McGraw-Hill Education

الفيزياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للصف 9 المتقدّم

مجلد 1

Mc Graw Hill Education

Project: McGraw-Hill Education United Arab Emirates Edition Advanced Science Grade 9 Year 3 Vol 1 Student Edition – Physics
All Chapters from Glencoe Physics: Principles & Problems, Student Edition ©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: 978-1-52-686746-9 (نسخة الطالب)
MHID: 1-52-686746-X (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-52-686747-6 (نسخة المعلم)
MHID: 1-52-686747-8 (نسخة المعلم)

النسخة الإلكترونية

رقم النشر الدولي: 978-1-52-686751-3 (نسخة الطالب)
MHID: 1-52-686751-6 (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-52-686752-0 (نسخة المعلم)
MHID: 1-52-686752-4 (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 التزوّد بالعلوم الحديثة والمعارف 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 Glencoe Physics: Principles & Problems, Student Edition © 2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

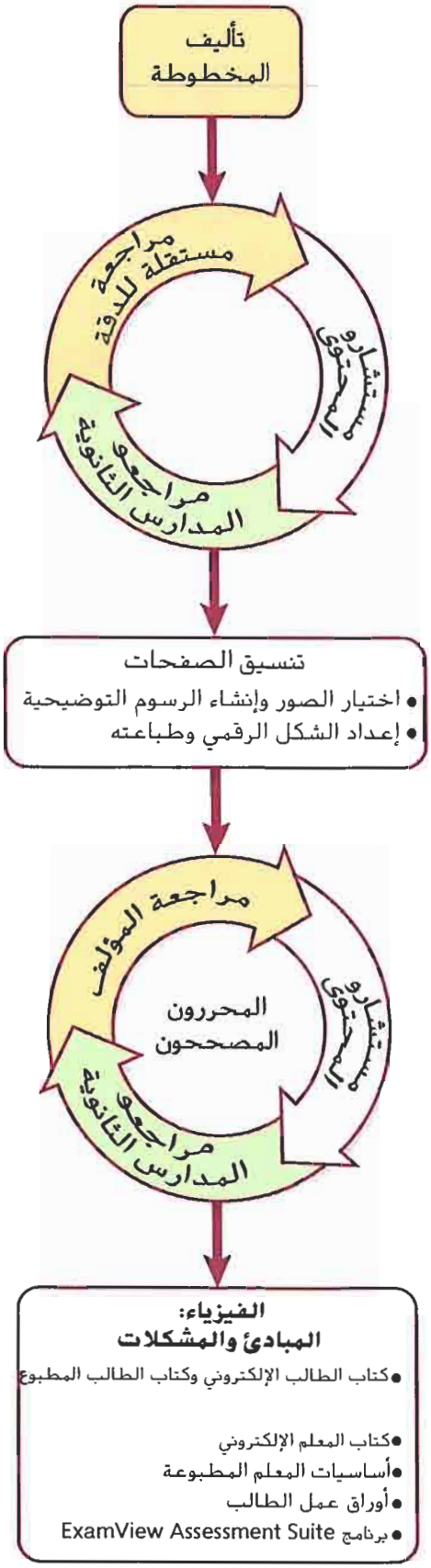
عملية التطوير

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، يُراجَع 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 بيانيًا 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

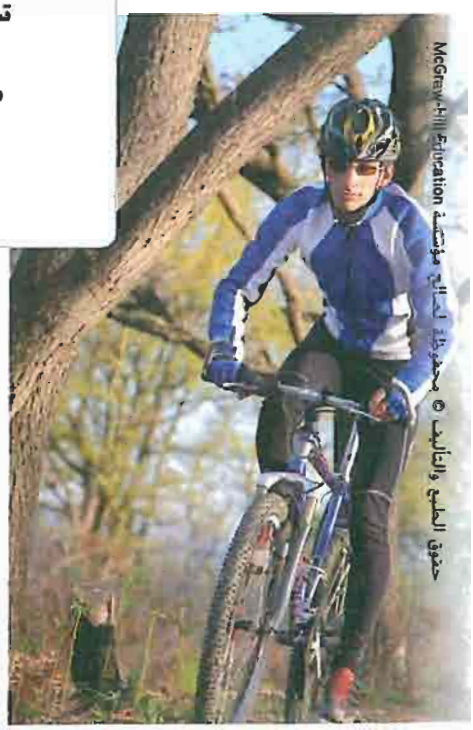
تجربة استهلالية سباق السيارات اللعبة
تجارب مصغرة نماذج للمتجهات
متجهات السرعة المتجهة
مختبر الفيزياء مخططات الحركة
السرعة الثابتة
قياس السرعة المتجهة

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 الثالث لنيوتن 106

الحدود في الفيزياء أسرع من الصوت 112

تجربة استهلالية القوى في اتجاهين متضادين

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

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

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

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

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 .....

القسم 1 الشغل والطاقة .....

القسم 2 الآلات .....

نظرة عن كثب الأطراف الاصطناعية .....

تجربة استهلالية **الطاقة والسقوط**

تجارب مصغرة قوة مؤثرة بزاوية

العجلة والمحور

مختبر الفيزياء صعود السلالم والقدرة

الرفع باستخدام البكرات

الوحدة 9

الطاقة الحرارية .....

القسم 1 درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية .....

القسم 2 تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية .....

قلم العمل النماذج الفيزيائية وديناميكية المشاة .....

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

القسم 1 خصائص الموائع
القسم 2 القوى داخل السوائل
القسم 3 الموائع في حالات السكون والحركة
القسم 4 الأجسام الصلبة
كيف تعمل المسار المنحني القواعد!

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

موارد الطالب

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 في الحياة اليومية

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.

في أجزاء متفرقة من الكتاب، يوضح قسم

الفيزياء في الحياة اليومية

كيف تنطبق الفيزياء التي تدرسها على العالم من حولك.

الفيزياء من الحياة اليومية

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 موضوعات 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

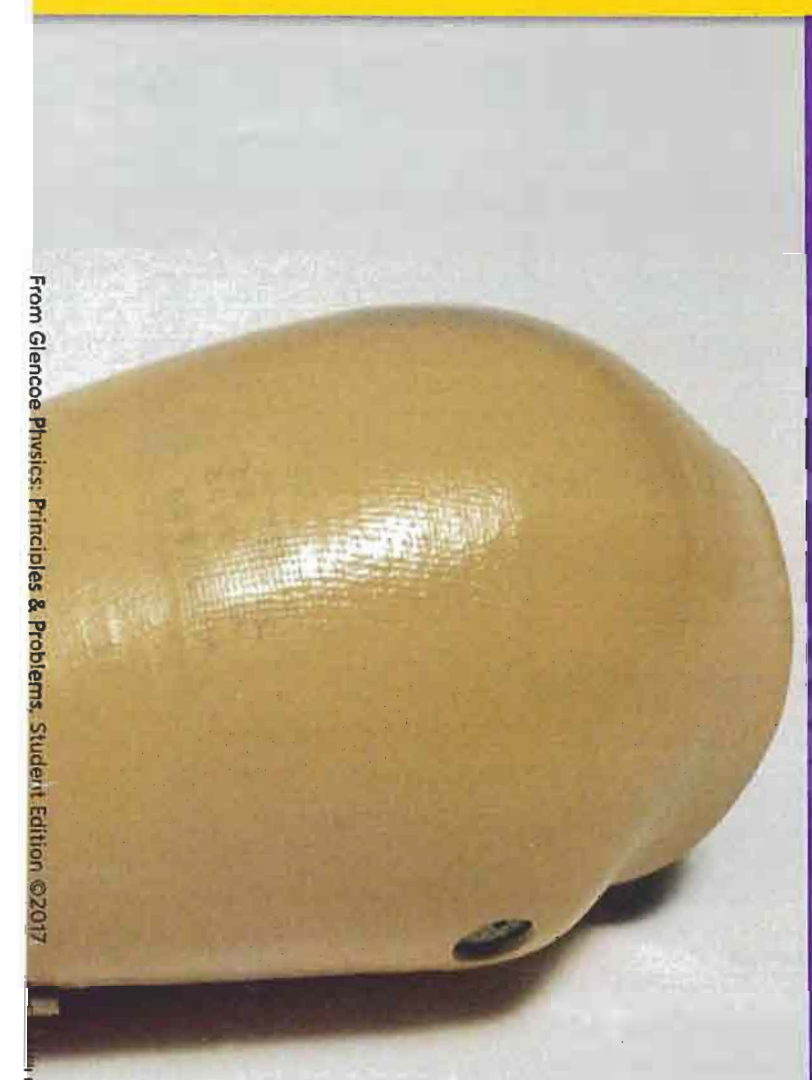
استكشف الفيزياء في الأجسام أو الظواهر الطبيعية التي نشاهدها كل يوم عن طريق اكتشاف "طريقة حدوثها".

McGraw-Hill حقوق الطبع والنشر

الوحدة 1

مدخل إلى علم الفيزياء

الفكرة الرئيسة يستخدم علماء الفيزياء المنهج العلمي لدراسة الطاقة والمادة.



الأقسام

1 المنهج العلمي

2 الرياضيات والفيزياء

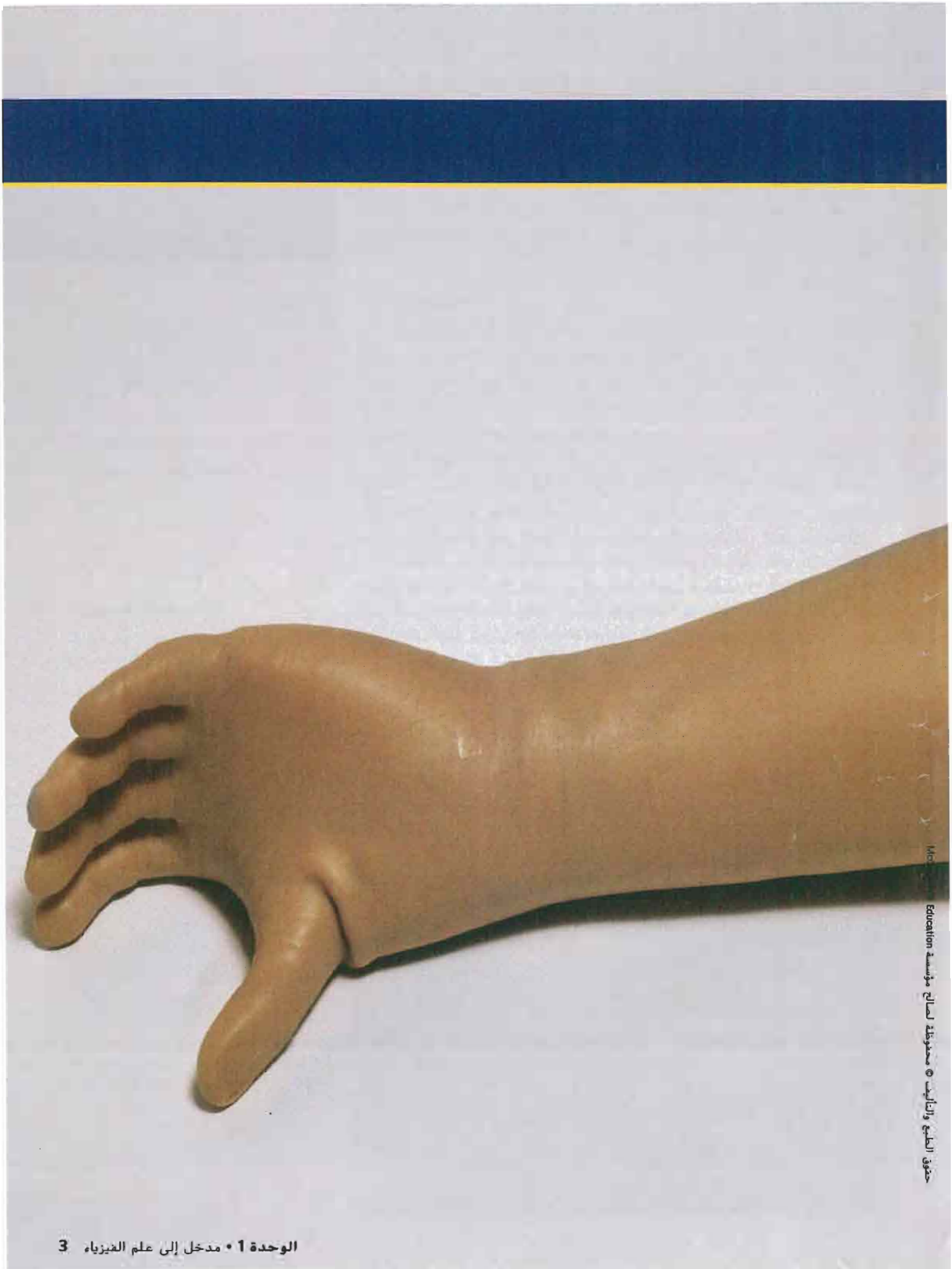
3 القياس

4 تمثيل البيانات بيانيًّا

تجربة استهلالية

الكتلة والأجسام الساقطة
هل تؤثر كتلة الجسم في معدل سقوطه؟

From Glencoe Physics: Principles & Problems, Student Edition ©2017



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Education

القسم 1

المنهج العلمي

الفكرة الرئيسة

لا تتبع التحقيقات العلمية الخطوات نفسها على الدوام، لكنها تنطوي على طرق متشابهة.

الأسئلة الرئيسة

- ما خصائص المنهج العلمي؟
- لمَ يستخدم العلماء النماذج؟
- ما الفرق بين النظرية العلمية والقانون العلمي؟
- اذكر بعض قيود العِلم.

مراجعة المفردات

الضابط هو المعيار الذي تقارَن نتائج الاختبارات في التجربة وفقًا له.

مفردات جديدة

الفيزياء	physics
المنهج العلمي	scientific methods
الفرضية	hypothesis
النموذج	model
النظرية العلمية	scientific theory
القانون العلمي	scientific law

الفيزياء في حياتك

تخيل شكل العالم إذا كنا لا نزال نعتقد أن الأرض مسطحة أو إذا لم تكن بيوتنا تحتوي على أنابيب المياه والصرف أو الكهرباء. إن العِلم يساعدنا على اكتشاف العالم الطبيعي وتحسين حياتنا.

ما الفيزياء؟

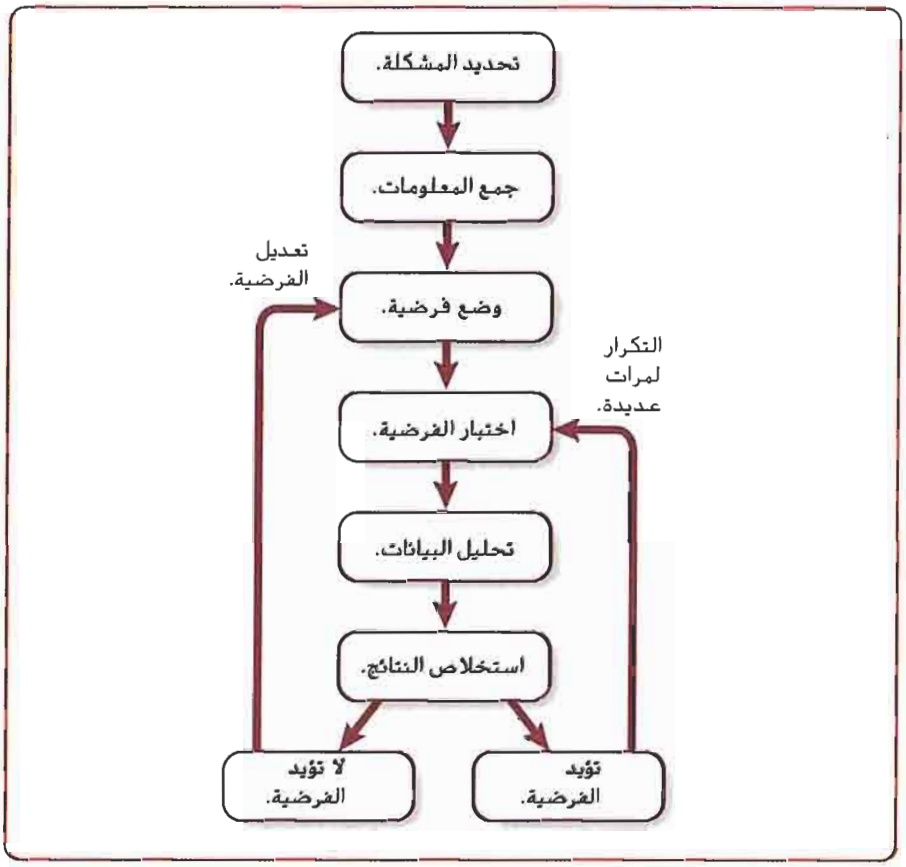
لا يقتصر العلم على كونه مادة ندرسها في المدرسة. بل هو طريقة لدراسة العالم الطبيعي. فكلمة science (العلم) مأخوذة من اللفظة اللاتينية scientia وتعني "المعرفة". والعلم عملية تقوم على الاستقصاء الذي يساعدنا على وضع تفسيرات للأحداث التي تجري في الطبيعة. **والفيزياء** فرع من فروع العلم يُعنى بدراسة العالم الطبيعي: الطاقة والمادة وطريقة ارتباطهما.

وعندما ترى كلمة فيزياء قد تتبادر إلى ذهنك شكل سبورة مليئة بالصيغ ومسائل الرياضيات من قبيل: $E = mc^2$, $I = \frac{V}{R}$, $x = \left(\frac{1}{2}\right)at^2 + v_0t + x_0$ وربما تتخيل بعض العلماء يرتدون معاطف المختبر البيضاء، أو تخطر ببالك صور بعض علماء الفيزياء المشهورين من أمثال ماري كوري أو ألبرت أينشتين. وقد تفكر في الكثير من وسائل التكنولوجيا الحديثة التي تم تطويرها باستخدام علم الفيزياء، مثل الأقمار الصناعية الخاصة باستطلاع الأحوال الجوية أو أجهزة الكمبيوتر المحمول أو الليزر. كما يدرس علماء الفيزياء حركة الإلكترونات والصواريخ، والطاقة في الموجات الصوتية وفي الدوائر الكهربائية، وكذلك تركيب المادة بدءًا بالبروتون وانتهاءً بالكون. والهدف من دراسة هذا الكتاب هو مساعدتك على فهم العالم الطبيعي من حولك.

يعمل دارسو الفيزياء في مهن عديدة ومختلفة. فبعضهم يعمل باحثًا في الجامعات والكليات أو في المصانع ومراكز الأبحاث. والبعض الآخر يعمل في المجالات الأخرى المرتبطة بعلم الفيزياء، ومنها الهندسة وعلوم الكمبيوتر والتدريس والطب وعلم الفلك، كما يظهر في **الشكل 1**. وهناك آخرون يستخدمون مهارات حل المشكلات الفيزيائية للعمل في القطاع المالي أو قطاع الإنشاءات أو في شتى المجالات الأخرى. وخلال السنوات الخمسين الأخيرة، أسفر البحث في الفيزياء عن ابتكار الكثير من الوسائل التكنولوجية الجديدة، مثل الاتصالات عبر الأقمار الصناعية والماسحات الدقيقة عالية السرعة المستخدمة في الكشف عن الأمراض.

