الدافعة الكهربائية (*EMF*)	فولت	V	$kg \cdot m^2/(A^2 \cdot s^3)$	
الطاقة، الشغل	الجول	J	$kg \cdot m^2/s^2$	N•m
القوة	نيوتن	N	$kg \cdot m/s^2$	
التردد	هرتز	Hz	s^{-1}	
الاستضاءة	لوكس	lx	cd/m^2	
المجال المغناطيسي	تسلا	T	$kg/(A \cdot s^2)$	N•s/(C•m)
فرق الجهد	فولت	V	$kg \cdot m^2/(A \cdot s^3)$	J/C أو W/A
القدرة	واط	W	$kg \cdot m^2/s^3$	J/s
الضغط	باسكال	Pa	$(kg/m)s^2$	N/m^2
السرعة المتجهة	متر للثانية	m/s	m/s	
الحجم	متر مكعب	m^3	m^3	

تحويلات مفيدة

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

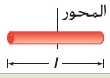
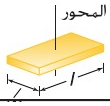
ثوابت فيزيائية

الكمية	الرمز	القيمة	القيمة التقريبية
وحدة الكتل الذرية	u	$1.660538782\times10^{-27}$ kg	1.66×10^{-27} kg
عدد أفوجادرو	N_A	6.02214179×10^{23} mol^{-1}	6.022×10^{23} mol^{-1}
ثابت بولتزمان	k	1.3806504×10^{-23} $Pa\cdot m^3/K$	1.38×10^{-23} $Pa\cdot m^3/K$
ثابت كولوم	K	8.987551788×10^{9} $N\cdot m^2/C^2$	9.0×10^{9} $N\cdot m^2/C^2$
الشحنة الأساسية	e	1.60217653×10^{-19} C	1.602×10^{-19} C
ثابت الغاز	R	8.314472 $Pa\cdot m^3/mol\cdot K$	8.31 $Pa\cdot m^3/mol\cdot K$
ثابت الجذب العام	G	6.67428×10^{-11} $N\cdot m^2/kg^2$	6.67×10^{-11} $N\cdot m^2/kg^2$
كتلة الإلكترون	m_e	9.10938215×10^{-31} kg	9.11×10^{-31} kg
كتلة البروتون	m_p	$1.672621637\times10^{-27}$ kg	1.67×10^{-27} kg
كتلة النيوترون	m_n	$1.674927211\times10^{-27}$ kg	1.67×10^{-27} kg
ثابت بلانك	h	6.62606896×10^{-34} J·s	6.63×10^{-34} J·s
سرعة الضوء في الفراغ	c	2.99792458×10^{8} m/s	3.00×10^{8} m/s

بادئة النظام الدولي للوحدات

البادئة	الرمز	الترميز العلمي
فيمتو	f	10^{-15}
بيكو	p	10^{-12}
نانو	n	10^{-9}
ميكرو	μ	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}
ميجا	M	10^{6}
جيجا	G	10^{9}
تيرا	T	10^{12}
بينا	P	10^{15}

عزم القصور الذاتي لأجسام مختلفة

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

كثافة بعض المواد الشائعة

المادة	الكثافة (g/cm^3)
الألمنيوم	2.70
الكادميوم	8.65
النحاس	8.92
الجرمانيوم	5.32
الذهب	19.32
الهيدروجين	8.99×10^{-5}
الإنديوم	7.31
الحديد	7.87
الرصاص	11.34
الزئبق	13.534
الأكسجين	1.429×10^{-3}
السيليكون	2.33
الفضة	10.5
الماء (C°4)	1.000
الخارصين	7.14

درجات الانصهار والغليان

المادة	درجة الانصهار (C°)	درجة الغليان (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
الخارصين	419.53	907

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	الخارصين	388
الحديد	450		

الحرارة الكامنة للانصهار والتبخر

المادة	الحرارة الكامنة للانصهار، H_f (J/kg)	الحرارة الكامنة للتبخر، H_v (J/kg)
النحاس	2.05×10^5	5.07×10^6
الذهب	6.30×10^4	1.64×10^6
الحديد	2.66×10^5	6.29×10^6
الرصاص	2.04×10^4	8.64×10^5
الزئبق	1.15×10^4	2.72×10^5
الميثانول	1.09×10^5	8.78×10^5
الفضة	1.04×10^5	2.36×10^6
الماء (متجمد)	3.34×10^5	2.26×10^6

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

معاملات التمدد الحراري عند 20°C		
المادة	معامل التمدد الطولي $\alpha\ (°C^{-1})$	معامل التمدد الحجمي $\beta\ (°C^{-1})$
المادة الصلبة		
الألمنيوم	23×10^{-6}	69×10^{-6}
النحاس الأصفر	19×10^{-6}	57×10^{-6}
الخرسانة	12×10^{-6}	36×10^{-6}
النحاس	17×10^{-6}	51×10^{-6}
الزجاج (عادي)	9×10^{-6}	27×10^{-6}
الزجاج (مقاوم للحرارة)	3×10^{-6}	9×10^{-6}
حديد، صلب	12×10^{-6}	35×10^{-6}
بلاتينيوم	9×10^{-6}	27×10^{-6}
السوائل		
البنزين		950×10^{-6}
الزئبق		180×10^{-6}
الميثانول		1200×10^{-6}
الماء		210×10^{-6}
الغازات		
الهواء (ومعظم الغازات الأخرى)		3400×10^{-6}

الطول الموجي للضوء المرئي	
اللون	الطول الموجي، λ (nm)
بنفسجي	380–430
نيلي	430–450
أزرق	450–500
أزرق داكن	500–520
أخضر	520–565
أصفر	565–590
برتقالي	590–625
أحمر	625–740

سرعة الصوت في أوساط متنوعة	
الوسط (0°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
المطاط	1600
النحاس (25 °C)	3560
الحديد (25 °C)	5130
زجاج مقاوم للحرارة	5640
ألماس	12,000

ثابت العزل الكهربائي، k (20°C)	
الفراغ	1.0000
الهواء (1 atm)	1.00059
النيون (1 atm)	1.00013
الزجاج	4–7
الكوارتز	4.3
كوارتز منصهر	3.75
الماء	80

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

بيانات النظام الشمسي

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

تشير R إلى الحركة العكسية.

القمر

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

الشمس

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول الدوري للعناصر

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Hydrogen 1 H 1.008																	Helium 2 He 4.003
2	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
3	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 32.066	Chlorine 17 Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948
4	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
5	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	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc (98)	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 102.906	Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.82	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.757	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Xenon 54 Xe 131.290
6	Cesium 55 Cs 132.905	Barium 56 Ba 137.327	Lanthanum 57 La 138.905	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.217	Platinum 78 Pt 195.08	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po 208.982	Astatine 85 At 209.987	Radon 86 Rn 222.018
7	Francium 87 Fr (223)	Radium 88 Ra (226)	Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (266)	Bohrium 107 Bh (264)	Hassium 108 Hs (277)	Meitnerium 109 Mt (268)	Darmstadtium 110 Ds (281)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn (285)	Ununtrium * 113 Uut (284)	Flerovium 114 Fl (289)	Ununpentium * 115 Uup (288)	Livermorium 116 Lv (293)		Ununoctium * 118 Uuo (294)

سلسلة اللانثانيدات	Cerium 58 Ce 140.115	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	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
سلسلة الأكتينيدات	Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)	Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

* إن أسماء ورموز العناصر 113 و114 و115 و116 و118 مؤقتة.
وتعتبر اكتشافًا جديدًا عند التأكد من اكتشافها.

الرقم الخامل بتوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمرًا للعنصر.

حقوق النشر © McGraw-Hill Education

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
الأنتيمون	Sb	51	121.760	النبتونيوم	Np	93	(237)
الأرجون	Ar	18	39.948	النيكل	Ni	28	58.693
الزرنيخ	As	33	74.922	النيوبيوم	Nb	41	92.906
الأستاتين	At	85	(210)	النيتروجين	N	7	14.007
الباريوم	Ba	56	137.327	النوبليوم	No	102	(259)
البركيليوم	Bk	97	(247)	الأوزميوم	Os	76	190.23
البريليوم	Be	4	9.012	الأكسجين	O	8	15.999
البزموت	Bi	83	208.980	البالاديوم	Pd	46	106.42
البوريوم	Bh	107	(272)	الفوسفور	P	15	30.974
البورون	B	5	10.811	البلاتينيوم	Pt	78	195.078
البروم	Br	35	79.904	البلوتونيوم	Pu	94	(244)
الكادميوم	Cd	48	112.411	البولونيوم	Po	84	(209)
الكالسيوم	Ca	20	40.078	البوتاسيوم	K	19	39.098
كاليفورنيوم	Cf	98	(251)	البراسيوديميوم	Pr	59	140.908
الكربون	C	6	12.011	البروميثيوم	Pm	61	(145)
السيريوم	Ce	58	140.116	البروتكتينيوم	Pa	91	231.036
السيزيوم	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	الروديوم	Rh	45	102.906
الكوبرنيسيوم	Cn	112	(285)	الرونتجينيوم	Rg	111	(280)
النحاس	Cu	29	63.546	الروبيديوم	Rb	37	85.468
الكوريوم	Cm	96	(247)	الروثينيوم	Ru	44	101.07
الدارمشتاتيوم	Ds	110	(281)	الرذرفورديوم	Rf	104	(265)
الدبنيوم	Db	105	(262)	السمريوم	Sm	62	150.36
الدسبروزيوم	Dy	66	162.500	السكانديوم	Sc	21	44.956
آينشتاينيوم	Es	99	(252)	السيبورجيوم	Sg	106	(271)
الأربيوم	Er	68	167.259	السيلينيوم	Se	34	78.96
الأوروبيوم	Eu	63	151.964	السيليكون	Si	14	28.086
الفيرميوم	Fm	100	(257)	الفضة	Ag	47	107.868
الفلور	F	9	18.998	الصوديوم	Na	11	22.990
الفرانسيوم	Fr	87	(223)	الإسترانشيوم	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
الهفنيوم	Hf	72	178.49	التربيوم	Tb	65	158.925
الهاسيوم	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
الإريديوم	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	الإيتربيوم	Yb	70	173.04
اللورنسيوم	Lr	103	(262)	الإيتريوم	Y	39	88.906
الرصاص	Pb	82	207.2	الخارصين	Zn	30	65.38
الليثيوم	Li	3	6.941	الزركونيوم	Zr	40	91.224
اللوتيشيوم	Lu	71	174.967	العنصر *113	Uut	113	(284)
المغنيسيوم	Mg	12	24.305	العنصر *114	Uuq	114	(289)
المنجنيز	Mn	25	54.938	العنصر *115	Uup	115	(288)
المايتنريوم	Mt	109	(276)	العنصر *116	Uuh	116	(293)
المندليفيوم	Md	101	(258)	العنصر *118	Uuo	118	(294)
الزئبق	Hg	80	200.59				