الشكل 1 يعمل علماء الفيزياء في مهن متنوعة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 2 تمثل سلسلة الإجراءات الموضحة في هذا الشكل أحد أساليب استخدام المنهج العلمي لحل مشكلة ما.

المنهج العلمي

لا يتبع العلماء دائمًا مجموعة ثابتة من الخطوات، لكن غالبًا ما تتبع التحقيقات التي يقومون بها أنماطًا متشابهة. وتسمى هذه الأنماط المتبعة في إجراءات التحقيق **المنهج العلمي**. ويوضح **الشكل 2** الخطوات العامة المستخدمة في المنهج العلمي. وحسب كل تحقيق على حدة، يمكن للعالِم أن يضيف خطوات جديدة أو يكرر بعض الخطوات أو يستغني عن بعضها تمامًا.

تحديد المشكلة عندما تبدأ تحقيقًا، ينبغي أن تحدد ما ستحقق فيه. وتبدأ الكثير من التحقيقات عندما يلاحظ أحد الأشخاص حدثًا طبيعيًا ويتساءل لماذا يحدث أو كيف يحدث. إن السؤال "لماذا" أو "كيف" هو ما يحدد المشكلة.

وقديمًا طرح العلماء هذه الأسئلة: لماذا تسقط الأجسام إلى الأرض؟ وما السبب في حدوث الليل والنهار؟ وكيف نولّد الكهرباء لنستخدمها في أنشطتنا اليومية؟ وفي كثير من الأحيان يظهر تحديد المشكلة بعد أن ينتهي أحد التحقيقات وتثير نتائجه أسئلة جديدة. على سبيل المثال، بعد أن فهم العلماء السبب في حدوث الليل والنهار، أرادوا أن يعرفوا السبب في دوران الأرض حول محورها.

وفي بعض الأحيان يظهر سؤال جديد أثناء التحقيق. في أربعينيات القرن الماضي، كان الباحث بيرسي سبنسر يحاول الإجابة عن السؤال الذي يدور حول كيفية الإنتاج الضخم لأنابيب ماغنترون المستخدمة في أجهزة الرادار. وعندما وقف أمام أنابيب ماغنترون وهي قيد التشغيل، والتي تصدر موجات ميكروية، انصهرت قطعة حلوى كان يحتفظ بها في جيبه. وعندها ظهر سؤال جديد عن كيفية استخدام المغنترون في طهو الطعام.

البحث وجمع المعلومات قبل البدء في إجراء تحقيق، من المفيد أن نبحث في ما تم التوصل إليه بالفعل بشأن المشكلة. فإجراء الملاحظات والتفسيرات ودراستها من قِبل المصادر الموثوقة يساهم في ضبط السؤال وصياغته في شكل فرضية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وضع فرضية واختبارها الفرضية هي تفسير محتمل لمشكلة ما استنادًا إلى ما تعرفه وما لاحظته. ويمكن اختبار الفرضيات العلمية من خلال التجريب والملاحظة. وفي بعض الأحيان، ينتظر العلماء تطوير وسائل تكنولوجية جديدة حتى يتمكنوا من اختبار فرضية ما. على سبيل المثال، ظهرت أولى الفرضيات القائلة بوجود الذرات قبل أكثر من 2300 عام. لكن الوسائل التكنولوجية المطلوبة لاختبار هذه الفرضيات لم تكن متوفرة طوال هذه القرون.

بعض الفرضيات يمكن اختبارها بالملاحظات. وبعضها يمكن اختباره عن طريق بناء نماذج وربطها بمواقف من الحياة اليومية. ومن الطرق الشائعة لاختبار الفرضيات إجراء تجربة. فالتجربة تختبر تأثير شيء في آخر باستخدام ضابط. ولكن في بعض الأحيان يتعذر إجراء التجارب؛ وفي هذه الحالات، تصبح التحقيقات ذات طبيعة وصفية. على سبيل المثال، لا يستطيع علماء الفيزياء إجراء التجارب في الفضاء. لكنهم يستطيعون جمع بيانات قيّمة وتحليلها كي يساعدونا على معرفة المزيد عما يقع به من أحداث.

تحليل البيانات من الأجزاء المهمة في كل تحقيق تسجيل الملاحظات وتنظيم البيانات في جداول ورسومات بيانية تسهل قراءتها. وستدرس في أجزاء لاحقة من هذه الوحدة طرق عرض البيانات. وعند إجراء الملاحظات وتسجيلها، ينبغي تسجيل جميع النتائج، حتى النتائج غير المتوقعة. فقد أدت النتائج غير المتوقعة إلى الكثير من الاكتشافات المهمة.

تستند النتائج العلمية إلى الملاحظات العلمية. ولا بد من الأخذ في الاعتبار بجميع التفسيرات العلمية المحتملة. وإذا لم تُنظَّم البيانات بطريقة منطقية، فقد يتم استنتاج نتائج غير صحيحة. فعندما يشارك أحد العلماء بعض البيانات، يفحص غيره من العلماء تلك البيانات وطريقة تحليلها ويقارنون البيانات بالأعمال التي قام بها علماء آخرون. ويقوم العلماء، مثل عالم الفيزياء الذي يظهر في **الشكل 3**، بمشاركة البيانات والتحليلات التي توصلوا إليها من خلال التقارير والمؤتمرات.

الاستنتاج بناءً على تحليل البيانات، تكون الخطوة التالية تحديد ما إذا كانت البيانات تؤيد الفرضية أم لا تؤيدها. ولكي تُعد الفرضية صحيحة ومقبولة على نطاق واسع، يجب الحصول على النتائج نفسها في كل مرة يتكرر فيها إجراء التجربة. وإذا لم تكن نتائج التجربة مؤيدة للفرضية، فيجب إعادة النظر في الفرضية. فربما تكون الفرضية بحاجة إلى تنقيح، أو ربما تكون الإجراءات التي اتبعها القائم بالتجربة بحاجة إلى تحسين.

تجربة مصغرة

قياس التغيّر

كيف تؤثر زيادة الكتلة في طول النابض؟

الشكل 3 من الأجزاء المهمة في المنهج العلمي مشاركة البيانات والنتائج مع العلماء الآخرين. وهذا الفيزيائي يقدم عرضًا في المهرجان العالمي للعلوم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مراجعة النظراء قبل نشر المعلومات المستندة إلى المنهج العلمي، يراجعها مجموعة من نظراء العالِم؛ وهم علماء متخصصون في مجال الدراسة نفسه. ومراجعة النظراء عملية تقيّم الإجراءات والنتائج الخاصة بتجربة ما على يد مجموعة من نظراء العالِم الذي أجرى البحث. ومراجعة أعمال العلماء الآخرين هي مسؤولية يضطلع بها الكثير من العلماء.

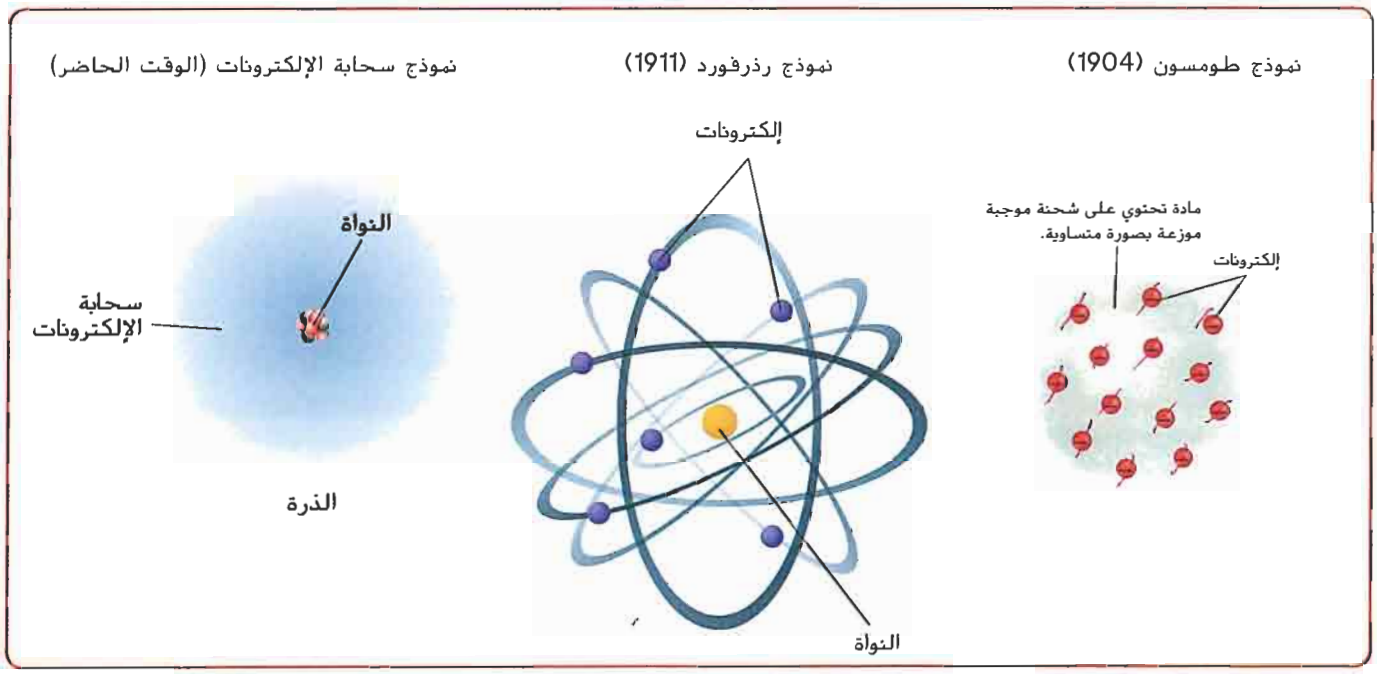
الموضوعية ينبغي الحرص أيضًا على الحدّ من التحيز في التحقيقات العلمية. فقد يحدث التحيز عندما تؤثر توقعات العالِم في طريقة تحليل البيانات أو استنتاج النتائج. وقد يؤدي ذلك إلى أن يختار العالِم نتيجة تجربة معينة دون نتائج التجارب الأخرى. وقد يحدث التحيز أيضًا إذا كانت مزايا المنتج الخاضع للاختبار مستخدمة في الترويج للمنتج من دون ذكر عيوبه. لكن بإمكان العلماء تقليل التحيز عن طريق إجراء أكبر عدد ممكن من التجارب وتدوين ملحوظات دقيقة عن جميع الملاحظات التي يشاهدونها.

النماذج

يتعذر على العلماء أحيانًا مشاهدة كل شيء يقومون باختباره. فقد تكون أجسامًا كبيرة أو صغيرة للغاية، أو قد تكون عملية تستغرق وقتًا طويلًا يحول دون المشاهدة الكاملة، أو قد تكون مادة خطرة. في هذه الحالات، يلجأ العلماء إلى استخدام النماذج. **النموذج تمثيل** لفكرة أو حدث أو بنية أو جسم لمساعدتنا على فهمه بشكل أفضل.

تاريخ النماذج لقد استُخدمت النماذج على مدار التاريخ. ففي أوائل القرن العشرين، وضع الفيزيائي البريطاني جوزيف جون طومسون نموذجًا للذرة يتكون من إلكترونات داخل كرة من الشحنات الموجبة. وبعد عدة سنوات، وضع الفيزيائي إرنست رذرفورد نموذجًا للذرة على أساس الأبحاث الجديدة. في وقت لاحق من القرن العشرين، اكتشف العلماء أن النواة ليست كرة صلبة، وإنما تتكون من البروتونات والنيوترونات. أما النموذج الحالي للذرة فهو نواة من البروتونات والنيوترونات تحيط بها سحابة من الإلكترونات. وتظهر هذه النماذج الثلاثة في **الشكل 4**. كما أن العلماء يستخدمون نماذج الذرة لتمثيل ما يفهمونه عنها في الوقت الحالي بسبب صغر حجمها.

الشكل 4 على مر التاريخ، قام العلماء بعمل نماذج للذرة.
استدلّ لماذا تغيرت نماذج الذرة بمرور السنين؟



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 5 هذه محاكاة بالكمبيوتر لطائرة تهبط على مدرج طيران. ويحاكي الشكل المعروض على الشاشة أمام الطيار ما سيراه لو كان يهبط بطائرة حقيقية.

حدّد نماذج أخرى في أرجاء غرفة الفصل.

النماذج عالية التقنية النماذج العلمية ليست دومًا ملموسة. فهناك نوع آخر من النماذج وهو المحاكاة بالكمبيوتر. وفيها يُستخدم الكمبيوتر لاختبار عملية أو إجراء ما إلى جانب جمع البيانات. إذ تُصمّم بعض برامج الكمبيوتر لمحاكاة العمليات التي تجري دراستها. فمثلا، لا يمكن لعلماء الفلك ملاحظة الطريقة التي تكوّن بها نظامنا الشمسي، لكن عند تقديم نماذج لهذه العملية، يمكن اختبارها باستخدام أجهزة الكمبيوتر.

كما أن المحاكاة بالكمبيوتر تمكّن الطيارين، كما يظهر في **الشكل 5**، من ممارسة الطيران بجميع جوانبه دون الإقلاع عن الأرض بتاتًا. إضافة إلى ذلك، يمكن للمحاكاة بالكمبيوتر أن تحاكي الظروف الجوية السيئة أو غيرها من الصعوبات والمخاطر المحتملة التي قد يواجهها الطيارون أثناء الطيران.

☑ **تأكد من فهمك** حدّد ميزتين لاستخدام المحاكاة بالكمبيوتر.

النظريات والقوانين العلمية

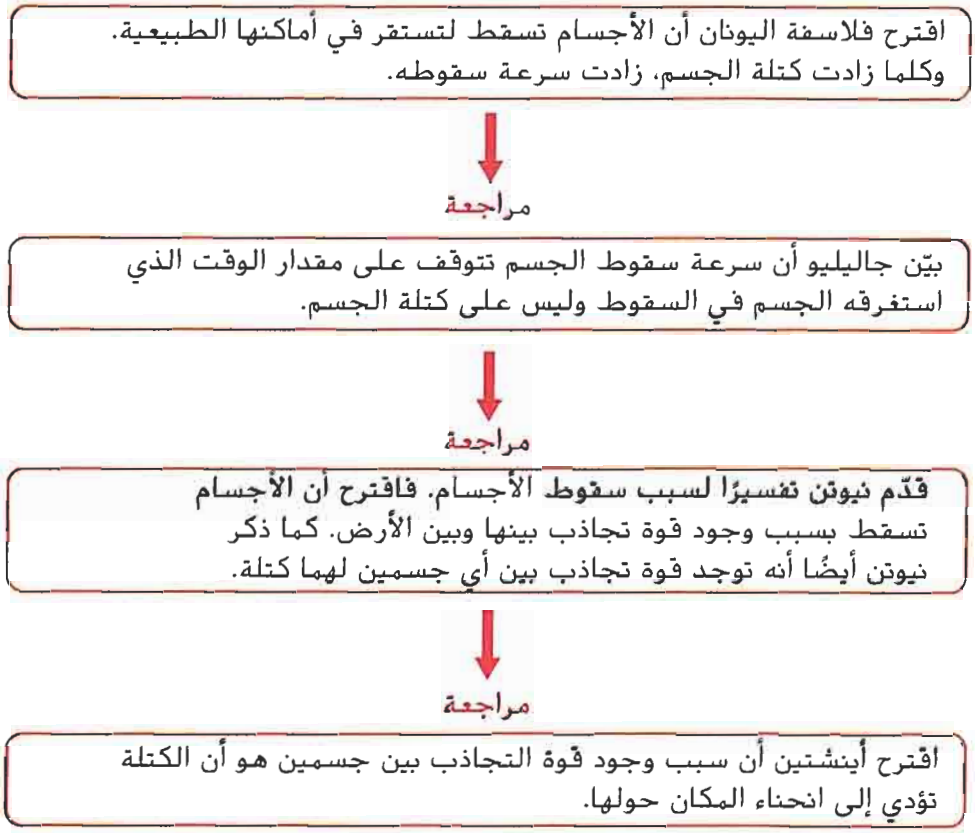
النظرية العلمية تفسير أشياء أو أحداث بناءً على المعرفة المكتسبة من عدة ملاحظات وتحقيقات.

وهي ليست تخمينًا. فعندما يكرر العلماء تحقيقًا وتظهر النتائج دائمًا مؤيدة للفرضية، يمكننا أن نسمي الفرضية نظرية. ولكن وجود بيانات تؤيد نظرية علمية معينة لا يعني أن هذه النظرية لن تتغير أبدًا. فمع ظهور معلومات جديدة، يمكن تنقيح النظريات أو تعديلها، كما يتضح في **الشكل 6** في الصفحة التالية.

القانون العلمي عبارة تصف شيئًا يحدث في الطبيعة ويبدو أنه صحيح في جميع الأحوال. والقوانين العلمية تذكر ما سيحدث في ظروف معينة، لكنها لا تفسر سبب حدوثه أو كيفية حدوثه. وتعد الجاذبية مثالاً على القانون العلمي. إذ ينص قانون الجاذبية على أن الكتل تجذب بعضها البعض. وحتى يومنا هذا، لم تخرج تجارب تدحض قانون الجاذبية.

يمكن استخدام نظرية معينة لتفسير قانون معين، لكن النظريات لا تتحول إلى قوانين. على سبيل المثال، طُرحت الكثير من النظريات لشرح كيف يعمل قانون الجاذبية. ورغم ذلك، فالنظريات المقبولة في نطاق العلم قليلة، والقوانين أقل منها عددًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 6 إذا أظهرت التجارب رؤى وأدلة جديدة عن نظرية ما، تُعدَّل النظرية وفقًا لذلك. وقد مرت النظرية التي تصف سلوك الأجسام عند سقوطها بمراجعات عديدة بناءً على الأدلة الجديدة.

حدود العِلم

يمكن أن يساعدنا العلم على تفسير الكثير من الأمور التي تحدث في العالم حولنا، غير أنه لا يستطيع تفسير كل شيء أو حل كافة المشكلات. وبالرغم من أن مهمة العلماء هي وضع الافتراضات، إلا أن عليهم أيضًا أن يتأكدوا من أن افتراضاتهم قابلة للاختبار والتحقق من صحتها.

أما المسائل التي تتعلق بالآراء أو القيم أو العواطف فلا تدخل في نطاق العلم، لأنها لا يمكن أن تخضع للاختبار. على سبيل المثال، قد يكون رأي البعض في عمل فني أنه جميل في حين لا يراه الآخرون كذلك. وقد يجد بعض الأشخاص أن أطعمة مثل البيتزا لذيذة المذاق، في حين لا يجدها الآخرون كذلك. أو قد يرى بعض الأشخاص أن الأزرق هو أفضل الألوان، لكن يرى آخرون أن الأخضر هو أفضلها. وقد تجري استطلاعًا لجمع الآراء عن هذه الأسئلة، لكن ذلك لن يثبت أن هذه الآراء صحيحة بالنسبة إلى الجميع.