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الإجراء الوقائي	العلاج
التخلص من المخلفات	يجبا 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.
مخاطر حيوية	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.
درجات الحرارة الشديدة	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب برودتها الشديدة أو حرارتها الشديدة.	السوائل المغلية، الأطباق الساخنة، الثلج الجاف، النيتروجين السائل	استخدام وسيلة الحماية المناسبة عند التعامل مع هذه المواد.	اذهب إلى المعلم لطلب الإسعافات الأولية.
الأجسام الحادة	استخدام الأدوات أو المواد الزجاجية التي تجرح الجلد بسهولة.	الشفرات، الدبابيس، المشارط، الأدوات المدببة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور	تعامل بحكمة مع الأداة واتبع إرشادات استخدامها.	اذهب إلى المعلم لطلب الإسعافات الأولية.
الأبخرة	قد تسبب الأبخرة خطرًا محتملًا على الجهاز التنفسي.	الأمونيا، الأسيتون، مزيل طلاء الأظافر، الكبريت الساخن، كرات العث	تأكد من وجود تهوية جيدة. لا تستنشق الأدخنة بصورة مباشرة إطلاقًا، وارتد كمامة.	غادر المكان الذي به الأدخنة وأبلغ معلمك على الفور.
الكهرباء	خطر محتمل من الصدمة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سوائل منسكبة، قصر في الدائرة، أسلاك معراة	تأكد من التوصيلات بالتعاون مع معلمك. افحص حالة الأسلاك والأجهزة.	لا تحاول إصلاح المشكلات الكهربائية. بل أبلغ معلمك على الفور.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي في الجهاز التنفسي.	حبوب اللقاح، كراث العث، 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	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها	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.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا لُمست أو استُنشقت 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.
المواد القابلة للاشتعال	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.
اللهب المكشوف	قد يؤدي ترك اللهب مكشوفًا إلى حدوث حريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد الصناعية	اربط الشعر للخلف ولا ترتد الملابس الفضفاضة. اتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب وإطفائه.	أبلغ معلمك على الفور. واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

سلامة العين

يجب دائمًا ارتداء نظارة واقية عند إجراء الأنشطة العلمية أو مراقبتها.

وقاية الملابس

يظهر هذا الرمز عندما يحتمل أن تسبب المواد بقعًا أو حرقًا للملابس.

نشاط إشعاعي

يظهر هذا الرمز عند استخدام المواد المشعة.

غسل اليدين

بعد كل تجربة، اغسل يديك بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 (SAWFT)	**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)

القاموس / Glossary

English — A — العربية

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

طيْف الامتصاص: خاصية محددة لقيمة مقيسة توضح

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

التسارع: المعدل الذي تتغيّر عنده السرعة المتجهة لجسم ما.

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.

الدقة: خاصية محددة لقيمة مقيسة توضح درجة الاتقان في القياس.

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.

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

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

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

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

قوى الالتصاق: قوى التجاذب التي تؤثر بها جسيمات مواد مختلفة في جسيم آخر؛ وتكون مسؤولة عن الخاصية الشعرية.

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

تحلل ألفا: عملية الانحلال الإشعاعي التي ينبعث فيها جسيم ألفا (α) من النواة.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © حقوق الطبع والتأليف

alpha particle: Massive, positively charged atomic particle that moves at high speed; represented by the symbol α.

جسيم ألفا: جسيم ذري موجب الشحنة ويتحرك بسرعة كبيرة؛ ويُرمز له بالرمز α.

amorphous (uh MOR fus) solid: A substance having a definite shape and volume but lacking a regular crystal structure.

مادة صلبة غير متبلورة: مادة ذات شكل وحجم معين ولكن تفتقر للبنية البلورية المنتظمة.

ampere (AM pihr): A flow of electric charge, or electric current, equal to one coulomb per second (1 C/s).

الأمبير: تدفق شحنة كهربائية، مقدارها كولومباً واحدًا لكل ثانية (1 C/s) وهو وحدة التيار الكهربائي.

amplitude: In any periodic motion, the maximum distance an object moves from the equilibrium position.

السعة: في أي حركة دورية، هي اقصى إزاحة يتحركها الجسم من وضع الاتزان.

angular acceleration: The change in angular velocity divided by the time needed to make the change; measured in rad/s^2.

العجلة الزاويّة: التغير في السرعة الزاويّة مقسومًا على الزمن اللازم لحدوث التغير؛ ويُقاس بـــ rad/s^2.

angular displacement: The change in the angle as an object rotates.

الإزاحة الزاويّة: تغير في الزاوية أثناء دوران الجسم حول نقطة مركزية أو محور دوران.

angular impulse–angular momentum theorem: States that the angular impulse on an object is equal to the change in the object's angular momentum.

نظرية الدفع الزاوي – الزخم الزاوي: تنص على أن الدفع الزاوي في جسم ما يساوي التغير في الزخم الزاوي للجسم.

angular momentum: The product of a rotating object's moment of inertia and its angular velocity; measured in kg·m^2/s.

الزخم الزاوي: حاصل ضرب عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية لجسم يتحرك حركة دورانية، ويُقاس بـــ kg·m^2/s.

angular velocity: The angular displacement of an object divided by the time needed to make the angular displacement.

السرعة الزاويّة: الإزاحة الزاويّة لجسم مقسومةً على الزمن اللازم لحدوث الإزاحة الزاويّة.

antenna: A device that propagates electromagnetic waves through the air.

هوائي: جهاز ينقل الموجات الكهرومغناطيسية عبر الهواء.

antinode (AN ti nohd): The point with the largest displacement when two wave pulses meet.

بَطن الموجة: النقطة ذات الإزاحة الأكبر عند التقاء نبضتين موجيتين.

apparent weight: The support force acting on an object.

الوزن الظاهري: وزن الجسم عندما تؤثر فيه قوى أخرى مع قوة الجاذبية.

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.

قاعدة أرشميدس: قاعدة تنص على أن الجسم المغمور في مائع يخضع لقوة دفع لأعلى تساوي وزن المائع الذي يزيحه هذا الجسم.

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.

ذراع المحرك: سلك ملف محرك كهربائي، مكوّن من عدة لفات مثبتة على ساق أو عمود يدور في مجال مغناطيسي؛ ويتحكّم تغير التيار داخل المحرك في عزم الدوران على العمود الدوّار وفي سرعة المحرك المحصّلة.

atomic mass unit: A unit of mass, u, where u is equal to 1.66×10^{-27} kg; the approximate mass of a proton or neutron.

وحدة الكتلة الذرية: وحدة الكتلة الذرية u، هي كتلة ذرة نظير الكربون C12 مقسومة على 12 و تساوي 1.66×10^{-27} kg؛ وتساوي تقريبا كتلة البروتون أو نيوترون.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

atomic number: The number of protons in an atom's nucleus.

العدد الذري: عدد البروتونات في نواة الذرة.

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.

التسارع: التغير في سرعة الجسم خلال فترة زمنية مقسومًا على هذه الفترة الزمنية. ويقاس بـ 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.

السرعة المتوسطة: المسافة المقطوعة مقسومةً على الزمن المستغرق في قَطع هذه المسافة؛ بالنسبة إلى الحركة المنتظمة، يكون معدل السرعة هو القيمة المطلقة لميل منحنى (الموقع والزمن) للجسم.

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.

السرعة المتوسطة المتجهة: ازاحة الجسم مقسومة على الفترة الزمنية التي حدث خلالها التغير؛ اما بما يتعلق بالحركة المنتظمة، تكون السرعة المتوسطة هي ميل منحنى (الازاحة 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.

نظرية حزم الطاقة: تنص على أنه يمكن تفسير التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة بوجود ثلاث حزم للطاقة حزمة التكافؤ فجوة الطاقة وحزمة التوصيل.

battery: A device made up of several galvanic cells connected together that converts chemical energy to electrical energy.

البطارية: جهاز مكوّن من عدة خلايا كلفانية متصلة بعضها ببعض يحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.

beat: The oscillation of wave amplitude that results from the superposition of two sound waves with almost identical frequencies.

ضربة: تذبذب في سعة الموجة ينتج عن تعاقب موجتين صوتيتين تشتملان على تردّدات متطابقة تقريبًا.

Bernoulli's (bur NEW leez) principle: States that as the velocity of a fluid increases, the pressure exerted by that fluid decreases.

مبدأ برنولي: مبدأ ينص على أنه كلما زادت سرعة المائع، قلَّ الضغط الناتج عن هذا المائع.

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 (β) particle and a neutrino or antineutrino.

تحلل بيتا: عملية الانحلال الإشعاعي التي يتحوّل فيها البروتون إلى نيوترون أو النيوترون إلى بروتون داخل النواة؛ وينتج عن هذه العملية انبعاث جسيم بيتا (β) ونيوترينو أو ليطفو على سطح مائع انتينيوترينو.

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.

طاقة الربط: فرق الطاقة بين النواة المُجمّعة والنويّات الفردية؛ وهي الطاقة المكافئة لنقص الكتلة وتكون سالبة دائمًا.

buoyant force: The upward force exerted on an object immersed in a fluid, due to an increase in pressure with increasing depth.

قوة الطفو: قوة تدفع الجسم المغمور في المائع إلى أعلى، ويكون ذلك بسبب تزايد الضغط الناتج عن تزايد العمق.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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.