القسم 1 مراجعة

1. **الفكرة الرئيسة** لخّص الخطوات التي قد تتبعها لإجراء تحقيق باستخدام المنهج العلمي.
2. **عرّف** المصطلح فرضية وحدّد ثلاث طرائق لاختبار إحدى الفرضيات.
3. **صِف** أهمية أن يتجنب العلماء التحيز.
4. **اشرح** سبب استخدام العلماء للنماذج. اضرب مثالًا على نموذج علمي لم يُذكر في هذا القسم.
5. **اشرح** السبب في أن النظرية العلمية لا يمكن أن تتحول إلى قانون علمي.
6. **حلّل** يجري صديقك استطلاعًا يسأل فيه الطلاب في المدرسة عن وجبات الغداء التي تقدمها الكافيتريا. ووجد أن 90 بالمئة من الطلاب الذين شملهم الاستطلاع يحبون البيتزا. فاستنتج أن هذا يثبت علميًا أن الجميع يحبون البيتزا. ما تعليقك على استنتاج صديقك؟
7. **التفكير الناقد** القيمة المقبولة لتسارع السقوط الحر هي $9.8\ m/s^2$. وفي تجربة باستخدام البندول، كان حسابك لهذه القيمة $9.4\ m/s^2$. اشرح سبب اختلاف القيمة التجريبية عن القيمة المقبولة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 الرياضيات والفيزياء

الفيزياء في حياتك

إذا ألقيت كرة تنس إلى أعلى في الهواء، فكيف يمكنك تحديد المسافة التي ستبلغها الكرة والمدة التي ستبقى فيها في الهواء؟ كيف يمكنك تحديد السرعة المتجهة للاعب القفز الحر في هذا الشكل؟ يستخدم علماء الفيزياء الرياضيات لمساعدتهم على التوصل إلى إجابات عن هذه الأسئلة وغيرها بشأن الحركة والقوى والطاقة والمادة.

الفكرة الرئيسة

تُستخدم الرياضيات للتعبير عن مفاهيم الفيزياء.

الأسئلة الرئيسة

- لماذا يستخدم العلماء النظام المتري؟
- كيف يمكن للتحليل البُعدي أن يساعد على تقييم الإجابات؟
- ما الأرقام المعنوية؟

مفردات للمراجعة

النظام الدولي للوحدات (SI) هو النسخة المُحسّنة والمقبولة عالميًا من النظام المتري وتستند إلى مضاعفات العدد عشرة.

مفردات جديدة

التحليل البعدي
dimensional analysis

الأرقام المعنوية
significant figures

الرياضيات في الفيزياء

غالبًا ما يستخدم علماء الفيزياء لغة الرياضيات. فالمعادلات من الأدوات المهمة التي تُستخدم في نمذجة الملاحظات وعمل التوقعات في الفيزياء. وهي إحدى الطرق التي تُستخدم في تمثيل العلاقات بين القياسات. كما يعتمد علماء الفيزياء على النظريات والتجارب ذات النتائج العددية لدعم النتائج التي يتوصلون إليها. فعلى سبيل المثال، يمكنك أن تتوقع أنك إذا أوقعت قطعة نقدية فإنها ستسقط. لكن هل يمكنك أن تتوقع سرعتها عندما تصل إلى الأرض؟ هناك نماذج مختلفة لسقوط الأجسام تعطينا إجابات مختلفة بشأن التغير في سرعة الأجسام عند سقوطها أو العوامل التي تتوقف عليها السرعة. وعن طريق قياس سرعة سقوط جسم ما، يمكنك مقارنة البيانات التجريبية بالنتائج المتوقعة حسب النماذج المختلفة. ويُعد هذا بمثابة اختبار للنماذج، مما يتيح اختيار النموذج الأنسب أو وضع نموذج جديد.

وحدات النظام الدولي

لمشاركة النتائج، من المفيد أن نستخدم وحدات يفهمها الجميع. وفي الوقت الحالي، يستخدم المجتمع العلمي في جميع أنحاء العالم نسخة مأخوذة من النظام المتري للقياسات. ويوضح **الجدول 1** أن النظام الدولي للوحدات (SI) يتضمن سبع كميات أساسية. أما الوحدات الأخرى، التي يُطلق عليها الوحدات المشتقة، فتتكون عن طريق الجمع بين وحدات أساسية بطرق متعددة. فمثلًا تُقاس السرعة المتجهة بالمتر في الثانية (m/s). وفي الغالب، تسمى الوحدات المشتقة بأسماء مميزة. على سبيل المثال، تُقاس الشحنة الكهربائية بوحدة (أمبير .ثانية) (A·s)، وتسمى أيضًا كولومًا (C).

وقد جرى تعريف الكميات الأساسية في البداية بالقياسات المباشرة. وأنشئت مؤسسات علمية منذ ذلك الحين لتعريف القياسات وتنظيمها. فمثلًا، ينظّم المكتب الدولي للأوزان والمقاييس في مدينة سيفر بفرنسا النظام الدولي للوحدات.

الجدول 1 الكميات الأساسية ووحداتها في النظام الدولي للوحدات

الكمية الأساسية	الوحدة الأساسية	الرمز
الطول	المتر	m
الكتلة	كيلوجرام	kg
الزمن	ثانية	s
درجة الحرارة	كلفن	K
كمية المادة	مول	mol
التيار الكهربائي	أمبير	A
شدة الإضاءة	شمعة	cd

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يشترك هذا المكتب مع المعهد الوطني للعلوم والتكنولوجيا (NIST) في غايثرسبيرج بماريلاند، في وضع معايير الطول والزمن والكتلة التي تُعاير على أساسها العصي المترية والساعات والموازين. ويظهر الكيلوجرام القياسي في **الشكل 7**.

لعلك تعلمت في حصة الرياضيات أن تحويل الأمتار إلى كيلومترات أسهل بكثير من تحويل الأقدام إلى أميال. إن سهولة التحويل بين الوحدات هي ميزة من ميزات النظام الدولي للوحدات. وللتحويل بين الوحدات، نضرب في قوة العدد 10 المناسبة أو نقسم عليها. وتُستخدم البادئات لتغيير الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات باستخدام قوى العدد عشرة، كما هو موضح في **الجدول 2**. وسترى هذه البادئات كثيرًا في الحياة اليومية، مثل المليجرام والنانوثانية والسنتيمتر.

الجدول 2 البادئات المستخدمة في النظام الدولي

البادئة	الرمز	المضروب فيه	الترميز العلمي	مثال
femto -	f	0.000000000000001	10^{-15}	فيمتو ثانية (fs)
pico -	p	0.000000000001	10^{-12}	بيكو متر (pm)
nano -	n	0.000000001	10^{-9}	نانومتر (nm)
micro -	μ	0.000001	10^{-6}	ميكرو جرام (μg)
milli -	m	0.001	10^{-3}	ميللي أمبير (mA)
centi -	c	0.01	10^{-2}	سنتيمتر (cm)
deci -	d	0.1	10^{-1}	ديسيليتر (dL)
kilo -	k	1000	10^{3}	كيلو متر (km)
mega -	M	1,000,000	10^{6}	ميجا جرام (Mg)
giga -	G	1,000,000,000	10^{9}	جيجا متر (Gm)
tera -	T	1,000,000,000,000	10^{12}	تيرا هرتز (THz)

☑ **تأكد من فهمك** حدّد البادئة التي ستستخدم في التعبير عن 2,000,000,000 بايت من ذاكرة الكمبيوتر.

الشكل 7 النموذج الأول الدولي للكيلوجرام، هو المعيار لكتلة الكيلو جرام ويتكون من خليط من البلاتينيوم والأريديوم، محفوظ في فراغ كي لا يفقد كتلته. ويعمل العلماء على إعادة تعريف الكيلوجرام المعياري باستخدام كرة تامة الاستدارة مصنوعة من السيليكون.

صِف ما وجه الأهمية في وجود معايير للقياسات؟

التحليل البُعدي

يمكنك استخدام الوحدات للتحقق من صحة إجابتك. وستحتاج عادة إلى استخدام صيغة أو سلسلة من الصيغ لحل مسألة فيزيائية. وللتحقق من حل المسألة بشكل صحيح، اكتب المعادلة أو مجموعة المعادلات التي تخطط لاستخدامها في الحل. وقبل إجراء الحسابات، تحقق من أن الإجابة بالوحدات المتوقعة. فمثلًا، إذا كنت تحسب سرعة سيارة ووجدت أن إجابتك ستكون بوحدة s/m أو m/s^2، فاعلم أن هناك خطأ في حل المسألة. وتُسمى هذه الطريقة في التعامل مع الوحدات باعتبارها كميات جبرية يمكن شطبها **التحليل البُعدي**. ومع ذلك، فكونك تعرف أنّ إجابتك ستكون بالوحدة الصحيحة لا يضمن أنّ الإجابة نفسها ستكون صحيحة. لكن إذا عرفت أن إجابتك ستكون بالوحدات الخاطئة، فمن المؤكد أنك وقعت في خطأ ما. كما يُستخدم التحليل البعدي في اختيار معاملات التحويل. ومعامل التحويل هو معامل ضرب يساوي واحدًا صحيحًا (1).

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

على سبيل المثال، نظرًا لأن $1\ kg = 1000\ g$ يمكنك إنشاء معاملات التحويل التالية:

$$1 = \frac{1\ kg}{1000\ g} \qquad 1 = \frac{1000\ g}{1\ kg}$$

اختر معامل التحويل الذي يؤدي إلى شطب الوحدات الأولية، بحيث نحصل على الإجابة بالوحدات المطلوبة. على سبيل المثال، لتحويل 1.34 kg من الحديد الخام إلى الجرام، قم بما يلي.

$$1.34\ \cancel{kg}\left(\frac{1000\ g}{1\ \cancel{kg}}\right) = 1340\ g$$

وقد تحتاج أيضًا إلى عمل سلسلة من التحويلات. لتحويل 43 km/h إلى m/s، قم بما يلي:

$$\left(\frac{43\ \cancel{km}}{1\ \cancel{h}}\right)\left(\frac{1000\ m}{1\ \cancel{km}}\right)\left(\frac{1\ \cancel{h}}{60\ \cancel{min}}\right)\left(\frac{1\ \cancel{min}}{60\ s}\right) = 12\ m/s$$

الأرقام المعنوية

افترض أنك تستخدم مسطرة مترية لقياس قلم ووجدت أن طرف القلم يتخطى قليلًا علامة 138 على المسطرة، كما هو موضح في **الشكل 8**. ومن ثم تقدّر أن القلم يتخطى آخر علامة على المسطرة بمقدار جزء عشري من المليمتر، وتسجل طول القلم على أنه 138.1 mm. يتضمن هذا القياس أربعة أرقام صحيحة: الثلاثة الأولى منها أرقام مؤكدة والرقم الأخير غير مؤكد. يُطلق على الأرقام الصحيحة في القياس اسم **الأرقام المعنوية**. والرقم الأخير في القياس هو الرقم غير المؤكد. وجميع الأرقام غير الصفرية في القياس هي أرقام معنوية.

هل جميع الأصفار أرقام معنوية؟ لا. ففي القياس 0.0860 m مثلًا، يُستخدم أول صفرين لتحديد مكان الفاصلة العشرية فقط وهما ليسا رقمين معنويين. أما الصفر الأخير فهو الرقم المُقدَّر وهو رقم معنوي. وقد يحتوي القياس 172,000 m على 3 أو 4 أو 5 أو 6 أرقام معنوية. ومنعًا لهذا اللبس، يُستخدم الترميز العلمي. من الواضح أن القياس $1.7200 \times 10^5\ m$ يحتوي على خمسة أرقام معنوية.

العمليات الحسابية بالأرقام المعنوية عند إجراء أي عملية حسابية، من المهم أن تتذكر أن النتيجة لا يمكن أن تكون أكثر ضبطًا من القياس الأقل ضبطًا.

لجمع القياسات أو طرحها، نفّذ العملية الحسابية أولًا ثم قرّب النتيجة بحيث تتوافق مع القيمة الأقل ضبطًا. فمثلًا، $3.86\ m + 2.4\ m = 6.3\ m$ لأن القياس الأقل ضبطًا مقرّب إلى جزء عشري من المتر.

لضرب القياسات أو قسمتها، نفّذ العملية الحسابية ثم قرّب الناتج بحيث يكون عدد الأرقام المعنوية فيه مساويًا لتلك الموجودة في القياس الأقل ضبطًا. فمثلًا،

$$\frac{409.2\ km}{11.4\ L} = 35.9\ km/L$$

لأن القياس الأقل ضبطًا يتضمن ثلاثة أرقام معنوية. تعرض بعض الآلات الحاسبة العديد من الأرقام الإضافية، في حين يقوم البعض الآخر بالتقريب إلى نقاط معينة. تأكد من تسجيل إجاباتك بالعدد الصحيح من الأرقام.

حل المسائل

مع مواصلة الدراسة في هذا الكتاب، ستكمل بعض المسائل التدريبية. وستجد أن معظمها مسائل معقدة وتحتاج إلى استراتيجية لحلها. يتضمن هذا الكتاب العديد من أمثلة المسائل التي يحتاج حلها إلى عملية من ثلاث خطوات. اقرأ المثال 1 واتبع الخطوات لحساب متوسط سرعة سيارة مستخدمًا المسافة والزمن.

الشكل 8 سجّل الطالب الذي قاس طول هذا القلم أن طوله 138.1 mm.

استدلّ لماذا يُعد الرقم الأخير في هذا القياس غير مؤكد؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

استخدم المسافة والزمن لإيجاد السرعة إذا كانت السيارة تقطع 434 km في 4.5 h. فما متوسط سرعة السيارة؟

1 تحليل المسألة ورسمها سرعة السيارة مجهولة. القيم المعلومة هي المسافة التي قطعتها السيارة والزمن الذي قطعتها فيه. استخدم العلاقة بين السرعة والمسافة والزمن لإيجاد سرعة السيارة.

المعطيات	المجهول
المسافة = 434 km	السرعة = ؟ km/h
الزمن = 4.5 h	

2 إيجاد المجهول

المسافة = السرعة × الزمن ◄ اذكر العلاقة في شكل معادلة.

السرعة = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ ◄ أوجد معادلة السرعة.

السرعة = $\frac{434\ \text{km}}{4.5\ \text{h}}$ = 96.4 km/h ◄ عوّض عن المسافة 434 km والزمن 4.5 h

السرعة = 96 km/h ◄ اقسم الوحدات واحسبها.

3 تقييم الإجابة

تحقق من صحة إجابتك باستخدامها في حساب المسافة التي قطعتها السيارة.

المسافة = السرعة × الزمن = 96.4 km/h × 4.5 h = 434 km

المسافة المحسوبة تطابق المسافة المذكورة في المسألة.
وهذا يعني أن متوسط السرعة صحيح.

المسألة

1. اقرأ المسألة بعناية.
2. تأكد من أنك تفهم المطلوب في المسألة.

تحليل المسألة ورسمها

1. اقرأ المسألة مرة ثانية.
2. حدد المعطيات ودوّن البيانات المعلومة. اجمع المعلومات من الرسومات البيانية أو الجداول أو الصور. عند الحاجة.
3. حدد القيم المجهولة ودوّنها.
4. حدد ما إذا كنت تحتاج إلى رسم المسألة للمساعدة في حلها.
5. خطط الخطوات التي ستتبعها لإيجاد الحل.

إيجاد المجهول

1. إذا كان الحل بصيغة رياضية، فاكتب المعادلة مع عزل العامل المجهول.
2. عوّض عن الكميات المعلومة في المعادلة.
3. حل المعادلة.
4. تابع عملية الحل حتى تحل المسألة.

تقييم الإجابة

1. أعِد قراءة المسألة. هل الإجابة مقبولة؟
2. تحقق من صحة العمليات الرياضية. هل الوحدات والأرقام المعنوية صحيحة؟

القسم 2 مراجعة

8. **الفكرة الرئيسة** لماذا يُعبر عن مفاهيم الفيزياء باستخدام الصيغ؟
9. **النظام الدولي للوحدات** اذكر إحدى مزايا استخدام النظام الدولي للوحدات في العلوم.
10. **التحليل البُعدي** كم كيلو هرتز في 750 ميجا هرتز؟
11. **التحليل البُعدي** كم ثانية في السنة الكبيسة؟ السنة الكبيسة 366 يوم.
12. **الأرقام المعنوية** حل المسائل التالية باستخدام عدد الأرقام المعنوية الصحيح في كل مرة.
    a. 10.8 g − 8.264 g
    b. 4.75 m - 0.4168 m
    c. 139 cm x 2.3 cm
    d. 13.78 g / 11.3 mL
    e. 6.201 cm + 7.4 cm + 0.68 m + 12.0 cm
    f. 1.6 km + 1.62 m + 1200 cm
13. **حل المسائل** أعِد كتابة $F = Bqv$ لإيجاد v بدلالة F و q و B.
14. **التفكير الناقد** باستخدام القيم المعطاة في المثال ومعادلة المسافة = السرعة × الزمن، حسبت سرعة السيارة بأنها 290km/h. هل الإجابة مقبولة؟ لمَ أو لمَ لا؟ ما الظروف التي يمكن أن تكون فيها هذه الإجابة مقبولة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3 القياس

الفكرة الرئيسة

أخذ القياسات الدقيقة يتيح للعلماء تكرار التجارب ومقارنة النتائج.

الأسئلة الرئيسة

- لماذا تُسجل نتائج القياسات في الغالب بهامش خطأ؟
- ما الفرق بين الضبط والدقة؟
- اذكر أحد مصادر الخطأ الشائعة عند أخذ القياسات.

مفردات للمراجعة

اختلاف زاوية النظر التغير الظاهري في موقع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة

مفردات جديدة

القياس	measurement
الضبط	precision
الدقة	accuracy

الفيزياء في حياتك

هناك العديد من الأدوات التي تستخدمها كثيرًا لأخذ القياسات؛ فالساعات تقيس الزمن والمساطر تقيس المسافة وعدادات السرعة تقيس السرعة. ما أدوات القياس الأخرى التي استخدمتها من قبل؟

ما القياس؟

عندما تزور الطبيب لإجراء فحص طبي، فإنه يجري عدة قياسات، منها الطول والوزن وضغط الدم ومعدل ضربات القلب لديك. وحتى النظر يُقاس ويُعبر عنه بأرقام. كما تؤخذ عينة دم وتُجرى عليها بعض القياسات لمعرفة أعداد خلايا الدم أو مستويات الكوليسترول في الدم. فالقياسات تحول ملاحظاتنا إلى مقادير كمية، فلا يُقال إن ضغط الدم لدى الشخص "جيد نوعًا ما"، بل يُقال إن ضغط دمه $\frac{110}{60}$ مثلًا، وهو الحد الأدنى المقبول لضغط الدم لدى الإنسان.