السعة الكهربائية لمكثف: نسبة مقدار الشحنة على صفيحة مكثّف إلى فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين؛ وتساوي ميل الخط البياني لمنحنى تغير الشحنة بتغير فرق الجهد.

capacitor: An electrical device used to store electrical energy; made up of two conductors separated by an insulator.

المكثّف: جهاز كهربائي يُستخدم لتخزين الطاقة الكهربائية؛ مكوّن من صفيحتين (موصلين) يفصل بينهما عازل.

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.

الموجة الحامِلة: موجة راديوية في الطيف الكهرومغناطيسي تبث من محطات الإذاعة والتلفزيون تحمل اشارات الصوت والصورة.

center of mass: The point on the object that moves in the same way a point particle would move.

مركز الكتلة: نقطة تمثل كتلة الجسم تتحرك بالطريقة نفسها التي تتحرك فيها نقطة في جسيم.

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.

"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.

centripetal (sen TRIH put ul) acceleration: The center-seeking acceleration of an object moving in a circle at a constant speed.

التسارع المركزي: تسارع جسم متحرك في مسار دائري وناتج عن تغير اتجاه سرعة الجسم الخطية واتجاهه نحو مركز المسار.

centripetal force: The net force exerted toward the center of the circle that causes an object to have a centripetal acceleration.

قوة الجذب المركزي: محصلة القوى المؤثرة في جسم يتحرك في مسار دائري واتجاهها نحو مركز المسار.

chain reaction: Continual process of repeated fission reactions caused by the release of neutrons from previous fission reactions.

التفاعل المتسلسل: عملية متواصلة من تفاعلات الانشطار المتكررة تنتج عن تحرر النيوترونات من تفاعلات الانشطار السابقة.

charging by conduction: The process of charging a neutral object by touching it with a charged object.

شحن بالتوصيل: عملية شحن جسم متعادل الشحنة عن طريق ملامسته بجسم مشحون.

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.

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.

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.

الزيغ اللوني: عيب في العدسة ينتُج عن اختلاف معاملات الانكسار لألوان الضوء المار عبر العدسة، فيؤدي إلى ظهور هوامش لونية حول الجسم الذي يُنظَر إليه من خلال العدسة.

circuit breaker: An automatic switch that opens when the current through an electric circuit exceeds a threshold value.

قاطع الدّائرة الكهربائية: مفتاح يُفتح تلقائيًا عندما يتجاوز التيار الكهربائي المار عبر دائرة كهربائية قيمة الحد المسموح به.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

closed-pipe resonator: A resonating tube with one end closed to air; its resonant frequencies are odd-numbered multiples of the fundamental.

رنين في أنبوب مغلق: أنبوب رنّان له طرف مغلق أمام الهواء، وتردداته الرنّانة تساوي مضاعفات العدد الفردي للتردد الأساسي.

closed system: A system that does not gain or lose mass.

نظام مغلق: النظام الذي لا يكتسب أو يفقد كتلة.

coefficient of kinetic friction: The slope of a line on a kinetic friction force v. normal force graph, μk. Relates frictional force to normal force and depends on the two surfaces in contact.

معامل الاحتكاك الحركي: النسبة بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة المتعامدة المؤثرة في الجسم ورمزه u_k وليس له وحدة.

coefficient of linear expansion: The change in length divided by the original length and the change in temperature.

معامل التمدد الطولي: التغير في الطول مقسومًا على الطول الأصلي مضروبا في التغير في درجة الحرارة.

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.

معامل الاحتكاك السكوني: النسبة بين قوة الاحتكاك والقوة المتعامدة المؤثرة في الجسم وهوساكن ورمزه u_s وليس له وحدة.

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.

معامل التمدد الحجمي: التغير في الحجم مقسومًا على الحجم الأصلي مضروبا في التغير في درجة الحرارة. ويساوي ثلاثة أمثال معامل التمدد الطولي وذلك لأن المواد الصلبة تتمدد في ثلاثة أبعاد.

coherent light: Light made up of waves of the same wavelength that are in phase with each other.

الضوء المترابط: ضوء يتكوّن من موجات لها نفس الطول الموجي ومتساوية في التردد ومتفقة في الطور.

cohesive forces: The forces of attraction that like particles exert on one another; responsible for surface tension and viscosity.

قوى التماسك: قوى التجاذب بين الجزيئات المتماثلة مع بعضها، وهي المسؤولة عن التوتر السطحي واللزوجة.

combination series-parallel circuit: A complex electric circuit that includes both series and parallel branches.

دائرة التوالي والتوازي: دائرة كهربائية مركبة تشمل كلًا من دائرتي التوالي والتوازي.

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.

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 مقدارا ثابتة .يشتق منه قانون بويل عند ثبات درجة الحرارة وقانون شارل عند ثبات الضغط.

complementary colors: Two colors of light that, when combined, produce white light.

ألوان المكملة: زوج من ألوان الضوء إذا مُزجت مع بعضها أعطت لونًا أبيض.

components: Projections of a vector parallel to the *x*-axis and another parallel to the *y*-axis.

مركبتي المتجه: مركبة المتجه على المحور *x* و مركبته على المحور *y*

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.

آلة مركّبة: آلة تتكوّن من آلتين بسيطتين أو أكثر موصلتين بعضهما ببعض بحيث تصبح قوة المقاومة لآلة واحدة هي قوة المطبقة على الآلة الأخرى.

Compton effect: The shift in the energy of scattered photons.

تأثير كومبتون: إزاحة في الطول الموجي للفوتونات المتشتتة عند اصطدامها بالالكترونات.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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.

عدسة مقعّرة: عدسة سمكها في الحواف أكثر منها في المنتصف، مما يؤدي إلى تشتت أشعة الضوء المارة عبرها عندما يكون الوسط المحيط بها ذا معامل انكسار أقل. وتكوّن صورة تقديرية معتدلة مصغرة.

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.

المرآة المقعّرة: مرآة مرآة كروية سطحها الداخلي العاكس جزء من سطح كرة و تكوّن صورة تقديرية معتدلة أو صورة حقيقية مقلوبة.

conductor: A material, such as copper, through which a charge will move easily.

موصِل: مادة، مثل النحاس، تمر الشحنة عبرها بسهولة.

consonance: A pleasant set of pitches.

تناغم: الصوت الممتع الناتج من مجموعة من ترددات الصوت.

=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.

=الحِمل الحراري: نوع من انتقال الطاقة الحرارية يحدث بسبب حركة المائع في سائل أو غاز وينتُج عن الاختلافات في درجة الحرارة.

conventional current: the direction in which a positive test charge moves.

التيار الاصطلاحي: التيار الكهربائي الذي يمثل حركة الشحنات الموجبة في الدائرة الكهربائية.

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.

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.

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.

مرآة محدّبة: مرآة كروية سطحها الخارجي العاكس جزء من سطح كرة؛ وتكوّن صورة تقديرية معتدلة ومصغرة.

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.

نظام إحداثي: نظام يُستخدَم لوصف الحركة ويحدد موقع نقطة البداية للمتغير الذي تتم دراسته و الاتجاه الذي تزيد فيه قيم هذا المتغير.

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.

"قوة" كوريوليس: القوة الظاهرة التي تبدو أنها تحرّف جسمًا متحركًا عن مساره ولا يمكن ملاحظتها إلا في الاطر المرجعية الدوارة.

coulomb (KEW lahm): The SI standard unit of charge; one coulomb (C) is the magnitude of the charge of 6.24×10^{18} electrons or protons.

كولومب: وحدة الشحنة الكهربائية في النظام الدولي للوحدات؛ و تساوي قيمة الكولومب الواحد (C) مجموع شحنة 6.24×10^{18} إلكترونًا أو بروتونًا.

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.

قانون كولومب: ينص على أن القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب شحنتيهما وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

crest: The high point of a transverse wave.

قمة: أعلى نقطة في الموجة المستعرضة.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © والتأليف الطبع حقوق

critical angle: The angle of incidence in which a refracted light ray lies along the boundary between two mediums.

زاوية حَرِجة: تقابلها زاوية انكسار مقدارها 90 درجة عندما ينتقل الضوء بين وسطين.

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.

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.

طول الموجة دي برولي: طول الموجة المرتبط بجسيم متحرك.

decibel: The most common unit of measurement for sound level; also can describe the power and intensity of sound waves. Abbreviated dB.

ديسيبل: وحدة قياس مستوى الصوت الأكثر شيوعًا ويمكنها أن تصف قدرة الموجات الصوتية وشدتها. يُشار إليها اختصارًا بالرمز dB.

dependent variable: The factor in an investigation that depends on the independent variable.

المتغير التابع: العامل الذي يعتمد على متغير مستقل خلال التحقيق العلمي.

depletion layer: The region around a *pn*-junction diode where there are no charge carriers and electricity is poorly conducted.

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.

dielectric: A poor conductor of electric current whose electric charges partially align with an electric field.

عازل كهربائي: مادة غير موصلة للتيار الكهربائي يحدث لها استقطاب عند تعرضها لمجال كهربائي.

diffraction: The bending of light around a barrier.

حيود: انحراف الموجات عن مسارها عند مرورها من فتحة ضيقة أو اصطدامها بحافة حاجز.

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.

محزّز حيود: قطعة من الزجاج أو البلاستيك فيها شقوق صغيرة متقاربة يحيد الضوء عند مروره منها ويشكل نمطا من الأهداب المضيئة والمعتمة ويستخدم لقياس طول موجة الضوء أو لفصل الضوء المكون من أطوال موجية مختلفة.

diffraction pattern: A pattern on a screen of constructive and destructive interference of Huygens' wavelets.

نمط حيود: نمط يظهر على شاشة ناتج عن التداخل البناء والتداخل الهدام للموجات المنتشرة وفق مبدأ هيجينز.

diffuse reflection: A scattered, fuzzy reflection produced by a rough surface.

انعكاس غير منتظم: انعكاس مُبعثَر غير واضح ناتج عن سطح خشن.

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.

تحليل بُعدي: طريقة للتعامل مع الوحدات ككميات جبرية بحيث يمكن إلغاؤها ويمكن أن تستخدم للتأكد من أن وحدات الإجابة صحيحة.

diode: The simplest semiconductor device; conducts charges in one direction only and consists of a sandwich of *p*-type and *n*-type semiconductors.

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*).

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح والتأليف © محفوظة حقوق الطبع

dispersion: The separation of white light into a spectrum of colors by such means as a glass prism or water droplets in the atmosphere.

تحلل الضوء: فصل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان باستخدام وسيلة مثل المنشور الزجاجي أو قطرات الماء الموجودة في الغلاف الجوي.

displacement: A change in position having both magnitude and direction; is equal to the final position minus the initial position.

إزاحة: تغيّر في الموقع له مقدار واتجاه. ويساوي الموقع النهائي مطروحًا منه الموقع الابتدائي.

dissonance (DIH suh nunts): An unpleasant, jarring set of pitches.

نشاز (تنافر صوتي): مجموعة من ترددات الصوت المزعجة والمتنافرة.

distance: The entire length of an object's path, even if the object moves in many directions.

المسافة: الطول الكلي لمسار حركة جسم ما.

domain: A very small group, usually 10–1000 μm 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.

المنطقة المغناطيسية: مجموعة صغيرة جدًا تتراوح عادة ما بين 10–1000 μm طولها تتكوّن عندما تصطف المجالات المغناطيسية للإلكترونات في مجموعة الذرات المتجاورة في نفس الاتجاه.

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.

التطعيم: اضافة مادة تحتوي على ذرات تمنح إلكترونًا أو تستقبله، يمكن إضافتها بتركيز منخفض إلى أشباه الموصلات النقية، حيث تزيد من قدرتها على التوصيل عن طريق توفير فجوات أو إلكترونات إضافية.

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.

تأثير دوبلر: تغيّر في تردد الصوت أو الضوء ناتج عن حركة المصدر، أو المراقب، أو المصدر والمراقب معًا.

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.

قوة مقاومة المائع: القوة التي يبذلها مائع على جسم ما وتعوق 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.

تيار دوامي: تيار متولّد في قطعة من فلز تتحرك عبر مجال مغناطيسي متغير، مما ينتج عنه مجال مغناطيسي يقاوم الحركة التي تُحدِث التيار.

efficiency: The ratio of output work to input work.

كفاءة: نسبة الشغل الناتج إلى الشغل الداخل.

effort force: The force a user exerts on a machine.

قوة الجهد: القوة التي يبذلها مستخدِم على آلة.

elastic collision: A type of collision in which the kinetic energy before and after the collision remains the same.

تصادم مَرِن: نوع من التصادم تظل فيه الطاقة الحركية قبل التصادم وبعده متساوية.

elastic potential energy: Stored energy due to an object's change in shape.

طاقة الوضع المرونية: الطاقة المخزّنة في جسم مرن مثل النابض عند تغير شكله.

electric circuit: A closed loop or pathway that allows electric charges to flow.

دائرة كهربائية: حلقة مغلقة أو مسار مغلق يسمح للشحنات الكهربائية بالتدفق خلاله.

electric current: A flow of charged particles.

تيار كهربائي: تدفق من الجسيمات المشحونة.

electric field: A property of the space around a charged object that exerts forces on other charged objects.

مجال كهربائي: خاصية تتميّز بها المنطقة المحيطة بجسم مشحون حيث يؤثر بقوة كهربائية على غيره من الأجسام المشحونة.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © حقوق الطبع والتأليف

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.

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، دلَّ ذلك على مجال أقوى. لا تتقاطع الخطوط أبدًا وتتجه مبتعدة عن الشحنات الموجبة وتتجه نحو الشحنات السالبة.

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.

مولّد كهربائي: جهاز يحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية ويتكوّن من عدد من الحلقات السلكية الموضوعة في مجال مغناطيسي قوي.

electric motor: An apparatus that converts electrical energy into mechanical energy.

المحرك الكهربائي: جهاز يحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

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.

فرق الجهد الكهربائي: الشغل اللازم لنقل شحنة اختبارموجبة مقدارها 1 كولوم من نقطة إلى أخرى داخل المجال الكهربائي ويساوي التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات الموجبة.

electromagnet: A type of magnet whose magnetic field is produced by electric current.

مغناطيس كهربائي: نوع من المغناطيس ينتج مجاله المغناطيسي عن تيار كهربائي.

electromagnetic induction: The process of generating a current through a circuit due a changing magnetic field or to the relative motion between a wire and a magnetic field.

حثّ كهرومغناطيسي: عملية توليد تيار كهربائي في دائرة بسبب وجود مجال مغناطيسي متغير أو الحركة النسبية بين السلك والمجال المغناطيسي.

electromagnetic radiation: Energy that is carried, or radiated, in the form of electromagnetic waves.

إشعاع كهرومغناطيسي: الطاقة المحمولة أو المُشعة في شكل موجات كهرومغناطيسية.

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.

الطيف الكهرومغناطيسي: مجموعة كاملة من الترددات والأطوال الموجية التي تشكِّل الموجات الكهرومغناطيسية، بما في ذلك موجات الراديو والموجات الدقيقة والضوء المرئي والأشعة السينية.

electromagnetic wave: Coupled, oscillating electric and magnetic field that travels through space and matter.

موجة كهرومغناطيسية: موجة تتكون من مجال كهربائي ومغناطيسي مزدوج ومتذبذب ينتقل عبر الفراغ والمادة.

electron cloud: The region in which there is a high probability of finding an electron.

السحابة الالكترونية: المنطقة التي تزداد فيها احتمالية وجود إلكترون.

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.

الكشاف الكهربائي: جهاز يُستخدَم للكشف عن الشحنات الكهربائية ويتكوّن من قرص فلزي متصل برقاقتين فلزيتين عن طريق ساق فلزي.

electrostatics: The study of electric charges that can be collected and held in one place.

الكهروستاتيكا: دراسة الشحنات الكهربائية التي يمكن جمعها ووضعها في مكان واحد.

elementary charge: The magnitude of the charge of an electron; approximately 1.602×10^{-19} C.

شحنة أوليّة: مقدار شحنة الإلكترون التي تبلغ حوالي 1.602×10^{-19} C.

emission spectrum: A plot of the intensity of radiation emitted from an object over a range of frequencies.

طيف الانبعاث: ضوء ينبعث من الأجسام المتوهجة وفي نطاق محدد من الترددات.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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 محدد 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 متزنا 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 محصّلة 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 وتمرر نفس شدة التيار.

excited state: Any energy level of an atom that is higher than its ground state.
حالة مستثارة: عندما تمتص الذرة طاقة ويقفز الكترون أو اكثر إلى مستوى طاقة أعلى.

extrinsic (ek STRIHN zik) semiconductor: Semiconductor with greatly enhanced conductivity resulting from the addition of dopants.
شبه موصل غير نقي: شبه موصل تم تعزيز قدرته على التوصيل الكهربائي بإضافة ذرات شائبة بنسب محدد.

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: عيبٌ في الإبصار لا يستطيع الشخص معه أن يرى الأجسام القريبة بوضوح بسبب تركُّز الصور وراء شبكية العين ويُسمّى أيضًا مَدَّ البصر، ويمكن تصحيحه باستخدام عدسة محدّبة.

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 النيترونات 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.
البُعد 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.

McGraw-Hill Education مؤسسة محفوظة لصالح © حقوق الطبع والتأليف

force: A push or a pull exerted on an object; has both direction and magnitude and may be a contact or a field force.

قوة: دفع أو شد يؤثر في الجسم لها مقدار واتجاه و تكون قوة تلامس أو قوة مجال.

force carrier: A particle that transmits, or carries, forces between objects interacting at a distance; also called a gauge boson.

حامِل القوة: جسيم ينقل القوى أو يحملها بين الأجسام المتفاعلة عن بُعد، ويُسمّى أيضًا بوزونًا أساسيًا.

free-body diagram: A physical model that represents the forces acting on a system.

مخطط الجسم الحُر: مخطط فيزيائي يظهر جميع القوى المؤثرة في جسم.

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.

سقوط حُرّ: حركة جسم تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط وبإهمال تأثير مقاومة الهواء.

free-fall acceleration: The acceleration of an object due only to the effect of gravity.

تسارع السقوط الحُرّ: تسارع جسم بتأثير قوة الجاذبية فقط.

frequency: The number of complete oscillations a point on a wave makes each second; measured in hertz (Hz).

تردّد: عدد الذبذبات الكاملة التي تُحدِثها نقطة على موجة في الثانية الواحدة ويُقاس بالهرتز(Hz) .

fundamental: For a musical instrument, the lowest frequency of sound that will resonate.

التردّد الأساسي: أقل تردّد لصوت الرنين الذي تصدره الآلة الموسيقية.

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.

منصهر: قطعة صغيرة من تحوي سلكا فلزيا رفيعا تعمل بمثابة جهاز أمان عن طريق الانصهار وقطع التيار عند مرور تيار كبير جدًا من خلالها.

fusion: The process in which nuclei with small masses combine to form a nucleus with a larger mass and energy is released.

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.

جلفانومتر: جهاز يُستخدَم لقياس التيارات الصغيرة جدًا ويمكن استخدامه كجهاز فولتميتر أو أميتر.

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.

تحلل جاما: عملية التحلل الإشعاعي التي يُعاد فيها توزيع الطاقة داخل النواة ولكن دون تغيير في الكتلة الذرية أو الشحنة وتنبعث أشعة جاما.

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*.

مجال الجاذبية: كمية متجهة تربط كتلة جسم ما بقوة الجاذبية التي يتعرّض لها في موقع معين وتُمثّل بالرمز ***g***.

gravitational force: The attractive force between two objects that is directly proportional to the mass of the objects.

قوة الجاذبية: قوة الجذب بين جسمين والتي تتناسب طرديًا مع كتلة الأجسام.

gravitational mass: Mass as used in the law of universal gravitation; the quantity that measures an object's response to gravitational force.

كتلة الجاذبية: الكتلة كما هي مستخدمة في قانون الجذب العام. وهي الكمية التي تقيس استجابة جسم لقوة الجاذبية.

gravitational potential energy: The stored energy in a system resulting from the gravitational force between objects; represented by the symbol *GPE*.