القياس : مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية. على سبيل المثال، إذا قِستْ كتلة عربة صغيرة في تجربة، فإن الكمية المجهولة هي كتلة العربة والكمية المعيارية هي الجرام، وتُقاس بالميزان ذي الكفتين أو الميزان الزنبركي. وفي التجربة المصغرة الواردة في القسم 1، يمثل طول النابض الكمية المجهولة والسنتيمتر الكمية المعيارية.

مقارنة النتائج

كما تعلمت في القسم 1، يتشارك العلماء النتائج التي يتوصلون إليها. قبل أن تُقبل البيانات الجديدة تمامًا، يقوم علماء آخرون بدراسة التجربة والبحث عن المصادر المحتملة للخطأ ومحاولة إعادة إنتاج النتائج. وتُسجل النتائج في الغالب بهامش خطأ. وإذا كان القياس الجديد في حدود هامش الخطأ، فإنه يتطابق مع القياس القديم.

على سبيل المثال، يستخدم علماء الآثار التأريخ بالكربون المشع لتحديد عمر الرسومات الموجودة في الكهوف، كتلك الموجودة في كهف لاسكو الموضح في **الشكل 9** وكهف شوفيه. وتُسجل جميع التواريخ المقيسة بالكربون المشع بهامش خطأ. هناك ثلاثة أعمار مقيسة بالكربون المشع تم تحديدها من لوحة في كهف شوفيه وهي

30,230 ± 530، سنة 30,790 ± 600، سنة 30,940 ± 610.

في حين أن هذه القياسات لا تتطابق تمامًا، تتقاطع هوامش الخطأ في القياسات الثلاثة، ومن ثم يمكن القول بأن القياسات متوافقة مع بعضها.

الشكل 9 توجد هذه الرسومات في كهف لاسكو في فرنسا. ويُقدِّر العلماء أن هذه الرسومات رُسمت منذ 17,000 سنة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

افترض أن ثلاثة طلاب نفذوا التجربة المصغرة الواردة في القسم 1 عدة مرات، مستخدمين زنبركات لها الطول نفسه، مع تعليق حلقتين على النابض. أخذ الطالب الأول عدة قياسات تراوحت بين 14.4 cm و14.8 cm، وكان متوسط قياساته 14.6 cm. كما يظهر في **الشكل 10**. سُجلت هذه النتيجة على أنها (14.6 ± 0.2) cm . وسجّل الطالب الثاني طول الزنبرك على أنه (14.8 ± 0.3) cm. وسجّل الطالب الثالث طول الزنبرك على أنه (14.0 ± 0.1) cm.

هل يمكن أن تستنتج أن هناك توافقًا بين القياسات الثلاثة؟

هل تتكرر نتيجة الطالب الأول؟ تتقاطع نطاقات نتائج الطالبين الأول والثاني بين 14.5 cm و14.8 cm. ولكن لا تتقاطع نتائجهما مع نتيجة الطالب الثالث، ومن ثَم لا تتوافق معها.

الضبط والدقة

يمثل كل من الضبط والدقة خاصية من خصائص القيم المقيسة، كما يظهر في **الشكل 11**. ما مدى الضبط والدقة في قياسات الطلاب الثلاثة الواردة أعلاه؟ **الضبط هو درجة** توافق القياسات المختلفة لكمية مقيسة. في المثال الوارد أعلاه، قياسات الطالب الثالث هي الأكثر ضبطًا وبهامش خطأ مقداره 0.1 cm ±. في حين كانت قياسات الطالبين الآخرين أقل ضبطًا لأن لها هامش خطأ أكبر (الطالب الأول 0.2 cm ± . الطالب الثاني 0.3 cm ±).

يعتمد الضبط على كل من الأداة والطريقة المستخدمة في القياس. وبوجه عام، كلما كانت الأداة ذات تدريج بقيم أصغر كانت القياسات أكثر ضبطًا. ودقة القياس يساوي نصف قيمة أصغر تدريج في الأداة. فعلى سبيل المثال، إذا كان للمخبار المدرج تدريجات كل منها يساوي 1 mL ؛ فإنك تستطيع من خلال هذه الأداة أن تقيس بضبط يصل إلى 0.5 mL. أما إذا كان أصغر تدريج في الكأس يساوي 50 mL، فما ضبط قياساتك مقارنة بالقياسات المأخوذة بالمخبار المدرج؟

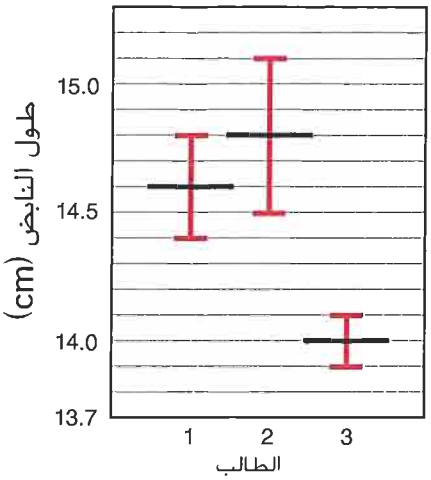
تشير الأرقام المعنوية في الإجابة إلى درجة ضبطها. فالقياس 67.100 g مضبوط إلى أقرب جزء من الألف في الجرام. وقد ذكرنا في القسم 2 قواعد إجراء العمليات الخاصة بالقياسات ذات مستويات الضبط المختلفة. فعند إضافة 1.2 mL من حمض إلى كأس يحتوي على 2.4×10^2 mL من الماء، لا يمكن القول بأن لديك 2.412×10^2 mL من السائل لأن حجم الماء لم يتم قياسه إلى أقرب جزء من عشرة من المليلتر، بل إلى أقرب 10 mL.

الطالب	الطالب	الطالب
1	2	3
14.6	14.5	14.1
14.6	14.8	14.0
14.8	15.1	13.9
14.6	14.8	14.0

الطالب (1)	14.6 ± 0.2
الطالب (2)	14.8 ± 0.3
الطالب (3)	14.0 ± 0.1

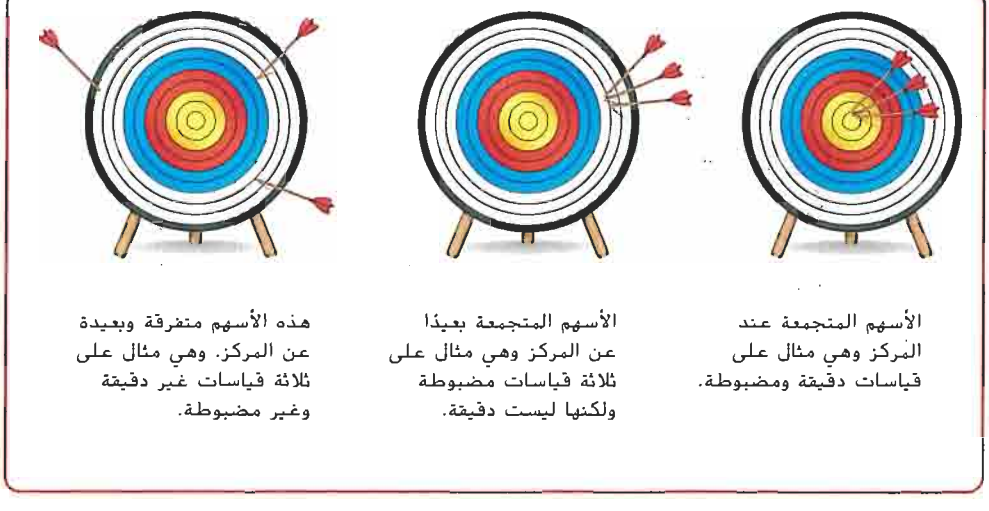
طول الزنبرك 14.8 cm

بيانات التجربة المصغرة



الشكل 10 أخذ ثلاثة طلاب قياسات متعددة. توضح القضبان الحمراء هامش الخطأ في كل قياس.

اشرح هل تتطابق القياسات؟ هل تتكرر نتيجة الطالب الثالث؟ لمَ أو لمَ لا؟



الأسهم المتجمعة عند المركز وهي مثال على قياسات دقيقة ومضبوطة.

الأسهم المتجمعة بعيدًا عن المركز وهي مثال على ثلاثة قياسات مضبوطة ولكنها ليست دقيقة.

هذه الأسهم متفرقة وبعيدة عن المركز. وهي مثال على ثلاثة قياسات غير دقيقة وغير مضبوطة.

الشكل 11 تمثل المنطقة الصفراء في مركز كل هدف القيمة المقبولة لقياس معين. تمثل الأسهم قياسات أخذها أحد العلماء أثناء إحدى التجارب.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تشير الدقة إلى مدى اتفاق نتائج القياس مع القيمة "الحقيقية". أي القيمة المقبولة حسب القياسات التي أخذها خبراء مؤهلون. كما يظهر في **الشكل 11**. إذا كان طول **الزنبرك الذي** قاسه الطلاب الثلاثة يساوي 14.8 cm. فإن قياس الطالب الثاني هو **الأكثر دقة** وقياس الطالب الثالث هو الأقل دقة. ما الذي قد يتسبب في أن يأخذ الشخص قياسات غير دقيقة؟ كيف يمكنك أن تتأكد من دقة القياسات؟

من الطرق الشائعة للتحقق من دقة الأدوات طريقة تسمى معايرة الجهاز. أولًا. هل تكون قراءة الأداة صفرًا عندما ينبغي أن تكون كذلك. كما هو موضح في **الشكل 12**؟ ثانيًا. ان تخلو الاداة من عيوب التصنيع. ومن الضروري إجراء فحوص دورية للدقة على أدوات القياس الحساسة. مثل الخرج الإشعاعي للأجهزة التي تُستخدم في علاج السرطان.

☑ **التأكد من فهم النص** قارن وقابل بين الضبط والدقة.

الشكل 12 يتم فحص الدقة من خلال تحديد قيمة صفرية في الأداة قبل استخدامها في القياس.

استدلّ هل هذه الأداة دقيقة؟ لمَ أو لمَ لا؟

تقنيات القياس الجيد

لضمان تحقيق الضبط والدقة. يجب أن تُستخدم الأدوات بطريقة صحيحة. كما يجب إجراء القياسات بعناية كي تصل إلى أعلى درجة من الضبط تسمح بها الأداة. من مصادر الخطأ الشائعة الزاوية التي تؤخذ منها قراءة أداة القياس. إذ يجب أن تُقرأ القياسات بالنظر عموديًا وبعين واحدة. كما هو موضح في **الشكل 13**. أما إذا قُرئ القياس بشكل مائل. كما هو موضح في **الشكل 13**. فسنحصل على قيمة مختلفة أقل دقة. ويرجع اختلاف القراءات إلى **اختلاف زاوية النظر**. وهو التغير الظاهري في موقع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة. ولكي تلاحظ أثر اختلاف زاوية النظر في القياس. قم بقياس طول قلم بالنظر إليه بشكل عمودي على تدريج المسطرة. ثم اقرأ التدريج بعد أن تحرك رأسك إلى جهة اليمين أو جهة اليسار.

الشكل 13 عند النظر إلى التدريج بشكل عمودي (كما في الشكل على اليمين). ستكون نتائجك أكثر دقة مما لو نظرت بشكل مائل (كما في الشكل على اليسار).

حدّد إلى أي مدى غيّر اختلاف زاوية النظر من القياس الموجود على اليمين؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). يوضح نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) مثالًا على الدقة والضبط في القياس. يتكون نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) من 24 قمرًا صناعيًا بها أجهزة إرسال تدور في مدار حول الأرض مع العديد من أجهزة الاستقبال على الأرض. ترسل الأقمار الصناعية إشارات بالزمن. مقيسة بالساعات الذرية عالية الدقة. يستخدم جهاز الاستقبال المعلومات الواردة من أربعة أقمار صناعية على الأقل لتحديد خط العرض وخط الطول والارتفاع. (الساعات الموجودة في أجهزة الاستقبال ليست بمستوى دقة الساعات الموجودة على الأقمار الصناعية).

لأجهزة الاستقبال مستويات مختلفة من الضبط. فيمكن لجهاز موجود في سيارة أن يحدد موقعك بهامش خطأ أمتار قليلة. أما الأجهزة التي يستخدمها علماء فيزياء الأرض (الجيوفيزياء)، كما هو موضح في **الشكل 14**، فيمكنها قياس الحركات التي تحدث في القشرة الأرضية بالملليمتر.

طُوّر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) على يد وزارة الدفاع الأمريكية. ويستخدم هذا النظام الساعات الذرية التي طُورت لاختبار نظريات أينشتين عن النسبية والجاذبية. وفي نهاية المطاف، أصبح نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) متاحًا للاستخدام المدني. فقد أصبحت إشارات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) متوفرة في جميع أنحاء العالم بالمجان وتُستخدم في الملاحة على الأرض وفي البحر والجو. وتُستخدم كذلك في عمل الخرائط والمسح وفي الاتصالات عن بعد وشبكات الأقمار الصناعية. كما تُستخدم في البحث العلمي عن الزلازل والصفائح التكتونية.

الشكل 14 يقوم هذا العالم بإعداد جهاز استقبال GPS عالي الدقة من أجل تسجيل حركات الصفائح القارية وتحليلها.

مختبر الفيزياء

الكتلة والحجم

كيف تعتمد الكتلة على الحجم؟

القسم 3 مراجعة

15. **الفكرة الرئيسة** لديك ميكرومتر (أداة تُستخدم لقياس طول الأجسام أو قطرها إلى أقرب 0.001 mm) تعرّض لانثناء شديد. كيف تقارنه بعصا مترية جديدة ذات نوعية جيدة من حيث الضبط؟ ومن حيث الدقة؟

16. **الدقة** بعض المساطر الخشبية لا يبدأ صفرها عند الحافة، وإنما بعد عدة ملليمترات منها. كيف يمكن أن يحسن ذلك من دقة المسطرة؟

17. **اختلاف زاوية النظر** هل يؤثر اختلاف زاوية النظر في ضبط القياسات التي تأخذها؟ اشرح إجابتك.

18. **هامش الخطأ** يخبرك صديقك أن طوله يبلغ 182 cm. وضح مدى دقة هذا القياس.

19. **الضبط** صندوق طوله 18.1 cm وعرض 19.2 cm وارتفاعه 20.3 cm.
   a. ما حجم الصندوق؟
   b. ما مدى ضبط قياس الطول؟ وما مدى ضبط قياس الحجم؟
   c. ما ارتفاع مجموعة من 12 صندوقًا من النوع نفسه؟
   d. ما مدى ضبط قياس ارتفاع صندوق واحد؟ ما مدى ضبط ارتفاع مجموعة من 12 صندوقًا؟

20. **التفكير الناقد** كتب زميلك في تقريره أن متوسط الزمن اللازم لتدور سيارة دورة كاملة في مسار طوله 1.5mi هو 65.414 s. وقد سُجلت هذه القراءة عن طريق قياس زمن 7 دورات باستخدام ساعة درجة ضبطها 0.1 s . ما مدى ثقتك في النتائج الواردة في التقرير؟ اشرح إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 4 تمثيل البيانات بيانيًّا

الفيزياء في حياتك

غالبًا ما تُستخدم الرسومات البيانية في المقالات الإخبارية عقب الانتخابات. حيث تُستخدم الرسومات البيانية بالأعمدة والقطاعات الدائرية لعرض عدد الأصوات أو النسبة المئوية التي حصل عليها المرشحون. أما الرسومات البيانية الأخرى فتُستخدم لعرض الزيادات والانخفاضات في عدد السكان أو الموارد على مر السنين.

الفكرة الرئيسة

تسهّل الرسومات البيانية من تفسير البيانات، كما أنها تحدّد الاتجاهات وتظهر العلاقات بين مجموعة من المتغيرات.

الأسئلة الرئيسة

- ماذا نتعلم من الرسومات البيانية؟
- اذكر بعض العلاقات المشتركة في الرسومات البيانية.
- كيف يجري العلماء التوقعات؟

مفردات للمراجعة

الميل نسبة التغير الرأسي إلى التغير الأفقي على رسم بياني.

مفردات جديدة

المتغير المستقل
independent variable

المتغير التابع
dependent variable

الخط الأفضل مطابقة
line of best fit

العلاقة الخطية
linear relationship

العلاقة التربيعية
quadratic relationship

العلاقة العكسية
inverse relationship

تحديد المتغيرات

عندما تجري تجربة ما، من المهم أن تغير عاملًا واحدًا فقط في كل مرة. على سبيل المثال، يعرض **الجدول 3** طول نابض عند تعليق كتل مختلفة به. ستتغير الكتلة وحدها؛ فإذا عُلقت كتل مختلفة في أنواع مختلفة من النوابض، فلن تعرف مقدار الفرق بين زوجي **البيانات** الذي كان بسبب الكتل المختلفة ومقدار الفرق الذي كان بسبب النوابض المختلفة.

المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة المتغير هو عامل قد يؤثر في نمط إعداد التجربة. والعامل المستخدَم أثناء التحقيق **هو المتغير المستقل. لذلك فإن الكتلة هي المتغير المستقل في هذا التحقيق. أما العامل الذي يعتمد على المتغير المستقل فهو المتغير التابع.** وفي هذا التحقيق، اعتمد مقدار تمدد النابض على الكتلة. ومن ثم كان مقدار التمدد هو المتغير التابع. إلى جانب ذلك، قد يدرس أحد العلماء كيفية تغيّر الإشعاع مع مرور الوقت أو كيفية اعتماد شدة المجال المغناطيسي على المسافة من مغناطيس.

الخط الأفضل مطابقة يوضح الرسم البياني الخطي كيف يختلف المتغير التابع بحسب المتغير المستقل. ويوضح **الشكل 15** تمثيلًا بيانيًّا للبيانات الواردة في **الجدول 3**. فالخط ذو اللون الأزرق المرسوم بالقرب من جميع نقاط البيانات بقدر الإمكان **هو الخط الأفضل مطابقة، وهو** نموذج للتوقعات أفضل من أي نقطة واحدة على طول الخط. كما تُقدم **الشكل 15** تعليمات مفصلة حول كيفية تصميم رسم بياني وتمثيل البيانات ورسم خط أفضل مطابقة.