طاقة الوضع الجذبية: الطاقة المخزّنة في نظام ما والناتجة عن قوة الجاذبية بين الأجسام. وتُمثّل بالرمز *GPE*.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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.

قاطع التفريغ الأرضي (GFI): جهاز يحتوي على دارة إلكترونية تكشف عن اختلافات التيار الصغيرة الناتجة عن مسار تيار زائد، يفتح الدائرة ويمنع الصدمات الكهربائية ويكون مطلوبًا غالبًا كإجراء وقائي في الحمّام والمطبخ والمناقذ الخارجية.

grounding: The process of removing excess charge by touching an object to Earth.

تأريض: عملية إزالة الشحنة الزائدة عن طريق ملامسة جسم للأرض.

ground state: State of an atom with the smallest allowable amount of energy.

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.

عُمْر النصف: الزمن اللازم لانحلال نصف الذرات الموجودة في كمية محددة من النظائر المُشعة.

harmonics: Higher frequencies, which are whole-numbered multiples of the fundamental frequency; give certain musical instruments their own unique timbre.

توافقيات: مضاعفات صحيحة للتردد الأساسي الصادر من آلة وتعطي لكل آلة نغمة خاصة.

heat: A transfer of thermal energy, which occurs spontaneously from a warmer object to a cooler object; represented by Q.

الحرارة: الطاقة الحرارية المنتقلة بين الأجسام نتيجة اختلاف درجة حرارتها ورمزها 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.

محرك حراري: جهاز يحوّل الطاقة الحرارية باستمرار إلى طاقة ميكانيكية، يحتاج إلى مصدر طاقة حرارية تكون درجة حرارته مرتفعة وإناء درجة حرارته منخفضة (حوض)، ومَخرج لتحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي.

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.

الحرارة الكامنة للانصهار: كمية الطاقة الحرارية المطلوبة لتغيير 1 kg من إحدى المواد من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة الانصهار.

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.

الحرارة الكامنة للتبخير: كمية الطاقة الحرارية المطلوبة لتغيير 1 kg من إحدى المواد من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة الغليان.

Heisenberg uncertainty principle: States there is a limit to how precisely a particle's position and momentum can simultaneously be measured.

مبدأ عدم اليقين لهايزنبيرغ: ينص على وجود حد لمدى الدقة التي يمكن بها قياس موقع جسيم ما وكمية حركته في آن واحد.

Hooke's law: States that the force acting on a spring is directly proportional to the amount the spring is stretched.

قانون هوك: استطالة جسم مرن مثل نابض تتناسب طرديا مع القوة المؤثرة.

hypothesis: A possible explanation for a problem using what you know and what you observe.

الفرضية: تفسير محتمَل لمسألة ما باستخدام المعطيات والملاحظات التي لديك.

McGraw-Hill Education مؤسسة محفوظة لصالح © حقوق الطبع والتأليف

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.

قانون الغاز المثالي: في الغاز المثالي، يكون حاصل ضرب الضغط في الحجم يساوي عدد المولات مضروبًا في الثابت **(R)** ودرجة الحرارة بالكالفن ،وبوساطته يتم توقع سلوك الغازات بشكل جيد ما عدا حالات الضغط المرتفع ودرجات الحرارة المنخفضة.

ideal mechanical advantage: For an ideal machine, is equal to the displacement of the effort force divided by displacement of the resistance force.

الفائدة الميكانيكية المثالية: النسبة بين إزاحة القوة المبذولة على إزاحة المقاومة (الحمل).

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 (lm/m^2) or lux (lx).

كثافة التدفق الضوئي: معدل سقوط الضوء على سطح ما. أو سقوطه على وحدة المساحة. يُقاس بوحدة اللومن لكل متر مربع (lm/m^2) أو (lux (lx.

image: An optical reproduction of an object formed by the combination of light rays reflected or refracted by an optical device.

صورة: نسخة بصرية طبق الأصل من جسم ما تتكوّن عن طريق جمع الأشعة الضوئية المنعكسة أو المنكسرة باستخدام جهاز بصري.

impulse: The product of the average net force on an object and the time interval over which the force acts.

الدفع: حاصل ضرب القوة المحصّلة المؤثرة في جسم ما والفترة الزمنية التي تؤثر القوة فيها.

impulse-momentum theorem: States that the impulse on an object equals the object's final momentum minus the object's initial momentum.

نظرية الدفع والزخم: الدفع المؤثر في جسم ما يساوي التغير في زخم الجسم (الزخم النهائي مطروحا منه الزخم الابتدائي).

incident wave: A wave pulse that strikes a boundary between two mediums.

موجة ساقطة: الموجة التي تسقط على سطح ما أو على حد فاصل بين وسطين.

incoherent light: Light whose waves are not in phase.

ضوء غير مترابط: ضوء تكون موجاته مختلفة الطور.

independent variable: The factor that is changed or manipulated during an investigation.

متغير مستقل: العامل الذي يتم تغييره أو تعديله أثناء التجربة العملية.

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*.

معامِل الانكسار: النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في الوسط ما ويمثل بالرمز *n* . و يحدد زاوية انكسار الضوء عندما يعبر الحد الفاصل بين وسطين.

induced electromotive force: The potential difference across a wire that results from the production of an electric field.

القوة الدافعة الكهربائية المُستحثة: فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل (ملف) نتيجة تغير التدفق المغناطيسي فيه مع الزمن.

inelastic collision: A type of collision in which the kinetic energy after the collision is less than the kinetic energy before the collision.

تصادم غير مرن: نوع من التصادم تكون فيه الطاقة الحركية بعد التصادم أقل منها قبله.

inertia (ihn UR shuh): The tendency of an object to resist changes in velocity.

القصور: خاصية للجسم لممانعة أي تغير في حالته الحركية (سرعته المتجهة).

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

inertial mass: A measure of an object's resistance to any type of force.

كتلة قصورية: مقياس لممانعة أو مقاومة الجسم لأي نوع من القوى.

instantaneous acceleration: The change in an object's velocity at a specific instant.

تسارع لحظي: سرعة الجسم عند لحظة زمنية معينة من حركته.

instantaneous position: The position of an object at any particular instant.

موقع لحظي: موقع جسم ما في لحظة معينة.

instantaneous velocity: A measure of motion that tells the speed and direction of an object at a specific instant.

السرعة اللحظية: قياس للحركة يوضح سرعة جسم ما واتجاهه في لحظة محددة.

insulator: A material, such as glass, through which a charge will not move easily.

عازل: مادة، كالزجاج لا تسمح بمرور الشحنات الكهربائية بسهولة من خلالها.

interaction pair: A pair of forces that are equal in strength but opposite in direction and act on different objects.

زوج قوى التفاعل: قوتان متزامنتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه تؤثران في جسمين مختلفين.

interference: Results from the superposition of two or more waves; can be constructive or destructive.

تداخل: ظاهرة موجية تنتج من تراكب موجتين أو أكثر ويمكن أن يكون التداخل بناء (الإزاحات في الاتجاه نفسه) أو هداما الإزاحات في الاتجاهات متعاكسة).

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.

أهداب التداخل: نمط من الشرائط المضيئة والمظلمة على شاشة، وينتج عن التداخل البنّاء والهدّام لموجات الضوء التي تمر عبر فتحتين صغيرتين متقاربتين في حاجز.

intrinsic semiconductor: Pure semiconductor that conducts charge as a result of thermally freed electrons.

شبه موصل نقي: شبه موصل تكون فيه حاملات الشحنة نتيجة تحرير الالكترونات فيه بالحرارة.

inverse relationship: A hyperbolic relationship that exists when one variable depends on the inverse of the other variable.

علاقة عكسية: علاقة يتغير فيها المتغير التابع بطريقة خطية مع معكوس المتغير المستقل.

isolated system: A closed system on which the net external force is zero.

نظام منعزل: نظام مغلق يكون محصلة القوة الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفرًا.

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.

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 جسما باتجاهها مسافة 1m

K

Kepler's first law: States that the planets move in elliptical paths with the Sun at one focus.

قانون كبلر الأول: ينص على أن الكواكب تتحرك في مدارات اهليليجية (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 كبلر الثاني: ينص على أن الخط الوهمي الواصل من الشمس إلى أي كوكب يمسح مساحات متساوية في فترات زمنية متساوية.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح والتأليف © محفوظة حقوق الطبع

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.

قانون كبلر الثالث: ينص على أن مربع نسبة الزمن الدوري لأي كوكبين يساوي مكعب النسبة بين متوسط بعديهما من الشمس.

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).

كيلوواط ساعة: وحدة قياس للطاقة تستخدمها شركات الكهرباء لقياس مبيعات الطاقة. حيث 1 kWh يساوي 3600 kJ.

kinetic energy: The energy of an system that is associated with its motion.

الطاقة الحركية: طاقة النظام المرتبطة بحركته.

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.

قوة الاحتكاك الحركي: القوة التي تؤثر في سطح ما عن طريق سطح آخر عندما يحتك السطحان بعضهما ببعض بسبب تحرك أحدهما أو كليهما.

L

laser: A device that produces powerful, coherent, directional, monochromatic light that can be used to excite other atoms; the acronym stands for *l*ight *a*mplification by *s*timulated *e*mission of *r*adiation.

ليزر: جهاز يُصدر ضوءًا قويًا ومترابطًا وموجهًا وأحادي الطول الموجي يمكن استخدامه في إثارة الذرات الأخرى؛ ويشير الاختصار إلى تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المثار.

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.

قانون حفظ الزخم الزاوي: في حالة انعدام محصلة العزوم الخارجية على جسم فإن كمية الحركة الزاوية (الزخم الزاوي) يكون محفوظا.

law of conservation of energy: States that in a closed, isolated system, energy is not created or destroyed, but rather, is conserved.

قانون حفظ الطاقة: ينص على أن الطاقة في النظام المغلق والمعزول لا تفنى ولا تستحدث لذلك تبقى ثابتة.

law of conservation of momentum: States that the momentum of any closed, isolated system does not change.

قانون حفظ الزخم: الزخم الكلي في أي نظام مغلق ومعزول ثابت ولا يتغير.

law of reflection: States that the angle of incidence is equal to the angle of reflection.

قانون الانعكاس: ينص على أن زاوية سقوط الشعاع الضوئي تساوي زاوية انعكاسه.

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.

قانون التجاذب العام: ينص على أن قوة التجاذب بين أي جسمين تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما وتتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

lens: A piece of transparent material, such as glass or plastic, that is used to focus light and form an image.

عدسة: قطعة من مادة شفافة، كالزجاج أو البلاستيك مثلاً، تُستخدَم لتركيز الضوء وتكوين صورة.

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.

قانون لينز: ينص على أنه يتم دائمًا توليد التيار المُستحَث في اتجاه ما بحيث يعترض المجال المغناطيسي الناتج عن التيار المُستحَث التغير في المجال المغناطيسي المُسبّب للتيار المُستحَث.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © والتأليف الطبع حقوق

lepton: An elementary particle, such as an electron or a neutrino, that forms mass but belongs to a different family than quarks.

ليبتون: جسيم أولي مثل الإلكترون أو النيوترينو. يُكوّن كتلة لكنه ينتمي إلى عائلة مختلفة عن التي تنتمي لها الكواركات.

lever arm: The perpendicular distance from the axis of rotation to the point where force is exerted.

ذراع العتلة: المسافة العمودية الواصِلة من محور الدوران إلى النقطة التي تؤثر فيها القوة.

linear relationship: A relationship in which the dependent variable varies linearly with the independent variable.

علاقة خطية: علاقة يتغيّر فيها المتغير التابع بطريقة خطية مع المتغير المستقل.

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.

الخط البياني الأفضل تمثيلاً: الخط البياني الذي يشمل أكبر عدد من النقاط على الرسم البياني. ويُستخدَم في وصف البيانات والتنبؤ بمكان ظهور البيانات الجديدة على الرسم البياني.

longitudinal wave: A mechanical wave in which the disturbance is in the same direction, or parallel to, the direction of wave travel.

موجة طولية: موجة ميكانيكية يكون اتجاه الاهتزاز في نفس اتجاه حركة الموجة أو في اتجاه موازٍ له.

loudness: Sound intensity as sensed by the ear and interpreted by the brain; depends mainly on the pressure wave's amplitude.

شدة الصوت: شدة الصوت التي تحس بها الأذن ويفسرها الدماغ. وتعتمد اعتمادًا أساسيًا على سعة موجة الضغط.

luminous flux: The rate at which light energy is emitted from a luminous source; measured in lumens (lm).

تدفق ضوئي: معدل انبعاث الطاقة الضوئية من أحد مصادر الضوء. ويُقاس بوحدة اللومن (lm).

luminous source: An object, such as the Sun or a lightbulb, that emits light.

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.

آلة: جهاز يسهل العمل من خلال تغيير مقدار أو اتجاه القوة المطبقة.

magnetic field: The area around a magnet, or around any current-carrying wire or coil of wire, where a magnetic force exists.

مجال مغناطيسي: المنطقة المحيطة بمغناطيس ما، أو المحيطة بأي سلك أو ملف يسري فيه تيار، حيث توجد قوة مغناطيسية.

magnetic flux: The number of magnetic field lines that pass through a perpendicular surface.

تدفق مغناطيسي: عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تمر عموديا عبر سطح ما.

magnification: The amount that an image is enlarged or reduced in size, relative to the object.

التكبير: مقدار تكبير الصورة أو تصغيرها، بالنسبة إلى الجسم.

magnitude: A measure of size.

المقدار: قياس لكمية معينة.

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.

قانون مالوس: ينص على أن شِدّة الضوء الخارج من مرشِح استقطاب ثانٍ تساوي شدة الضوء المُستقطب الخارج من مرشِح الاستقطاب الأول مضروبًا في مربع جيب تمام الزاوية الواقعة بين محاور الاستقطاب في المُرشحيْن.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © حقوق الطبع والتأليف

mass defect: The difference between the sum of the masses of individual nucleons and the mass of the assembled nucleus.

نقص الكتلة: الفرق بين مجموع كتل النويّات الفردية وكتلة النواة المُجمّعة.

mass number: The number of nucleons in an atom's nucleus.

العدد الكتلي: عدد النويات الموجودة في نواة الذرة.

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.

مطياف الكتلة: جهاز يستخدم المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي في قياس نسبة شحنة الأيونات الموجبة إلى كتلتها في مادة ما، ويمكن استخدامه لتحديد كتل الأيونات.

measurement: A comparison between an unknown quantity and a standard.

القياس: مقارنة بين كمية غير معلومة وأخرى قياسية.

mechanical advantage: The ratio of resistance force to effort force.

فائدة ميكانيكية: النسبة بين قوة المقاومة والقوة المطبقة.

mechanical energy: The sum of kinetic energy and potential energy of the objects in a system.

طاقة ميكانيكية: مجموع طاقة الحركة وطاقة الوضع للأجسام في نظام ما.

microchip: An integrated circuit consisting of thousands of diodes, transistors, resistors, and conductors.

رقاقة إلكترونية صغيرة: دائرة مُدمجة تتكوّن من آلاف من الصمامات الثنائية والترانزستورات والمقاومات والوّصلات.

model: A representation of an idea, event, structure, or object to help people better understand it.

نموذج: تمثيل لفكرة أو حدث أو بنية أو جسم ما لمساعدة الأشخاص على فهمه على نحو أفضل.

moment of inertia: The resistance to rotation.

عزم القصور الذاتي: مقاومة نظام أو جسم للدوران حول محور.

momentum: The product of the object's mass and the object's velocity; measured in kg·m/s.

كمية الحركة (الزخم): حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة؛ يُقاس بوحدة kg·m/s.

monochromatic light: Light having only one wavelength.

ضوء أحادي اللون: ضوء له طول موجي واحد فقط.

motion diagram: A series of images showing the positions of a moving object taken at regular (equal) time intervals.

مخطط الحركة: سلسلة من الصور توضح مواقع جسم متحرك تم التقاطها على فترات زمنية منتظمة (متساوية).

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.

حَثُ متبادَل: عملية يتم فيها تغير شدة التيار المار في دائرة يولد مجالا مغناطيسيا متغيرا يعمل على توليد قوة محركة كهربائية مستحثة *EMF* في دائرة مجاورة.

N

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.

قصر النظر: عيبٌ في الإبصار يجعل الشخص لا يستطيع أن يرى الأجسام البعيدة بوضوح بسبب تركُّز الصور أمام شبكية العين، ويُسمّى أيضًا الحَسَر ويمكن تصحيحه باستخدام عدسة مقعّرة.

net force: The vector sum of all the forces on an object.

القوة المحصّلة (محصّلة القوى): حاصل جمع متجهات كل القوى المؤثرة في جسم ما.

neutral: An object whose positive charges are exactly balanced by its negative charges.

متعادل: جسم تتعادل شحناته الموجبة مع شحناته السالبة تمامًا.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح والتأليف الطبع حقوق © محفوظة

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.

القانون الأول لنيوتن: الجسم الساكن يبقى ساكنا والجسم المتحرك يبقى متحركا في خط مستقيم وبسرعة ثابتة اذا كانت محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفرا.

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.

القانون الثاني لنيوتن: عجلة (تسارع) حركة جسم ما تتناسب طرديًا مع محصلة القوى المؤثرة فيه وعكسيًا مع كتلته.

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.

القانون الثاني لنيوتن للحركة الدائرية: العجلة الزاوية لجسم ما تتناسب طرديًا مع محصلة عزم الدوران (القوة) المؤثر فيه و عكسيًا مع عزم القصور الذاتي للجسم.

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.

قانون الثالث لنيوتن: جميع القوى تكون على شكل أزواج وقوتا كل زوج تؤثران في جسمين مختلفين وهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

node: The stationary point where two equal wave pulses meet and are in the same location, having a displacement of zero.

عُقْدَة: نقطة ساكنة تتقابل عليها موجيتان متساويتان ويقعان في الموقع نفسه. ومقدار الإزاحة المحصلة لهما يساوي صفرًا.

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.

العمود المقام: خط عمودي في مخطط النموذج الاشعاعي يرسم على السطح العاكس أو الحد الفاصل بين وسطين.

normal force: The perpendicular contact force exerted by a surface on an object.

القوة المتعامدة: القوة التي يؤثر فيها السطح باتجاه عمودي على الجسم الملامس له.

nuclear reaction: Occurs when the energy or number of neutrons or protons in a nucleus changes.

تفاعل نووي: تفاعل يحدث فيه تغير في الطاقة أو في عدد البروتونات والنيوترونات في أنوية الذرات.

nucleon: A particle found in the nucleus of an atom; that is, a proton or a neutron.

نويّة: جسيم موجود في نواة الذرة؛ يُسمّى. بروتون أو نيوترون.

nucleus: The tiny, massive, positively charged central core of an atom.

نواة: جزء الذرة المركزي الصغير والثقيل الوزن الذي يحمل شحنات موجبة.

O

object: A luminous or illuminated source of light rays.

جسم: مصدر مضيء أو مستضاء بالأشعة الضوئية.

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.

مُعتِم: خاصية من خواص الوَسَط تسمح لهذا الوَسَط بامتصاص الضوء وعكس جزء ضئيل منه بدلاً من نقله، مما يمنع رؤية الأجسام بوضوح من خلاله.

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.

الرنين في أنبوب مفتوح الطرفين: أنبوب رنين مزوّد بنهايتين مفتوحتين يُصدِر رنينًا مع مصدر الصوت. وترددات الرنين بداخله هي مضاعفات الأعداد الصحيحة لتردد الأساسي للصوت الصادر.

McGraw-Hill Education مؤسسة محفوظة لصالح © حقوق الطبع والتأليف

origin: The point at which both variables in a coordinate system have the value zero.

نقطة المرجع: نقط في النظام الاحدائي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين تساوي صفرا.

P

pair production: The conversion of energy into a matter-antimatter pair of particles.

انتاج 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 مساويًا 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 خلالهما.

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 N/m^2.