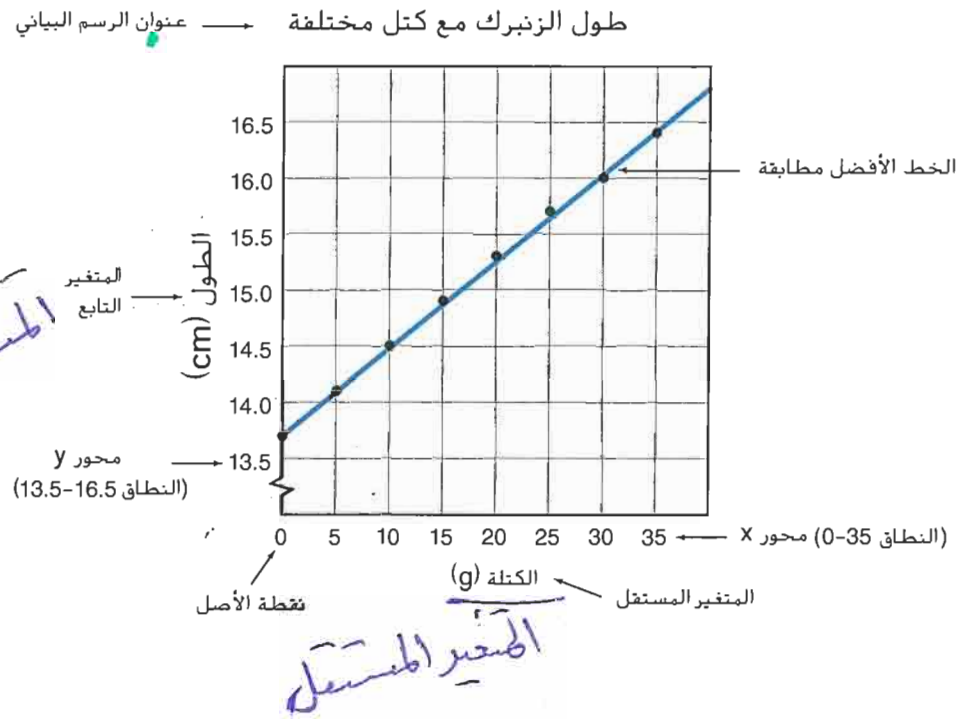
إن الرسم البياني جيد التصميم يوفر الأنماط التي لا يمكن رؤيتها بسرعة وسهولة في قائمة من الأرقام. يوضح الرسم البياني في **الشكل 15** أن طول النابض يزيد كلما زادت الكتلة المعلّقة في النابض.

الجدول 3 العلاقة بين طول الزنبرك والكتلة المعلقة

الكتلة المعلَّقة في الزنبرك (g)	طول الزنبرك (cm)
0	13.7
5	14.1
10	14.5
15	14.9
20	15.3
25	15.7
30	16.0
35	16.4

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

■ إعداد الرسومات البيانية الخطية



1. حدد المتغير المستقل والمتغير التابع في بياناتك. في هذا المثال، المتغير المستقل هو الكتلة (g) والمتغير التابع هو الطول (cm). رُسِم المتغير المستقل على المحور الأفقي، أي المحور السيني (x). ورُسِم المتغير التابع على المحور الرأسي، أي المحور الصادي (y).

2. حدد نطاق المتغير المستقل الذي سيتم رسمه. في هذه الحالة النطاق هو 0–35.

3. حدد ما إذا كانت نقطة الأصل (0,0) نقطة بيانات صحيحة.

4. وسِّع بين البيانات بقدر الإمكان. اجعل كل قسم على ورقة الرسم البياني يمثل وحدة ملائمة. ويعني هذا عادة الوحدات التي تكون مضاعفات للأعداد 2 أو 5 أو 10.

5. حدد اسمًا للمحور الأفقي. يجب أن يحتوي الاسم على الوحدات، مثل الكتلة (g).

6. كرر الخطوات 2–5 للمتغير التابع.

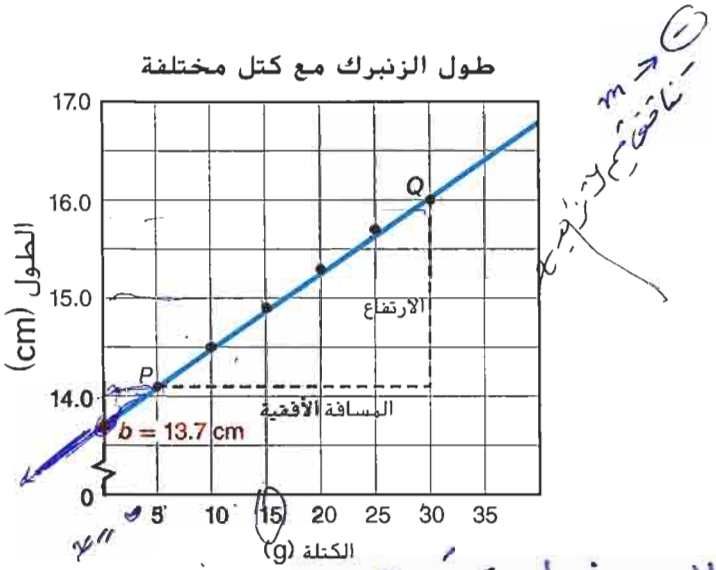
7. مثِّل نقاط البيانات على الرسم البياني.

8. ارسم الخط الأفضل مطابقة أو المنحنى الذي يمر بأكبر عدد ممكن من نقاط البيانات. ويسمى ذلك في بعض الأحيان التقدير بالنظر. لا تستخدم سلسلة من القطع المستقيمة التي تربط بين النقاط. فالخط الذي يبدو أنه الأفضل مطابقة بالنسبة إليك قد لا يكون الأفضل في نظر شخص آخر. ومن ثَم هناك إجراء رسمي تستخدمه معظم الآلات الحاسبة الرسومية. تُسمى طريقة المربعات الصغرى التي تنشئ مستقيمًا منفردًا أفضل مطابقة. لكن ذلك خارج نطاق هذا الكتاب المدرسي.

9. ضع عنوانًا للرسم البياني يُظهر ما يمثله بوضوح.

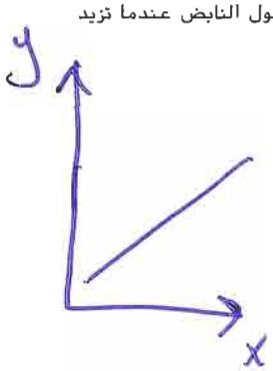
الشكل 15 استخدم الخطوات الموضحة أعلاه لرسم رسومات بيانية خطية من جداول البيانات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 16 في العلاقة الخطية، يتغير المتغير التابع – وهو الطول هنا – خطيًّا حسب المتغير المستقل. أما المتغير المستقل في هذه التجربة فهو الكتلة.

صف ماذا يحدث لطول النابض عندما تزيد الكتلة؟



العلاقات الخطية

تأخذ النقاط المبعثرة للبيانات عدة أشكال مختلفة للدلالة على علاقات مختلفة. ومن العلاقات الأكثر شيوعًا **العلاقات الخطية والعلاقات التربيعية** والعلاقات العكسية. ومن المحتمل أن تكون قد تعرفت عليها في حصة الرياضيات.

عندما يكون الخط الأفضل مطابقة خطًا مستقيمًا، كما في **الشكل 15**، تكون هناك علاقة خطية بين المتغيرات. ففي **العلاقة الخطية**، يتغير المتغير التابع خطيًّا بحسب المتغير المستقل. ويمكن كتابة العلاقة في شكل المعادلة **التالية**.

العلاقة الخطية بين متغيرين

$$y = mx + b$$

أوجد مقطع y والميل (m) كما هو موضح في الشكل 16. استخدم النقاط الموجودة على الخط، قد تكون نقاط البيانات أو لا تكون كذلك. والميل هو نسبة التغير الرأسي إلى التغير الأفقي. ولإيجاد الميل، حدد نقطتين، P وQ، بعيدتين عن بعضهما على الخط. والتغير الرأسي (الارتفاع) (Δy)، هو الفرق بين القيم الرأسية للنقطتين P وQ. أما التغير الأفقي (المسافة الأفقية) (Δx)، فهو الفرق بين القيم الأفقية للنقطتين P وQ.

الميل

ميل الخط يساوي الارتفاع مقسومًا على المسافة الأفقية، ويمكن التعبير عنه أيضًا بالتغير الرأسي **مقسومًا على** التغير الأفقي.

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

في الشكل 16:

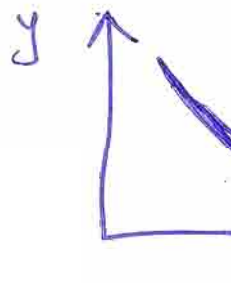
$$m = \frac{(16.0\ \text{cm} - 14.1\ \text{cm})}{(30\ \text{g} - 5\ \text{g})} = 0.08\ \text{cm/g}$$

إذا قلّت قيمة y عند زيادة قيمة x، فستكون $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ سالبة وميل الخط إلى أسفل من اليسار إلى اليمين. ويكون مقطع y (b) هو النقطة التي يتقاطع عندها الخط مع المحور الرأسي، أو قيمة y عندما تكون قيمة x تساوي صفرًا. وفي هذا المثال، $b = 13.7\ \text{cm}$. ويعني ذلك أنه عندما لا توجد كتلة معلّقة بالنابض، يكون طوله 13.7 cm. وعندما تكون $b = 0$، أو $y = mx$، يقال إن الكمية y تتغير مباشرة مع x. لكن في الفيزياء، يحتوي دائمًا ميل الخط ومقطع y على معلومات حول النظام الفيزيائي الذي يصفه الرسم البياني.

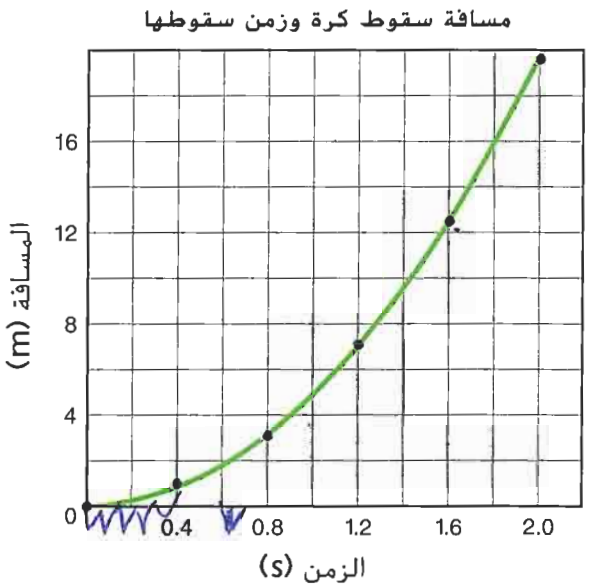
تجربة مصغرة

إلى أي مدى تقريبًا؟

ما العلاقة بين المحيط والقطر؟



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 17 العلاقة التربيعية، أو علاقة القطع المكافئ، الموضحة هنا مثال على العلاقة غير الخطية.

العلاقات غير الخطية

تعرض الشكل 17 مسافة سقوط كرة نحاس مقابل الزمن. لاحظ أن الرسم البياني ليس خطًّا مستقيمًا، مما يعني أن العلاقة ليست خطية. وهناك أنواع عديدة للعلاقات غير الخطية في العلوم. نذكر اثنين من الأنواع الأكثر شيوعًا وهما العلاقة التربيعية والعلاقة العكسية.

العلاقة التربيعية يوضح الرسم البياني في **الشكل 17** علاقة تربيعية ممثَّلة بالمعادلة التالية. وتوجد **العلاقة التربيعية** عندما يعتمد متغير على مربع متغير آخر.

العلاقة التربيعية بين متغيرين

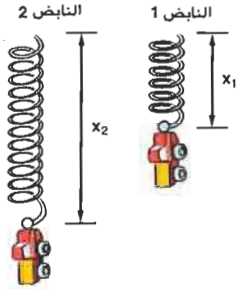
$$y = ax^2 + bx + c$$

يستطيع برنامج كمبيوتر أو آلة حاسبة رسومية إيجاد قيم الثوابت a وb و c في هذه المعادلة بسهولة. في **الشكل 17**، المعادلة هي $d = 5t^2$. راجع كتيب الرياضيات الموجود في كتيّب الأنشطة أو عبر الإنترنت للاطلاع على المزيد حول إنشاء الرسومات البيانية الخطية واستخدامها.

تأكد من فهمك اشرح كيف يرتبط متغيران ببعضهما في علاقة تربيعية.

مسألة تحفيزية

يوجد جسم معلَّق في النابض 1، واستطالة النابض (مسافة تمدده) تساوي x_1. ثم نُزع هذا الجسم من النابض الأول وعلِّق في نابض ثانٍ. فكانت استطالة النابض 2 تساوي x_2. وكانت x_2 أكبر من x_1.

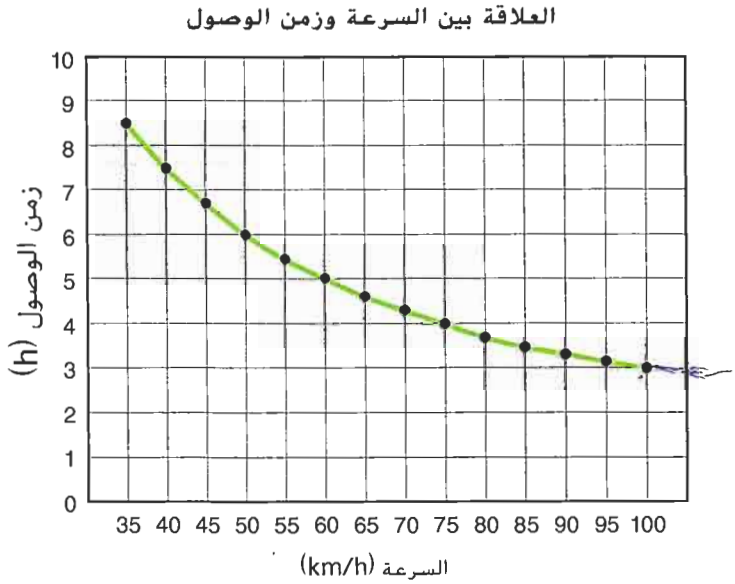


1. ارسم الرسومات البيانية للكتلة مقابل الاستطالة لكلا النابضين، على المحاور نفسها.
2. هل ينبغي تضمين نقطة الأصل في الرسم البياني؟ لمَ أو لمَ لا؟
3. ما الميل الأشد انحدارًا؟
4. عند كتلة معينة، كان $x_2 = 1.6x_1$. فإذا كان $x_2 = 5.3$ cm. فما قيمة x_1؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 18 يُظهر هذا الرسم البياني العلاقة العكسية بين السرعة وزمن الوصول.

صف كيف يتغير زمن الوصول كلما زادت السرعة؟



مختبر الفيزياء

الدليل في الدم

الفيزياء والطب كيف يمكن الحصول على أدلة من بقع الدم؟

العلاقة العكسية يظهر الرسم البياني في **الشكل 18** كيف يختلف الزمن المستغرق لقطع 300 km مع زيادة سرعة السيارة. وهذا مثال على العلاقة العكسية، وتمثله المعادلة التالية. **العلاقة العكسية** هي علاقة عكسية يعتمد فيها متغير على معكوس المتغير الآخر.

العلاقة العكسية بين متغيرين $y = \frac{a}{x}$

العلاقات الثلاثة التي تعلمتها مثال على العلاقات التي ستدرسها غالبًا في هذا الكتاب. كما أن هناك عدة نماذج رياضية أخرى مستخدمة. ومن الأمثلة المهمة على تلك النماذج منحنيات الجيب وتستخدم لنمذجة الظواهر الدورية، والنمو والتحلل الأسي ويستخدمان لدراسة النشاط الإشعاعي. وتمثل التراكيب المؤلفة من نماذج رياضية مختلفة الظواهر الأكثر تعقيدًا.

التأكد من فهم النص اشرح كيف يرتبط متغيران ببعضهما في علاقة عكسية.

تطبيق

21. يوضح **الجدول 4** قيم الكتل لأحجام معينة من سبائك الذهب الخالص.

a. مثّل الكتلة مقابل الحجم من واقع القيم الموضحة في الجدول وارسم المنحنى الأفضل مطابقة لجميع النقاط.

b. صف المنحنى الناتج.

c. وفقًا للرسم البياني، ما نوع العلاقة بين كتلة سبيكة الذهب الخالص وحجمها؟

d. ما قيمة الميل لهذا الرسم البياني؟ أدخِل الوحدات المناسبة.

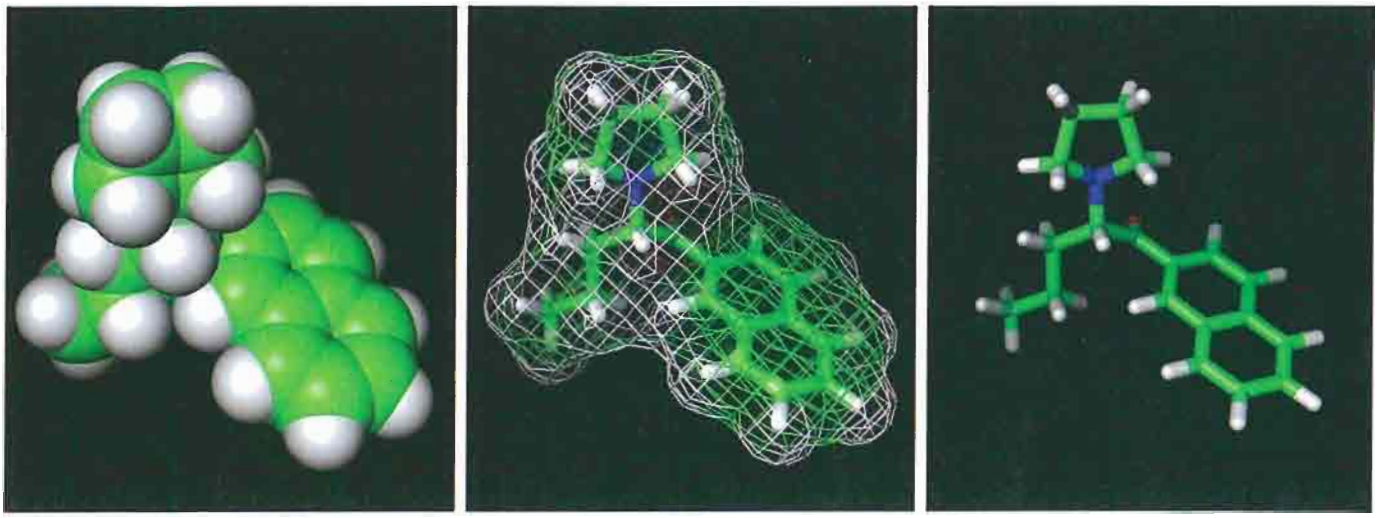
e. اكتب معادلة توضح الكتلة كدالة لحجم الذهب.

f. اكتب تفسيرًا مختصرًا لميل الخط.

الجدول 4 كتلة سبائك الذهب الخالص

الحجم (cm^3)	الكتلة (g)
1.0	19.4
2.0	38.6
3.0	58.1
4.0	77.4
5.0	96.5

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 19 لإنشاء رسم متحرك واقعي، يستخدم صانعو الرسومات المتحركة بواسطة الكمبيوتر نماذج رياضية من الحياة اليومية لإنشاء عالم خيالي مقنع. وهذا النموذج الحاسوبي لجزيء النافيرون قيد التطوير على كمبيوتر صانع الرسوم المتحركة.

توقُّع القيم

عندما يكتشف العلماء علاقات كتلك الموضحة في الرسومات البيانية في هذا القسم، يستخدمونها لإجراء التوقعات. على سبيل المثال، تكون معادلة الرسم البياني الخطي الموضح في **الشكل 16** كما يلي: $y = (0.08\ cm/g)x + 13.7\ cm$

ويمكن استخدام العلاقات، سواء أكانت في شكل صيغ أو مأخوذة من الرسومات البيانية، لتوقُّع القيم التي لم يتم قياسها بصورة مباشرة. إلى أي مدى يتمدد النابض في **الجدول 3** في حالة وجود كتلة تساوي 49 g؟

$$y = (0.08\ cm/g)(49\ g) + 13.7\ cm = 18\ cm$$

من المهم أن تحدد إلى أي مدى يمكنك الاستنتاج من البيانات المتوفرة لديك. على سبيل المثال، القيمة 90 g هي قيمة بعيدة عن القيم المقيسة، وقد ينكسر النابض بدلًا من التمدد إلى هذا الحد.

يستخدم علماء الفيزياء النماذج لتوقع سلوك الأنظمة بصورة دقيقة. فمثلا: ما الحالات التي قد تؤدي إلى حدوث انفجار شمسي (انفجار هائل لمادة من سطح الشمس في الفضاء)، أو كيف يؤدي إجراء التغيرات على بندول ساعة قديمة إلى تغير قدرتها على عرض الوقت الدقيق، أو كيف تؤثر المجالات المغناطيسية في أحد الأجهزة الطبية. يستخدم البشر النماذج في جميع مناحي الحياة بطرق متعددة. وتعرض **الشكل 19** مثالًا على ذلك. ومن خلال الأدوات التي تعلمتها في هذه الوحدة، تستطيع الإجابة عن الأسئلة وتصميم نماذج للمسائل الفيزيائية التي ستواجهك في بقية هذا الكتاب.

مختبر الفيزياء

استكشاف الأجسام المتحركة

كيف تحدد سرعة مركبة؟

القسم 4 مراجعة

22. الفكرة الرئيسية ارسم البيانات التالية بيانيًا. الزمن هو المتغير المستقل.

الزمن (s)	0	5	10	15	20	25	30	35
السرعة (m/s)	12	10	8	6	4	2	2	2

23. فسِّر رسمًا بيانيًا ماذا يعني وجود مقطع y غير صفري في رسم بياني لكتلة كلية مقابل الحجم؟

24. توقَّع استخدم الرسم البياني الموضح في **الشكل 16** لتحديد الكتلة اللازمة لتمدد النابض بمقدار 15 cm .

25. توقَّع استخدم الرسم البياني في **الشكل 18** لتوقُّع زمن الوصول عندما تكون السرعة 110 km/h .

26. التفكير الناقد انظر مرة أخرى إلى الرسم البياني الموجود في **الشكل 16**. واشرح بأسلوبك الخاص كيف سيختلف النابض إذا كان الخط الموجود في الرسم البياني أقل عمقًا أو له ميل صغير.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق في الحياة اليومية

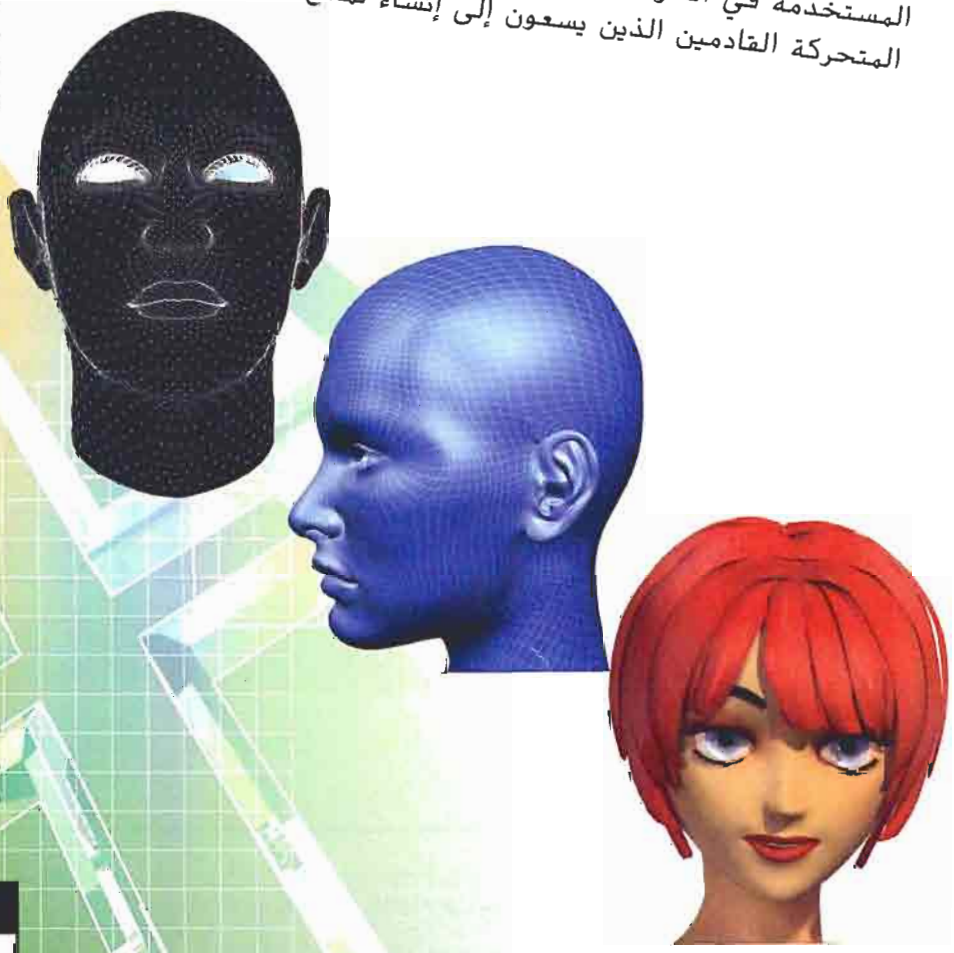
الفيزياء المستخدمة في الرسوم المتحركة

إذا طُلب منك ذكر المهن التي تستخدم الفيزياء، فمن المحتمل ألا يكون صانع الرسوم المتحركة أول من يتبادر إلى ذهنك. في حين أن الرسوم المتحركة الحاسوبية ثلاثية الأبعاد (3D) حلّت مكان الرسوم المتحركة التقليدية ثنائية الأبعاد، التي كانت تُرسم باليد كوسيطة لعرض الأشكال المتحركة على شاشة الكبيرة. فالمعرفة بالفيزياء المستخدمة في الحركة وتفاعل الضوء أمر مهم لصانعي الرسوم المتحركة القادمين الذين يسعون إلى إنشاء نماذج دقيقة فيزيائيًا.

نمذجة الحركة في البداية، يتم تصميم النماذج ثلاثية الأبعاد باليد أو بواسطة جهاز كمبيوتر مباشرة. ويتم توصيل نقاط التحكم الداخلية بشبكة كبيرة بعدد أقل من نقاط التحكم الخارجية تسمى الهيكل، كما يظهر في **الشكل 1**. وتسمح المعادلات الهندسية الخطية التي تربط بين الهيكل ومتغيرات الرسم المتحرك لصانعي الرسوم المتحركة بإنشاء حركة معقدة ودقيقة فيزيائيًا دون الحاجة إلى تحريك كل نقطة تحكم على حدة.

طاقة جهاز الكمبيوتر طاقة جهاز الكمبيوتر اللازمة لنقل جميع هذه المعادلات أمر أساسي. على سبيل المثال، تستخدم معادلة المعالجة اللازمة للإضاءة الشاملة – محاكاة الإضاءة التي ترتد حول بيئة ما – 10 ملايين نقطة، ولكل منها معادلتها خاصة. ويستغرق كل إطار في الرسم المتحرك، يمثل 0.04 s من زمن العرض، ست ساعات تقريبًا.

الشخصيات الحقيقية تجنب مؤيدو الرسوم المتحركة المعتمدة على الرياضيات في الماضي استخدام الشخصيات المعقدة، مثل البشر، التي تظهر غير حقيقية بشكل مزعجة مقارنة بنظائرها من غير البشر. وفي هذه الحالات، فضّلت معظم أستديوهات الرسوم المتحركة استخدام تقنية التقاط الحركة. ومن ناحية أخرى، أدت التطورات خلال العقد الماضي إلى وجود بيئات افتراضية معقدة بصورة كبيرة، مثل المحيطات والشخصيات البشرية الرائعة "المتحركة بشكل طبيعية".



الشكل 1 كل نقطة على المثلثات العديدة التي تكوّن شبكة الشخصية مرتبطة بواسطة معادلات هندسية.

لمزيد من التعمق >>>

البحث هناك جدال قائم حول ما إذا كان التقاط الحركة تقنية مجرّد الرسوم المتحركة من الفن الحقيقي. قارن بين مزايا وعيوب الرسوم المتحركة المعتمدة على الرياضيات والرسوم المتحركة المعتمدة على تقنية التقاط الحركة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 1 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة يستخدم علماء الفيزياء الطرق العلمية لدراسة الطاقة والمادة.

القسم 1 المنهج العلمي

المفردات

- الفيزياء
- المنهج العلمي
- الفرضية
- النموذج
- النظرية العلمية
- القانون العلمي

الفكرة الرئيسة لا تتبع التحقيقات العلمية الخطوات نفسها على الدوام، لكنها تنطوي على طرق متشابهة.

- تتضمن الطرق العلمية إجراء ملاحظات وطرح أسئلة عن العالم الطبيعي.
- يستخدم العلماء النماذج لتمثيل الأشياء التي قد تكون صغيرة أو كبيرة للغاية أو العمليات التي تستغرق وقتًا كبيرًا يحول دون رؤيتها بالكامل أو قد تكون مادة خطرة.
- النظرية العلمية تفسير أشياء أو أحداث بناءً على المعرفة المكتسبة من الملاحظات والتحقيقات. القانون العلمي عبارة تصف شيئًا يحدث في الطبيعة ويبدو أنه صحيح في جميع الأحوال.
- لا يمكن أن يفسر العلم كل شيء أو يحلّه. لا يمكن اختبار الأسئلة المتعلقة بالآراء أو القيم.

القسم 2 الرياضيات والفيزياء

المفردات

- التحليل البُعدي
- الأرقام المعنوية

الفكرة الرئيسة نستخدم الرياضيات للتعبير عن المفاهيم في الفيزياء.

- استخدام النظام المتري يساعد العلماء حول العالم في التواصل بسهولة.
- يُستخدم التحليل البُعدي للتحقق من أن الإجابة ضمن الوحدات الصحيحة.
- الأرقام المعنوية هي الأرقام الصحيحة في القياس.

القسم 3 القياس

المفردات

- القياس
- الضبط
- الدقة
- اختلاف زاوية النظر

الفكرة الرئيسة أخذ القياسات الدقيقة يتيح للعلماء تكرار التجارب ومقارنة النتائج.

- تُسجَّل القياسات بهامش خطأ لأن أخذ قياس جديد ضمن هامش الخطأ يؤكد القياس القديم.
- الضبط درجة توافق القياسات المختلفة لكمية معينة. الدقة هي مدى مطابقة القياس للقيمة الصحيحة.
- تُعد الزاوية التي تُقرأ منها أداة القياس من أسباب الخطأ الشائعة عند أخذ القياس. فإذا قُرئ القياس في أداة ما بشكل مائل، على عكس مستوى النظر، فسيكون القياس أقل دقة.

القسم 4 تمثيل البيانات بيانيًّا

المفردات

- المتغير المستقل
- المتغير التابع
- الخط الأفضل مطابقة
- العلاقة الخطية
- العلاقة التربيعية
- العلاقة العكسية

الفكرة الرئيسة تسهّل الرسومات البيانية من تفسير البيانات، كما أنها تحدّد الاتجاهات وتظهر العلاقات بين مجموعة من المتغيرات.

- تتضمن الرسومات البيانية معلومات حول العلاقات بين المتغيرات. الأنماط التي لا تكون واضحة بشكل مباشرة في قائمة من الأرقام يمكن رؤيتها بسهولة عند تمثيل البيانات بيانيًا.
- تتضمن العلاقات المشتركة الموضحة في الرسومات البيانية العلاقات الخطية والعلاقات التربيعية والعلاقات العكسية. ففي العلاقة الخطية يتغير المتغير التابع خطيًا بحسب المتغير المستقل. وتحدث العلاقة التربيعية عندما يعتمد متغير على مربع متغير آخر. أما في العلاقة العكسية، فيعتمد متغير على معكوس متغير آخر.
- يستخدم العلماء النماذج والعلاقات بين المتغيرات لتسجيل التوقعات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1 التقويم

القسم 1 المنهج العلمي

إتقان المفاهيم

27. صف إحدى طرق المنهج العلمي المتبعة لدراسة مشكلة.

28. اشرح سبب استخدام العلماء لكل من النماذج التالية.

a. نموذج مادي للنظام الشمسي

b. نموذج حاسوبي للديناميكا الهوائية للطائرات

c. نموذج رياضي لقوة الجذب بين جسمين

القسم 2 الرياضيات والفيزياء

إتقان المفاهيم

29. ما وجه أهمية الرياضيات في العلوم؟

30. ما النظام الدولي للوحدات؟

31. ما وجه الارتباط بين الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة؟

32. افترض أن زميلك في التجربة سجّل قياسًا يساوي 100 g.

a. ما وجه الصعوبة في حساب عدد الأرقام المعنوية في هذا القياس؟

b. كيف يمكن توضيح عدد الأرقام المعنوية في هذا العدد؟

33. اذكر اسم كل من أجزاء ومضاعفات المتر التالية.

a. $\frac{1}{100}$ m

b. $\frac{1}{1000}$ m

c. 1000 m

34. ما معامل التحويل الذي ينبغي الضرب فيه لتحويل 1.8 h إلى دقائق؟

35. أوجد حلًا لكل مسألة. واذكر العدد الصحيح للأرقام المعنوية في الإجابات.

a. $4.667\times10^{4}\ g + 3.02\times10^{5}\ g$

b. $(1.70\times10^{2}\ J) \div (5.922\times10^{-4}\ cm^3)$

إتقان حل المسائل

36. حوّل القياسات التالية إلى أمتار.

a. 42.3 cm

b. 6.2 pm

c. 21 km

d. 0.023 mm

e. 214 μm

f. 57 nm

37. اجمع أو اطرح حسب المطلوب.

a. $5.80\times10^{9}\ s + 3.20\times10^{8}\ s$.

b. $4.87\times10^{-6}\ m - 1.93\times10^{-6}\ m$

c. $3.14\times10^{-5}\ kg + 9.36\times10^{-5}\ kg$

d. $8.12\times10^{7}\ g - 6.20\times10^{6}\ g$

38. مهمة التصنيف صنِّف الأعداد التالية من الأكبر إلى الأصغر من حيث عدد الأرقام المعنوية بها: 0.13, 1.234, 0.250, 7.603, 0.08. وضح الروابط بينها بوجه خاص.

39. اذكر عدد الأرقام المعنوية في كل من القياسات التالية.

a. 0.00003 m

b. 64.01 fm

c. 80.001 m

d. 6×10^{8} kg

e. 4.07×10^{16} m

40. اجمع أو اطرح حسب المطلوب.

a. 16.2 m + 5.008 m + 13.48 m

b. 5.006 m + 12.0077 m + 8.0084 m

c. $78.05\ cm^2 - 32.046\ cm^2$

d. 15.07 kg − 12.0 kg

41. اضرب أو اقسم حسب المطلوب.

a. $(6.2\times10^{18}\ m)(4.7\times10^{-10}\ m)$

b. $\frac{(5.6\times10^{-7}\ m)}{(2.8\times10^{-12}\ s)}$

c. $(8.1\times10^{-4}\ km)\ (1.6\times10^{-3}\ km)$

d. $\frac{(6.5\times10^{5}\ kg)}{(3.4\times10^{3}\ m^3)}$

42. الجاذبية القوة الناتجة عن الجاذبية هي $F = mg$ حيث إن $g = 9.8\ N/kg$

a. أوجد القوة الناتجة عن الجاذبية على جسم كتلته 41.63 kg.

b. القوة الناتجة عن الجاذبية على جسم ما تساوي 632 N. فما كتلته؟

43. التحليل البُعدي يُقاس الضغط بوحدات الباسكال، حيث إن $1Pa = = kg/(m{\cdot}s^2)$. هل تعرض العبارة التالية قياس الضغط بوحدات صحيحة؟ $\frac{(0.55\ kg)(2.1\ m/s)}{9.8\ m/s^2}$

القسم 3 القياس

إتقان المفاهيم

44. ما الذي يحدد دقة القياس؟

45. كيف يختلف الرقم الأخير عن الأرقام الأخرى في القياس؟

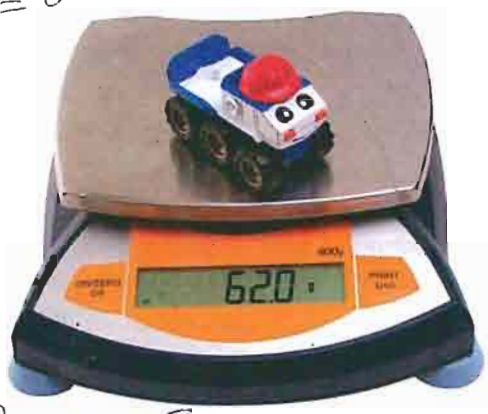
إتقان حل المسائل

46. كتلة أحد خزانات الماء 3,64 kg عندما يكون فارغًا و 51,8 kg عندما يكون ممتلئًا إلى مستوى معين. فما كتلة الماء في الخزان؟

47. يبلغ طول غرفة ما 16,40 m وعرضها 4,5 m وارتفاعها 3,26 m. فما الحجم الذي تحويه الغرفة؟

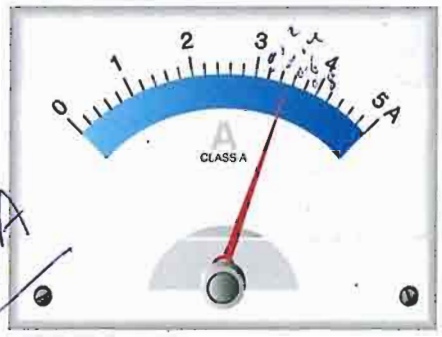
48. تبلغ جوانب قطعة أرض رباعية الأضلاع 132,68 m و 48,3 m و 132,736 m و 48,37 m. فما محيطها؟

49. ما مدى دقة القياس الذي يمكنك أخذه بواسطة الميزان الموضح في الشكل 20؟



الشكل 20

50. اكتب قياس الجهاز الموضح في الشكل 21. استخدم هامش الخطأ في إجابتك.