باسكال: وحدة قياس الضغط في النظام الدولي للوحدات، وتساوي 1 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 الى 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 تعرّضها 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: كمة منفصلة من الإشعاع الكهرومغناطيسي تتحرك بسرعة الضوءولها 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 ضغطية: خاصية من خواص البلورات تتسبّب في ثنيها أو تشويهها. وتنتج ذبذبات كهربائية، عند تأثير جهد كهربي 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.

McGraw-Hill Education مؤسسة محفوظة لصالح © حقوق الطبع والتأليف

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.

مرآة مستوية: سطح مستو وأملس ينعكس عنه الضوء عن طريق الانعكاس المباشر. وينتج صورة تقديرية بنفس حجم واتجاه الجسم، وبنفس المسافة من المرآة والمحددة للجسم.

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.

بلازما: حالة سائلة للمادة مشابهة للحالة الغازية تتكوّن من إلكترونات تحمل شحنات سالبة وأيونات تحمل شحنات موجبة ويمكنها توصيل شحنات كهربائية؛ وتُشكِّل معظم المواد في الكون، مثل النجوم.

polarization: Production of light with a specific pattern of oscillation.

استقطاب: تتذبذب موجات الضوء في نمط واحد فقط.

polarized: The characteristic of magnets that they have two opposite ends called poles.

مغنطة: خاصية من خواص المغناطيس، الذي يكون له طرفان مختلفان يُطلق عليهما الأقطاب.

position: The distance and direction from the origin to an object.

موقع: بعد الجسم واتجاهه من نقطة الأصل.

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.

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.

potential energy: Stored energy due to the interactions between objects in a system.

طاقة الوضع: طاقة مخزّنة بسبب التفاعلات القائمة بين الأجسام في نظام ما.

power: The rate at which energy is transformed.

القدرة: المعدل الزمني لنقل الطاقة و تساوي الشغل المبذول خلال وحدة الزمن.

precision: A characteristic of a measured value describing the degree of exactness of a measurement.

دقة: خاصية من خصائص الكمية الفيزيائية المقيسة التي تصف درجة تقارب القياس الذي حصل عليه في التجريب مع القيمة الحقيقية له.

pressure: The perpendicular component of a force on a surface divided by the surface's area.

ضغط: القوة المؤثرة عموديا على السطح مقسومة على مساحة السطح.

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.

لون أساسي: الضوء الأحمر والأخضر والأزرق. يمكن دمجها لتكوين ضوء أبيض وتُمزَج في أزواج لتكوين الألوان الثانوية الأصفر والازرق الفاتح والأحمر المزرق.

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.

صبغة أساسية: وتشمل الازرق الفاتح والأحمر المزرق 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.

principal axis: A straight line perpendicular to the surface of a mirror or lens that divides the mirror or lens in half.

محور أساسي: خط مستقيم عمودي على سطح مرآة أو عدسة يقسّم المرآة أو العدسة نصفين.

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.

عدد الكَم الرئيس: عدد صحيح (n) يحدد القيم المكماة لنصف القطر والطاقة للالكترون ذرة الهيدروجين.

McGraw-Hill Education مؤسسة محفوظة لصالح © حقوق الطبع والتأليف

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.

مبدأ التراكب: ينص على أن إزاحة الوَسَط الناتجة عن موجتين أو أكثر تمثل حاصل الجمع الجبري لإزاحات الموجات الفردية.

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.

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.

Q

quadratic relationship: A parabolic relationship that results when one variable depends on the square of another variable.

علاقة تربيعية: علاقة يتغير فيها المتغير التابع بطريقة أسية للقوة 2 مع المتغير المستقل.

quantized: The property of energy that it exists only in bundles of specific amounts.

الكم: خاصية من خواص الطاقة توجد فقط

.

quantum mechanics: The study of the properties of matter using its wave properties.

ميكانيكا الكَم: دراسة خصائص المادة باستخدام خصائص موجاتها.

quantum model: A model of the atom that predicts only the probability that an electron is in a specific region.

نموذج الكَم: نموذج للذرة يتنبأ فقط بالاحتمال وجود إلكترون ما في منطقة معينة.

quark: A tiny elementary particle that forms mass and can combine with other quarks to form larger particle such as protons, neutrons, and pions.

كوارك: جسيم صغير أولي يشكّل الكتلة ويمكنه الاندماج مع غيره من الكواركات لتكوين جسيم أكبر كالبروتونات والنيوترونات والبايونات.

R

radian: $\frac{1}{2}\pi$ of a revolution; abbreviated rad.

الراديان: π زاوية تحصر قواسا طوله يساوي نصف قطر الدائرة. ويعادل بالدرجات 57.3.

radiation: The thermal transfer of energy by electromagnetic waves.

إشعاع: انتقال حراري للطاقة عبر الموجات الكهرومغناطيسية.

radioactive: Materials with nuclei that emit particles and energy.

مواد مشعة: مواد أنويتها تنبعث منها الجسيمات والطاقة.

ray: A line drawn at a right angle to a wavefront; represents the direction of wave travel.

شعاع: خط مستقيم عمودي على مقدمة الموجة؛ ويمثل اتجاه انتقال الموجة.

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.

معيار 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.

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.

نموذج شعاع الضوء: نموذج يُمثل الضوء على هيئة شعاع ينتقل في مسار مستقيم. يمكن تغيير اتجاهه فقط عند الاصطدام بحد ما.

real image: An optical image that is formed by the converging of light rays.

صورة حقيقية: صورة بصرية تتكوّن عن طريق تقارب أشعة الضوء.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

receiver: A device that converts oscillating potential differences in an antenna to sound, pictures, or data.

جهاز استقبال: جهاز يُحوّل فرق الجهد المتذبذب في هوائي إلى أصوات أو صور أو بيانات.

reference frame: A coordinate system from which motion is viewed.

إطار مرجعي: نظام إحداثي يمكن ملاحظة الحركة من خلاله.

reference level: The position where gravitational potential energy is defined as zero.

مستوى مرجعي: موقع تساوي طاقة الوضع الجذبية فيه صفرًا.

reflected wave: A returning wave that results from some of the energy of the incident wave's pulse being reflected backward.

موجة منعكسة: موجة مرتدة عن حاجز تحمل معها الطاقة من الموجة الساقطة.

refraction: The change in direction of waves at the boundary between two different mediums.

ظاهرة الانكسار: تغيير في اتجاه انتشار الموجات أو وطولها الموجي او كليهما عند الحد الفاصل بين وسَطين مختلفين.

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.

المقاومة الكهربائية: مقدرة المادة على اعاقة تدفق الشحنات الكهربائية التي ينتجها فرق الجهد؛ وتساوي فرق الجهد مقسومًا على شدة التيار.

resistance force: The force exerted by a machine.

قوة المقاومة: القوة التي تبذلها آلة ما.

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.

مقاوم: جهاز مزوّد بمقاومة معينة. قد يكون مصنوعًا من أسلاك طويلة ورفيعة أو الكربون اللين أو أشباه الموصلات. ويُستخدَم غالبًا في التحكم في التيار المار في الدوائر الكهربائية أو أجزاء من الدوائر الكهربائية.

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.

رنين: حالة مميّز للحركة الدورية يحدث عندما تؤثر قوى صغيرة في فترات منتظمة على جسم متذبذب أو مهتز وتكون سعة الاهتزاز في ازدياد.

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.

محصِّلة: متجه يمثل حاصل جمع متجهين أو أكثر؛ يبدأ دائمًا من ذيل المتجه الأول وصولاً إلى رأس المتجه الأخير.

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.

طاقة حركية دورانية: الطاقة الحركية لنظام ما بسبب حركته الدورانية، وتتناسب طرديا مع عزم القصور الذاتي في النظام ومربع سرعته الزاويّة.

S

scalar: A quantity, such as temperature or distance, that is just a number without any direction.

كمية غير متجهة (قياسية): كمية، كدرجة حرارة أو مسافة على سبيل المثال. تُمثل عددًا دون أي اتجاه.

scientific law: A statement about what happens in nature and seems to be true all the time.

قانون علمي: تصريح يتناول ما يحدث في الطبيعة ويبدو حقيقيًا دائما.

scientific methods: The patterns of investigation procedures.

طرق علمية: أنماط من إجراءات الاستقصاء تعتمد على الملاحظة ووضع الفرضية واختبارها والوصول للنتائج وتعميمها.

McGraw-Hill Education مؤسسة محفوظة لصالح © حقوق الطبع والتأليف

scientific theory: An explanation of things or events based on knowledge gained from many observations and investigations.

نظرية علمية: تفسير الأشياء أو الأحداث استنادًا إلى المعرفة المكتسبة من عدة ملاحظات وتحقيقات.

secondary color: Yellow, cyan, and magenta, each of which is produced by combining two primary colors.

لون ثانوي: الأصفر ووالأزرق الفاتح و الأحمر المزرق. يتكوّن كل لون منها بدمج لونين أساسيين.

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.

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 المزرق (الفوشي) والصفراء.

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.

القانون الثاني للديناميكا الحرارية: ينص على أنه عندما توجد فرصة لتشتّت الطاقة، فإن الطاقة تنتشر دائمًا، وينص على أن العمليات الطبيعية تتم بشكل يؤدي إلى الحفاظ على إجمالي قيمة الإنتروبي في الكون أو زيادة قيمته.

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.

حَثّ ذاتي: عملية توليد قوة محركة كهربائية مستحثة *EMF* في دائرة مغلقة تتغير فيها شدة التيار.

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.

شبه الموصل: مادة تسلك كالموصل تحت ظروف معينة وكالعازل في ظروف أخرى، ويمكن استخدامها لتصنيع الأدوات الإلكترونية لمواد الحالة الصلبة.

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.

دائرة التوالي: نوعٌ من الدوائر الكهربائية يسري به مسار تيار فيها التيار عبر مسار واحد عبر كل جهاز.

series connection: A type of connection in which there is only a single current path.

توصيل على التوالي: أحد أنواع التوصيلات يكون فيه مسار واحد فقط لمرور التيار.

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.

دائرة القصر: تحدث عند تكوين دائرة كهربائية تكون مقاومتها منخفضة جدًا، مما يتسبب في توليد تيار عالٍ جدًا قد يؤدي إلى احتراق الأسلاك.

significant figures: All the valid digits in a measurement, the number of which indicates the measurement's precision.