الشكل 21

51. قدِّر ارتفاع أقرب إطار باب بالسنتيمترات. ثم قم بقياسه. ما مدى دقة تقديرك؟ ما مدى دقة تقديرك؟ ما مدى دقة قياسك؟ ما أوجه الاختلاف في الحالتين؟

52. درجة الحرارة تنخفض درجة الحرارة خطيًا من 24°C إلى 10°C خلال 12 ساعة.

a. أوجد متوسط تغيّر درجة الحرارة في كل ساعة.

b. توقَّع درجة الحرارة خلال ساعتين إضافيتين إذا استمر الاتجاه.

c. هل تستطيع أن تتوقع بدقة درجة الحرارة خلال 24 ساعة؟ لِمَ أو لِمَ لا.

القسم 4 تمثيل البيانات بيانيًّا

إتقان المفاهيم

53. كيف توجِد الميل لرسم بياني خطي؟

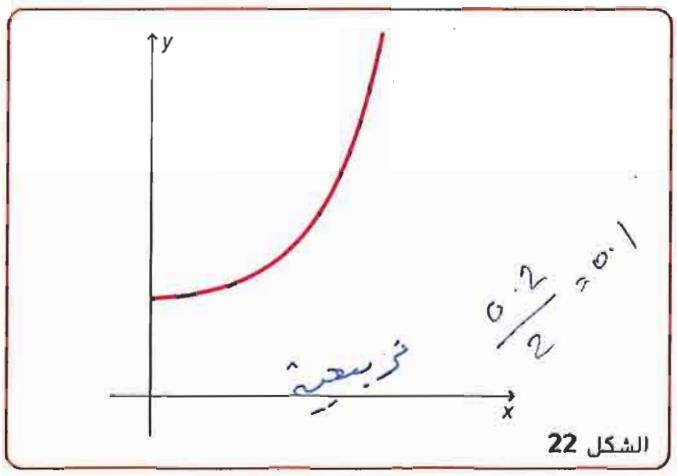
54. أثناء القيادة، تسمى المسافة المقطوعة بين رؤية ضوء التوقف والضغط على الفرامل مسافة رد الفعل. وتعتمد مسافة رد الفعل خطيًا بالنسبة إلى السائق والمركبة على السرعة.

a. هل سيكون الرسم البياني لمسافة رد الفعل مقابل السرعة له ميل سلبي أم إيجابي؟

b. السائق المشتت الذهن يستغرق وقتًا أطول ليضغط على الفرامل مقارنة بالسائق غير المشتت. هل سيكون الرسم البياني لمسافة رد الفعل مقابل السرعة الخاص بالسائق المشتت الذهن له ميل أكبر من الرسم الخاص بالسائق الطبيعي أم أصغر منه؟ اشرح إجابتك.

55. أثناء تجربة معملية، تغيرت درجة حرارة الغاز في البالون وأُخذ قياس حجم البالون. حدد المتغير المستقل والمتغير التابع.

56. ما نوع العلاقة الموضحة في الشكل 22؟ اذكر المعادلة العامة لهذا النوع من العلاقة.



الشكل 22

57. في المعادلة $F = \frac{mv^2}{R}$. ما نوع F والعلاقة بين كل مما يلي؟

a. R و F

b. m و F

c. v و F

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

إتقان حل المسائل

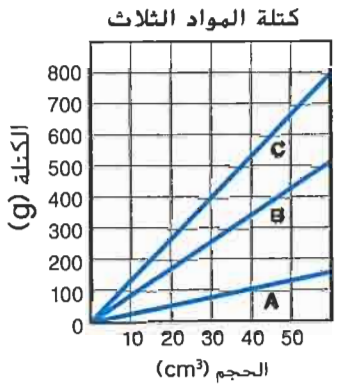
58. يعرض الشكل 23 كتل ثلاث مواد لأحجام تتراوح بين 0 و $60\ cm^3$.

a. ما كتلة $30\ cm^3$ من كل مادة؟

b. إذا كان لديك 100 g من كل مادة، فماذا سيكون حجم كل منها؟

c. صف في جملة أو جملتين معنى ميول الخطوط في هذا الرسم البياني.

d. اشرح معنى مقطع *y* لكل خط.



الشكل 23

59. افترض وجود كتلة على طاولة أفقية غير احتكاكية تقريبًا. طبقت قوى أفقية مختلفة على الكتلة. ثم قيست المسافة التي قطعتها الكتلة في 5 ثوانٍ لكل قوة. يوضح الجدول 5 نتائج التجربة.

الجدول 5 المسافة المقطوعة باستخدام القوى المختلفة

القوة (N)	المسافة (cm)
5.0	24
10.0	49
15.0	75
20.0	99
25.0	120
30.0	145

a. مثِّل بيانيًا القيم الموضح في الجدول وارسم أفضل خط بياني يمثلها.

b. صف المنحنى الناتج.

c. استخدم الرسم البياني لكتابة معادلة تربط المسافة بالقوة.

d. ما الثابت الموجود في المعادلة؟ أوجد وحدات قياسه.

e. توقَّع المسافة المقطوعة عندما تؤثر قوة مقدارها 22.0 N في الكتلة لفترة 5s.

60. افترض أن الإجراء في المسألة السابقة تغيَّر. فتغيَّرت الكتلة بينما ظلت القوة ثابتة. وقِيس الزمن والمسافة، وحُسب التسارع لكل كتلة. يوضح الجدول 6 نتائج التجربة.

الجدول 6 تسارع الكتل المختلفة

الكتلة (kg)	التسارع (m/s^2)
1.0	12.0
2.0	5.9
3.0	4.1
4.0	3.0
5.0	2.5
6.0	2.0

a. مثِّل بيانيًا القيم الموضحة في الجدول وارسم أفضل منحنى لجميع النقاط.

b. صف المنحنى الناتج.

c. اكتب المعادلة التي تربط التسارع بالكتلة التي توضحها البيانات في الرسم البياني.

d. أوجد وحدات الثابت في المعادلة.

e. توقَّع التسارع لكتلة مقدارها 8.0 kg.

61. في إحدى التجارب، قاس أحد الطلاب كتلة حجمها $10.0\ cm^3$ من مادة سائلة. ثم قاس الطالب كتلة حجمها $20.0\ cm^3$ من المادة. وكرر القياسات لحجوم أخرى من المادة وفق الجدول 7.

الجدول 7 قيم الكتلة لأحجام معينة من الكحول

الحجم (cm^3)	الكتلة (g)
10.0	7.9
20.0	15.8
30.0	23.7
40.0	31.6
50.0	39.6

a. مثِّل بيانيًا القيم الموجودة في الجدول وارسم أفضل خط بياني مستقيم يمثل جميع النقاط.

b. صف المنحنى الناتج.

c. استخدم الرسم البياني لكتابة معادلة تربط الحجم بكتلة المادة.

d. أوجد وحدات ميل الخط البياني. ما اسم الكمية الذي يطلق على ميل الخط البياني؟

e. ما كتلة $32.5\ cm^3$ من المادة؟

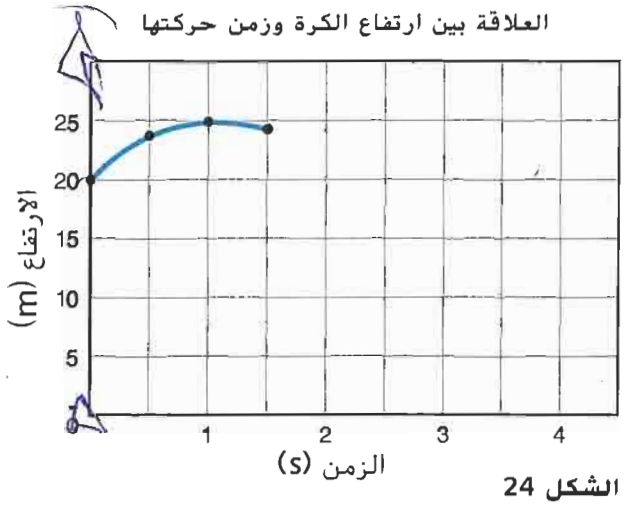
تطبيق المفاهيم

62. هل هل طريقة المنهج العلمي مجموعة من الخطوات المُعرَّفة بوضوح؟ دعّم إجابتك.

63. اشرح الفرق بين النظرية العلمية والقانون العلمي.

64. يظهر الرسم البياني في الشكل 24 الارتفاع عن الأرض لكرة قذفت لأعلى من سطح مبنى خلال 1.5 s من حركتها. ما ارتفاع الكرة عندما تكون $t = 0$؟ توقّع ارتفاع الكرة عندما تكون $t = 2$ s وعندما تكون $t = 5$ s .

العلاقة بين ارتفاع الكرة وزمن حركتها



الشكل 24

65. كثافة كثافة المادة هي ناتج قسمة كتلتها على حجمها.

a. اذكر وحدة القياس للكثافة في النظام الدولي.

b. هل وحدة قياس الكثافة وحدة أساسية أم مشتقة؟

66. ما وحدة القياس المناسبة من أجزاء أو مضاعفات المتر التي تستخدمها لقياس كل مما يلي؟

a. عرض يدك

b. سُمك غلاف كتاب

c. ارتفاع غرفة الفصل

d. المسافة من منزلك إلى غرفة الفصل

67. الحجم صمّم منظمًا بيانيًا لحجم الأجسام. يتراوح طولها بين أقل من 1 mm إلى العديد من الكيلومترات. تتضمن النماذج حجم الخلية، ومسافة انتقال الضوء خلال 1 s، وارتفاع الغرفة.

68. الزمن صمّم منظمًا بيانيًا للفترات الزمنية. تتضمن الفترات الزمنية زمن دقات القلب ومتوسط عمر الإنسان. اذكر في مخططك عدة أمثلة من الفترات الزمنية القصيرة للغاية والفترات الزمنية الطويلة للغاية.

69. سرعة الضوء يقيس عالمان سرعة الضوء. حصل الأول على القياس $(3.001 \pm 0.001) \times 10^8$ m/s؛ بينما حصل الآخر على القياس $(2.999 \pm 0.006) \times 10^8$ m/s.

a. ما القياس الأكثر الذي يتضمن هامش خطأ أقل؟

b. ما القياس الأكثر دقة؟ (يمكنك العثور على سرعة الضوء في نهاية هذا الكتاب).

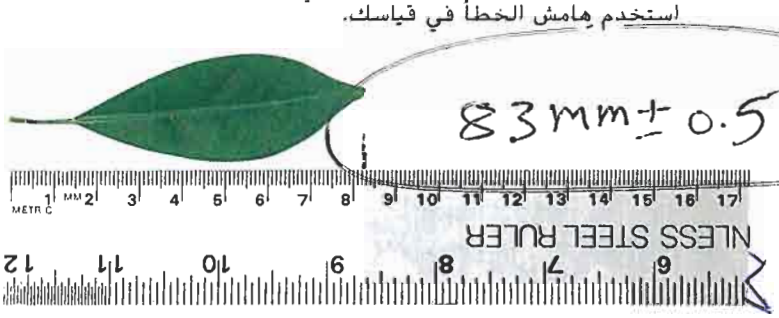
70. لنفترض أنك تقيس أبعاد مكتب وكانت القياسات 132 cm و 83 cm و 76 cm . ومجموع هذه القياسات يساوي 291 cm. بينما ناتج ضربها معا يساوي 8.3×10^5 cm^3 . اشرح كيفية تحديد الأرقام المعنوية في كل حالة.

71. الأموال افترض أنك تلقيت 60.0 درهمًا في بداية الأسبوع وأنفقت منها عشرة دراهم .كل يوم مقابل وجبة الغذاء. وأنت تجهّز رسمًا بيانيًا للمبلغ المتبقي في نهاية كل يوم لمدة أسبوع. هل سيكون ميل هذا الرسم البياني موجبًا أم صفرًا أم سالبًا؟ لماذا؟

72. تم تمثيل بيانات على رسم بياني وكانت قيمة المحور الصادي y مطابقة لكل قيمة للمتغير المستقل. فما الميل؟ لماذا؟ كيف تعتمد قيمة y على قيمة x؟

73. القيادة الرسم البياني لمسافة الفرملة مقابل سرعة السيارة جزء من قطع مكافئ. ولذلك تُكتب المعادلة بالشكل $d = av^2 + bv + c$. ويكون للمسافة (d) وحدات قياس بالأمتار. وللسرعة المتجهة (v) وحدات قياس بالأمتار/الثانية. كيف يمكنك إيجاد وحدات قياس bو a و c؟ ماذا ستكون قيمتها؟

74. ما طول ورقة النبات الموجودة في الشكل 25؟ استخدم هامش الخطأ في قياسك.



الشكل 25

75. اشرح الفرق بين الفرضية والنظرية العلمية.

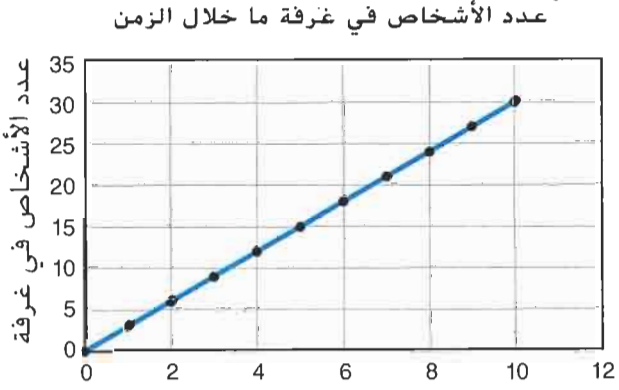
76. اذكر مثالًا لقانون علمي.

77. ما السبب الذي ربما جعل اليونانيين القدماء لا يشكّون في الفرضية (الخاطئة) بأن الأجسام الثقيلة تسقط أسرع من الأجسام الخفيفة؟ تلميح: هل سألت من قبل أيهما يسقط أسرع؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

78. توجد علامة على المخبار المدرّج كل mL. ما مدى الدقة للقياس الذي يمكنك أخذه باستخدام هذه الأداة؟

79. مسألة عكسية اكتب مسألة تحتوي على أجسام من واقع الحياة يمكن أن يكون الرسم البياني في الشكل 26 جزءًا من حلها.



الشكل 26

مراجعة عامة

80. رتّب الأعداد التالية من الأكثر دقة إلى الأقل دقة:
0.0034 m ، 45.6 m ، 1234 m

81. يعرض الشكل 27 محركًا لطائرة نفاثة. اشرح السبب في أن العرض البالغ 80 m سيكون قيمة غير مقبولة لقطر المحرك. ما القيمة التي ستكون مقبولة؟

الشكل 27

82. اعتمادا على معاملات التحويل الآتية:
1.23 longs = 23.0 mediums
74.5 mediums = 645 shorts
كم وحدة shorts تساوي وحدة long واحدة؟

83. لنفترض أن لديك القياسات التالية لجسم ما: الطول = 2.347m والارتفاع = 3.452 cm والسمك = 2.31mm والكتلة = 1659 g. حدد حجم الجسم، بالأمتار المكعبة، وكثافته، بوحدات g/cm^3 .

84. تحتوي قطرة الماء على 1.7×10^{21} من الجزيئات. إذا تبخر الماء بمعدل مليون جزيء في الثانية، فكم عدد السنوات التي تستغرقها النقطة لتتبخر تمامًا؟

85. وُضِعت عينة من فلز كتلتها 17.6g على مخبار مدرّج يحتوي على $10.0\ cm^3$ من الماء. إذا ارتفع مستوى الماء إلى $12.20\ cm^3$، فماذا تكون كثافة الفلز؟

التفكير الناقد

86. طبّق المفاهيم قيل إن بعض الناس يطرحون أسئلة أكثر مما يستطيع الحكيم الإجابة عنها. وفي العلوم، ينبغي على الشخص الحكيم في كثير من الأحيان أن يطرح السؤال الصحيح لا أن يجيب عنه. اشرح إجابتك.

87. طبّق المفاهيم أوجد الكتلة التقريبية للماء بالكيلوجرامات اللازم لملء وعاء طوله 1.40 m وعرضه 0.600 m وعمقه 34.0 cm . سجّل إجابتك برقم معنوي واحد. (استخدم مصدرًا مرجعيًا لإيجاد كثافة الماء).

88. حلّل واستنتج يبلغ مقدار الضغط لوعاء غاز 101 kPa وحجمه $324\ cm^3$ وكتلته 4.00 g. فإذا زاد الضغط إلى 404 kPa ، فماذا ستكون كثافة الغاز؟ يتناسب الضغط عكسيًا مع الحجم.

89. الفكرة الرئيسة صمّم تجربة ما الارتفاع الذي تستطيع رمي الكرة عنده؟ ما المتغيرات التي قد تؤثر في إجابة هذا السؤال؟

90. طرح مسألة أكمل هذه المسألة بحيث تحتوي الإجابة النهائية على 3 أرقام معنوية: "هناك علاج منزلي يُستخدم لمنع التهابات الأذن الخارجية ويتطلب استخدام أجزاء متساوية من الخل والكحول المحمّر. وقمت أنت بقياس 45.62 mL من الخل...."

الكتابة في الفيزياء

91. ابحث في موضوع عن تاريخ الفيزياء وقم بتوضيحه. اشرح كيف تغيرت الأفكار عن الموضوع بمرور الوقت. احرص على ذكر مساهمات العلماء وتقييم تأثير مساهماتهم في التفكير العلمي والعالم خارج المختبر.

92. اشرح كيف تؤدي الدقة المحسنة في قياس الزمن إلى المزيد من التوقعات الدقيقة عن كيفية سقوط جسم ما.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 1 تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

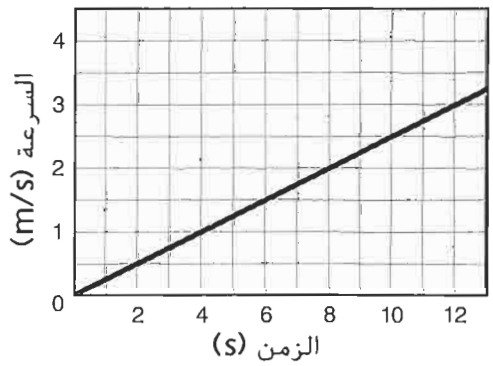
1. يستخدم مختبران طريقة التأريخ بالكربون المشع لقياس عمر مقبضي رمح خشبيين عُثر عليهما في المقبرة نفسها. عثر المختبر (أ) على عمر المقبض الأول يبلغ 40 ± 2250 سنة. بينما عثر المختبر (ب) على عمر المقبض الثاني يبلغ 50 ± 2215 سنة. أي الخيارات التالية صحيح؟
   a. قراءة المختبر (أ) أكثر دقة من قراءة المختبر (ب).
   b. قراءة المختبر (أ) أقل دقة من قراءة المختبر (ب).
   c. قراءة المختبر (أ) أكثر ضبطًا من قراءة المختبر
   d. قراءة المختبر (أ) أقل ضبطًا من قراءة المختبر (ب).