أرقام معنوية: جميع الارقام التي تدل على قياس كمية ما متضمنة رقما تقديريا في الخانة الأخيرة وتدل على مدى ضبط القياس.

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.

حركة توافقية بسيطة: حركة اهتزازية تتناسب فيها قوة الارجاع طرديا مع إزاحة الجسم عن موضع الاتزان *SHM*.

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.

بندول بسيط: جهاز يستطيع أن يوضح الحركة التوافقية البسيطة عند شد ثقل البندول (كرة او وزن ضخم). معلّق بخيط أو حبل خفيف، إلى أحد الجانبين ثم إطلاقه، مما يتسبّب في تحركه ذهابًا وإيابًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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.

ملف لولبي: سلك طويل ملفوف حلزونيًا، به عدد كبير من اللفات، يتم توصيله بدائرة كهربائية بحيث المجال المغناطيسي الناشيء من كل لفة يضاف الى اللفات الأخرى، وهذا من شأنه زيادة إجمالي شدة المجال.

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).

مستوى الصوت: مقياس لوغاريتمي يقيس شدة الصوت، ويعتمد على نسبة شدة موجة صوتية معينة إلى شدة الصوت الخافت جدًا. ووحدة قياس الصوت هي ديسيبل (dB).

sound wave: A pressure variation transmitted through matter as a longitudinal wave; it reflects and interferes and has frequency, wavelength, speed, and amplitude.

موجة صوتية: تباين الضغط المنقول خلال وسـط مادي كمَوْجة طوليّة يحدث لها انعكاس وتداخل ولها تردد وطول موجي وسرعة وسعة.

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.

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 كلفن (J/kg·K).

specular reflection: A reflection produced by a smooth surface in which parallel light rays are reflected in parallel.

انعكاس منتظم: انعكاسٌ ينتج عن سطح مصقول تنعكس عليه كل الأشعة الضوئية المتوازية بصورة متوازية.

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.

زيغ كروي: ظاهرةٌ ضوئيةٌ تنتجُ عن اختلافِ مقدرةِ المرآةِ أو العدسة على تجميعِ الأشعّةِ البعيدةِ عن المحورِ الأساسيّ في نقطةٍ واحدة فتتكون للجسم صورة غير واضحة.

Standard Model: A model of matter in which all elementary particles can be grouped into three families—quarks, leptons, and force carriers.

النموذج المعياري للمادة: نموذج المادة الذي يتم تصنيف كل الجسيمات الأولية فيه إلى ثلاث مجموعات: الكواركات واللبتونات وحاملات القوة.

standing wave: A wave that appears to be standing still, produced by the interference of two traveling waves moving in opposite directions.

موجة مستقرة: الموجة التي تبدو مستقرة وساكنة، وتنتج من تداخل موجتين متماثلتين تتحركان في اتجاهين معاكسين.

static friction: The force exerted on one surface by a second surface when there is no motion between the two surfaces.

قوة الاحتكاك السكوني: القوة التي يبذلها أحد السطحين على السطح الأخر في حالة انعدام الحركة بين السطحين.

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.

محول خافض للجهد: نوعٌ من المحوّلات يكون فيه الجهد الخارج من المحول أقل من الجهد الداخل في المحول.

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.

محول رافع للجهد: نوعٌ المحولات يكون فيه الجهد الخارج من المحول أكبر من الجهد الداخل في المحول.

McGraw-Hill Education مؤسسة محفوظة لصالح © حقوق الطبع والتأليف

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.

انبعاث مستحث: عملية تحدث عندم 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.

streamlines: Lines representing the flow of fluids around objects.

خطوط الانسياب: الخطوط التي تمثل تدفق السوائل حول الأجسام.

strong nuclear force: An attractive force between nucleons that binds the nucleus together; is of the same strength between all nucleon pairs.

قوة نووية شديدة: قوة التجاذب التي تربط النويات معًا داخل النواة، وهي نفس القوة بين كل أزواج النويات.

superconductor: A material with zero resistance that can conduct electricity without thermal energy transformations.

موصل فائق: مادة بدون مقاومة يمكنها توصيل الكهرباء دون تحولات الطاقة الحرارية.

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.

موجة سطحية: اضطراب تُحدِثه جسيمات الوَسَط باتباع مسار دائري مواز لاتجاه انتقال الموجة في بعض الأحيان وعمودي عليه في أحيانٍ أخرى.

system: Object or objects of interest that can interact with each other and the external world.

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.

شد: قوة يبذلها حبل أو خيط.

terminal velocity: The constant velocity of an object that is reached when the drag force equals the force of gravity.

السرعة الحدية: سرعة الجسم الثابتة التي يتم الوصول إليها عندما تساوي قوة السحب قوة الجاذبية.

thermal conduction: The transfer of thermal energy when particles collide.

توصيل حراري: انتقال الطاقة الحرارية بين الجزيئات عن طريق التصادم.

thermal energy: The sum of the kinetic energies and potential energies of the particles in a system.

طاقة حرارية: مجموع طاقات الحركة وطاقات الوضع للجزئيات في نظام معين.

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.

اتزان حراري: حالة تتساوى فيها معدلات انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين وتكون درجة حرارة الجسمين متساوية.

thermal expansion: A property of all forms of matter that causes the matter to expand, becoming less dense, when heated.

تمدد حراري: خاصية لكل أشكال المادة تجعل المادة تتمدد وتصبح أقل كثافة عند تسخينها.

thin-film interference: A phenomenon in which light waves reflect from separate boundaries of a thin film and experience constructive and destructive interference.

تداخل في الأغشية الرقيقة: ظاهرة تنعكس فيها الموجات الضوئية من حدود منفصلة لغشاء رقيق وتمر بتداخل بنّاء وهدّام.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح والتأليف © محفوظة حقوق الطبع

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.

معادلة العدسة الرقيقة: معكوس البُعد البؤري لعَدَسة كروية يساوي مجموع معكوس موقع الصورة ومعكوس موقع الجسم.

threshold frequency: The certain minimum value at or above which the frequency of incident radiation causes the ejection of electrons from a metal.

تردّد العتبة: أقل قيمة يتسبب تردد الإشعاع الساقط في تحرير الإلكترونات من فلز ما.

time interval: The difference between two times.

الفترة الزمنية: الفرق بين زمنين.

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.

عزم القوة: كمية فيزيائية تمثل مدى فاعلية القوة في تدوير الأجسام وتساوي حاصل ضرب القوة في ذراع القوة.

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.

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.

trajectory: The path of a projectile through space.

مسار المقذوف: المسار الذي تسلكه قذيفة خلال الفضاء.

transformer: A device that can decrease or increase the voltages in AC circuits with relatively little energy loss.

المحول الكهربائي: جهاز يعمل على رفع أو خفض فرق الجهد الكهربائي في دوائر التيار المتردد *AC*

transistor: A simple device made of doped semiconducting material that can act as an amplifier, converting a weak signal to a much stronger one.

ترانزستور: جهاز بسيط مصنوع من مادة شبه موصلة مُطعمة، ويقوم بدور المُضخِّم حيث يحوّل الإشارة الضعيفة إلى إشارة أقوى بكثير.

translational kinetic energy: The energy of a system due to the system's change in position.

طاقة حركية انتقالية: طاقة نظام معين نتيجة لحركة النظام.

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.

نصف شفاف: خاصية من خواص الوَسَط تسمح له بنقل الضوء وعكس جزءٍ ضئيل منه، مما يمنع رؤية الأجسام بوضوح من خلاله.

transmitter: a circuit that converts voice, music, pictures, or data to electronic signals, amplifies the signals, and then sends them to an antenna

جهاز إرسال: جهاز يحول الصوت أو الموسيقى أو الصور أو البيانات إلى إشاراتٍ إلكترونية وتضخّم الإشارات ثم ترسلها إلى هوائي

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.

شفافية: خاصية من خواص الوسيط تسمح لهذا الوَسَط بنقل الضوء وعكس جزء ضئيل منه، مما يسمح برؤية الأجسام بوضوح من خلاله.

transverse wave: A wave that vibrates perpendicular to the direction of the wave's travel.

موجة مستعرضة: موجة تهتز عموديًا على اتجاه انتقال الموجة.

trough (TROF): The low point of a transverse wave.

قاع: أقل نقطة في الموجة المستعرضة.

McGraw-Hill Education مؤسسة محفوظة لصالح © والتأليف الطبع حقوق

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 تقديرية: 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.

الفولت: وحدة فرق الجهد الكهربائي، وتساوي جولاً واحدًا 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، وكثيرًا ما تُستخدَم 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 واحدًا (1 J) من الطاقة لكل ثاني (1 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 يكرّر نمط الموجة نفسه، مثل المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين.

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 (β) 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.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © والتأليف الطبع حقوق

weight: The gravitational force experienced by an object.

وزن الجسم: قوة الجاذبية المؤثرة في الجسم.

weightlessness: An object's apparent weight of zero that results when there are no contact forces supporting the object.

انعدام الوزن: حالة يكون فيها الوزن الظاهري للجسم صفرًا، وتنتج عندما لا توجد قوى تلامس تدعم هذا الجسم.

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.

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.

work-energy theorem: States that when work is done on a system, a change in energy occurs.

نظرية الشغل والطاقة: الشغل المبذول على نظام يساوي التغير في طاقة النظام.

work function: The energy required to free the most weakly bound electron from a metal; measured by the threshold frequency in the photoelectric effect.

دالة الشغل للفلز: الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطًا من فلز معين، وتقاس بتردد العتبة للفلز في ظاهرة التأثير الكهروضوئي.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © والتأليف الطبع حقوق

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/ ZUMApress/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/Mc-Graw-Hill Education; 237 Richard Hutchings/Digital Light Source; 241 Nutscode/Photo Researchers; 243 Andreas Kuehn/Getty Images; 246 Philip Coblentz/age fotostock; 249 (tl)Gina Vescovi/Shutterstock.com, (tr)Martin Poole/Getty Images, (bl)Ingram Publishing/Alamy, (br) Photodisc/Getty Images; 251 XX-LPhoto/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.