2. أي من ما يلي يساوي 86.2 cm؟
   a. 8.62 m
   b. 0.862 mm
   c. 8.62×10^{-4} km
   d. 862 dm

3. أحمد لديه مسألة متعلقة بالزمن والمسافة والسرعة المتجهة. لكنه نسي الصيغة. ويطلب منه السؤال أخذ قياس بالثواني ووحدة قياس الأعداد المعطاة هي km و m/s. فماذا يستطيع أحمد فعله للحصول على الإجابة بالثواني؟
   a. ضرب وحدة القياس km في m/s ثم ضرب الناتج في 1000.
   b. قسمة وحدة القياس km على m/s ثم ضرب الناتج في 1000.
   c. قسمة وحدة القياس km على m/s ثم قسمة الناتج على1000.
   d. ضرب وحدة القياس km في m/s ثم قسمة الناتج على 1000.

4. ما الميل في الرسم البياني؟
   a. 0.25 m/s^2
   b. 0.4 m/s^2
   c. 2.5 m/s^2
   d. 4.0 m/s^2

مسافة التوقف



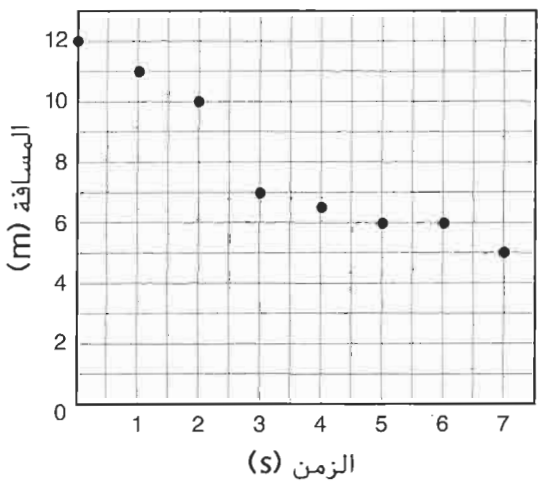
5. ما الصيغ المساوية للصيغة $D = \frac{m}{V}$؟
   a. $V = \frac{m}{D}$
   b. $V = Dm$
   c. $V = \frac{m\,D}{V}$
   d. $V = \frac{D}{m}$

6. ما الذي تمثله المحاكاة الحاسوبية؟
   a. فرضية
   b. نظرية علمية
   c. قانون علمي
   d. نموذج

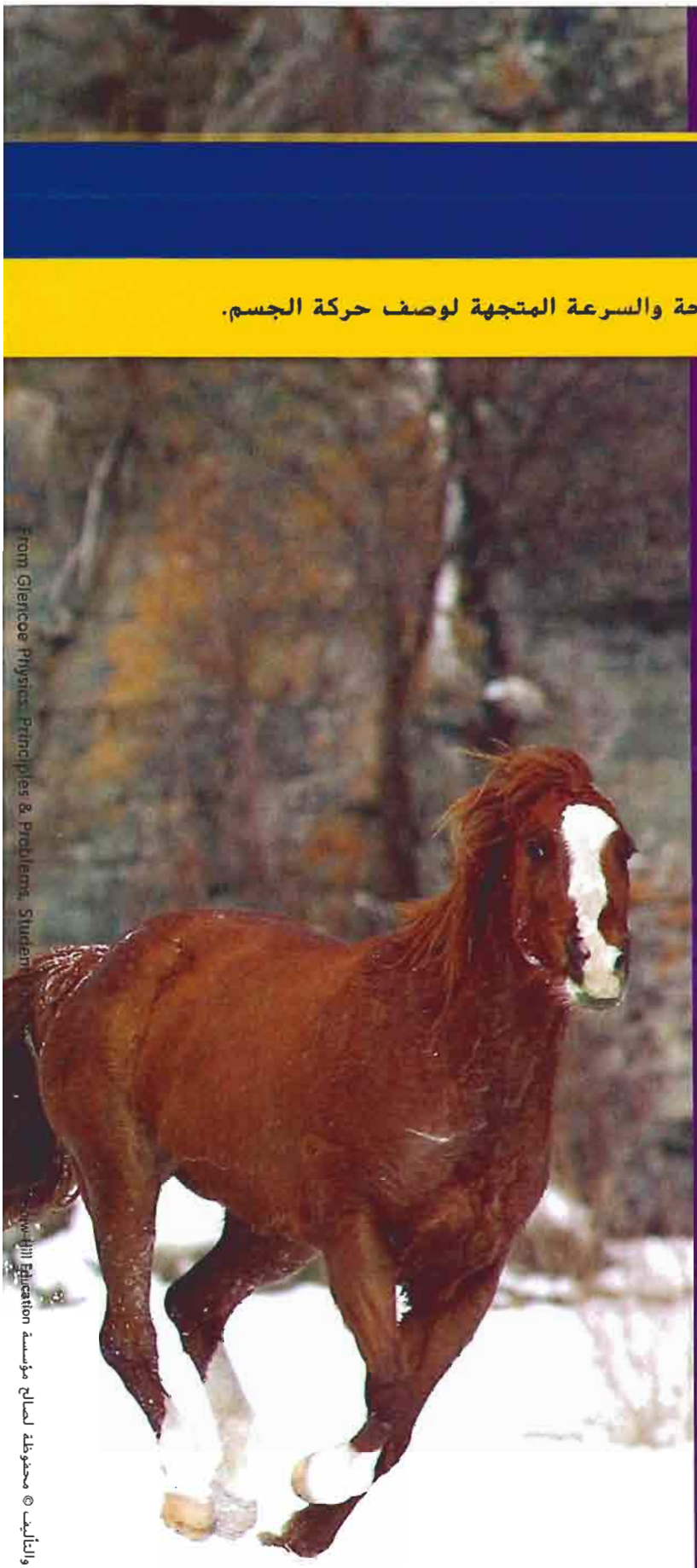
اسئله ذات إجابة مفتوحة

7. تريد أن تحسب التسارع – بوحدات m/s^2 , مع وجود قوة بوحدة N. وكتلة بوحدة g للجسم الذي تؤثر فيه القوة $(1\ N = 1\ kg \cdot m/s^2)$
   a. أعد كتابة المعادلة $F = ma$ بحيث تكون a في علاقة مع m وF.
   b. ما معامل التحويل الذي تحتاج إليه في عملية الضرب لتحويل الجرامات إلى كيلوجرامات؟
   c. تؤثر قوة مقدارها 2.7 N في كتلة مقدارها 350g. اكتب المعادلة التي ستستخدمها. بما في ذلك معامل التحويل. لإيجاد التسارع.

8. أوجد معادلة لأفضل خط بياني للبيانات الموضحة في الرسم البياني الآتي:



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الوحدة 2

تمثيل الحركة

الفكرة الرئيسة يمكنك استخدام الإزاحة والسرعة المتجهة لوصف حركة الجسم.

الأقسام

1 تصوير الحركة

2 الموقع والزمن

3 التمثيل البياني للحركة

4 السرعة

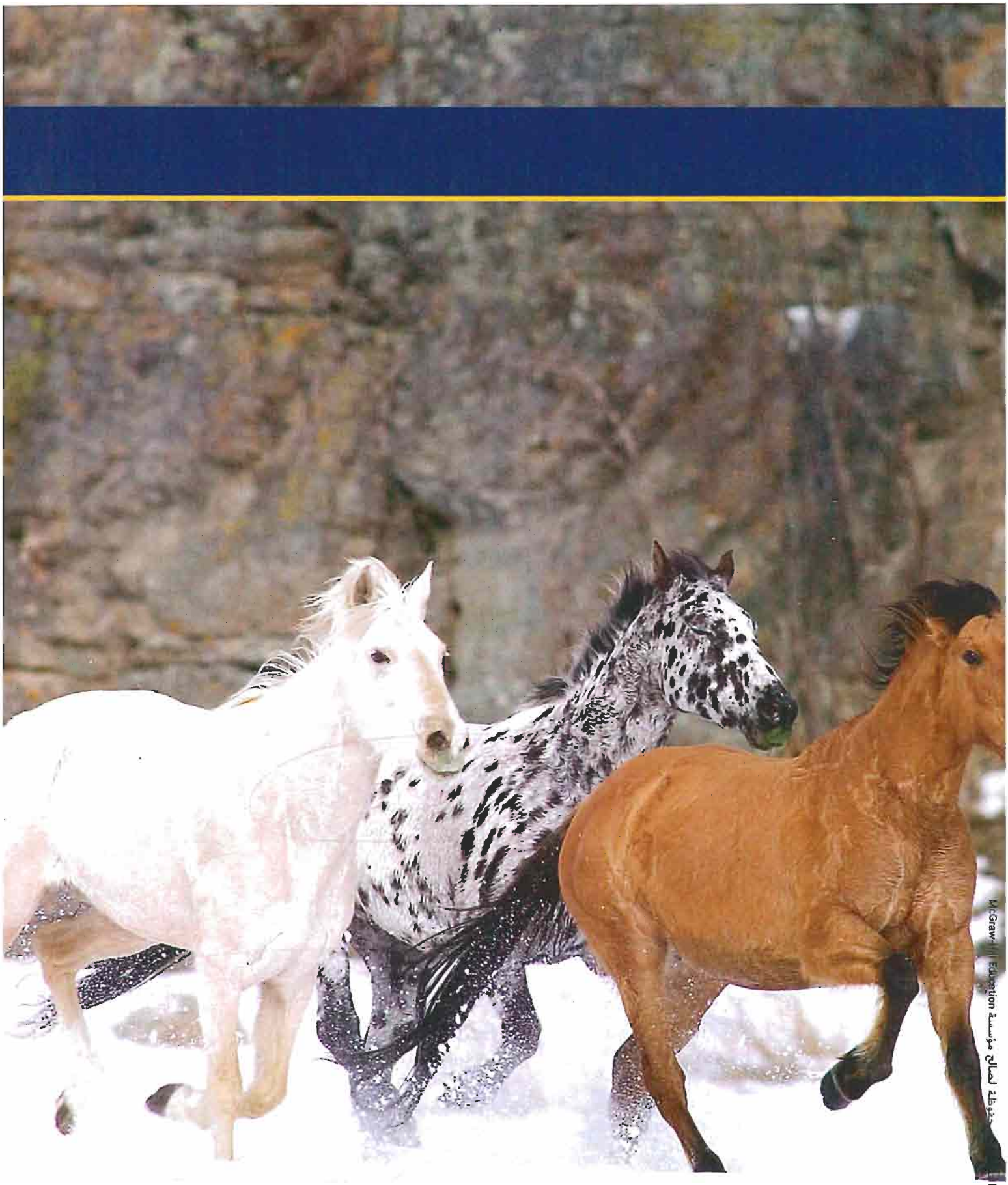
تجربة استهلالية

سباق السيارات اللعبة

ما العوامل التي تحدد سرعة الجسم؟

From Glencoe Physics: Principles & Problems, Student ... Copyright © The McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



حقوق الطبع والنشر محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 3 ينتج عن جمع الصور من **الشكل 2** مخطط الحركة هذا الخاص بحركة العدّاء. مجموعة النقاط التي توجد في الجزء السفلي من الشكل هي نموذج الجسيم الذي يوافق مخطط الحركة.

اشرح كيف يوضح نموذج الجسيم أن سرعة العدّاء لا تتغير.

اعرض رسومات متحركة لرسومات الحركة وحركة الجسيم.

جمع الصور لنفترض أنك وضعت صور العدّاء الأربع بداية من **الشكل 2** فوق بعضها. يوضح **الشكل 3** ما تبدو عليه هذه الأشكال المجمعة. ترى أكثر من شكل لحركة العدّاء، ولكنك ترى شكل واحدة فقط للشجرة والأجسام الأخرى الثابتة في الخلفية. تُسمى مجموعة الصور التي توضح أوضاع الجسم المتحرك على فترات زمنية متساوية **مخطط الحركة**.

نماذج الجسيمات

يصبح تتبع حركة العدّاء أسهل إذا تجاهلت حركة ذراعيه وساقيه وركزت بدلاً من ذلك على نقطة واحدة في منتصف جسمه. في الواقع، يمكنك تجاهل حقيقة أن العدّاء له حجم وتخيل أنه عبارة عن جسم صغير جدًا يوجد بالضبط في هذه النقطة المركزية. في **نموذج الجسيم**، تستبدل الجسم أو الأجسام المهمة بنقاط فردية. يُعد استخدام نموذج الجسيم شائعًا عند دراسة علم الفيزياء.

لاستخدام نموذج الجسيم، يجب أن يكون حجم الجسم أقل بكثير من المسافة التي يقطعها. تصبح حركات الجسم الداخلية، مثل حركة ذراعي العدّاء أو حركة ساقيه، مهملة في نموذج الجسيم. في مخطط الحركة المصور، يمكنك تحديد نقطة مركزية واحدة على العدّاء، مثل النقطة التي توجد في منتصف محيط خصره، ورسم نقطة على موقعها في فترات مختلفة. يوضح الجزء السفلي من **الشكل 3** نموذج الجسيم لحركة العدّاء. في القسم التالي، ستتعلم كيفية إنشاء واستخدام مخطط الحركة الذي يوضح مقدار المسافة التي يقطعها الجسم ومقدار الزمن الذي يستغرقه لقطع هذه المسافة.

مختبر الفيزياء

رسومات الحركة

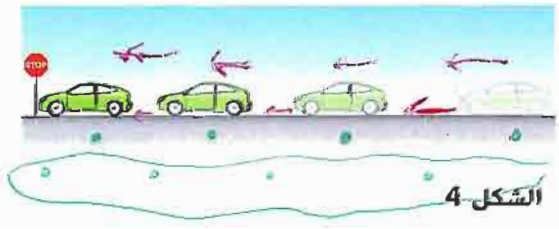
ما أوجه الاختلاف بين مخططات الحركة الخاصة بسيارة لعبة سريعة وسيارة لعبة بطيئة؟

القسم 1 مراجعة

1. **الفكرة الرئيسة** كيف يمثل مخطط الحركة حركة جسم؟

2. **مخطط حركة راكب دراجة** ارسم مخطط حركة نموذج الجسيم لراكب دراجة يتحرك بسرعة ثابتة على طول طريق مستقيم.

3. **مخطط حركة سيارة** ارسم مخطط حركة نموذج جسيم يوافق مخطط الحركة الموضح في **الشكل 4** لسيارة توشك على الوصول إلى لوحة التوقف. أي نقطة على السيارة استخدمتها لتمثيل السيارة؟



الشكل 4

4. **مخطط حركة طائر** ارسم مخطط حركة نموذج جسيم يوافق مخطط الحركة الموضح في **الشكل 5** لطائر أثناء طيرانه. مالنقطة التي أخترتها على جسم الطائر لتمثله؟

الشكل 5

5. **التفكير الناقد** ارسم مخططات حركة نموذج جسيم لعدّاءين أثناء سباق يعبر فيه أحدهما خط النهاية ويقطع الآخر ثلاثة أرباع المسافة حتى خط النهاية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 الموقع والزمن

الفيزياء في حياتك

هل سبق أن استخدمت خريطة إلكترونية لمعرفة الاتجاهات؟ تعرض هذه الأجهزة المفيدة المسافات والاتجاهات التي تحتاج إليها لمعرفة الطريق. بل إن هناك أجهزة كثيرة توضح زمن المسافات المختلفة في الرحلة. لكي تعرف الطريق إلى مكان ما، ستحتاج إلى اتجاهات واضحة للوصول إلى المكان المقصود.

الفكرة الرئيسة

النظام الإحداثي مفيد عندما تصف الحركة.

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بالنظام الإحداثي؟
- كيف يؤثر النظام الإحداثي المحدد في علامة مواضع الأجسام؟
- كيف تُقاس الفترات الزمنية؟
- ما المقصود بالإزاحة؟
- ما فائدة رسومات الحركة عند الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بموقع الجسم أو إزاحته؟

مراجعة المفردات

بُعد (dimension) امتداد في اتجاه معين؛ يكون البُعد الواحد على امتداد خط مستقيم؛ والأبعاد الثلاثة هي الطول والعرض والارتفاع

المفردات الجديدة

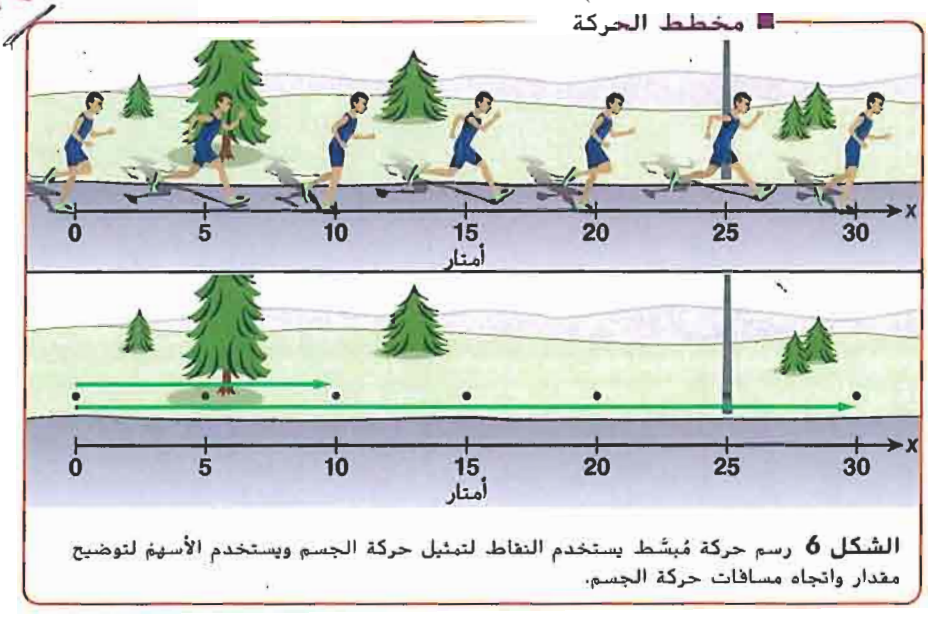
نظام إحداثي	coordinate system
نقطة الأصل	origin
موقع	position
مسافة	distance
مقدار	magnitude
متجه	vector
كمية عددية	scalar
فترة زمنية	time interval
إزاحة	displacement
محصِّلة	resultant

الأنظمة الإحداثية

هل من الممكن قياس المسافة والزمن على مخطط الحركة؟ قبل التقاط صور لعدّاء، يمكنك وضع شريط قياس طويل على الأرض لتوضيح مكان العدّاء في كل شكل. ويمكن أن تُظهر ساعة إيقاف على شاشة الكاميرا زمنَ العدْو. لكن أين ينبغي أن تضع طرف شريط القياس؟ ومتى ينبغي أن تُشغّل ساعة الإيقاف؟

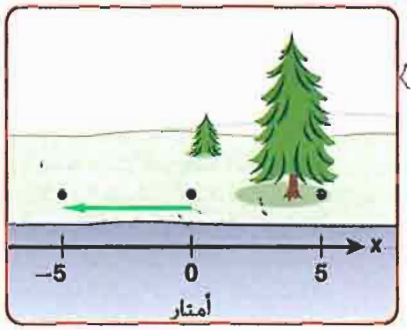
الموقع والمسافة من المهم أن تحدّد نظامًا تختار فيه مكان وضع نقطة الصفر لشريط القياس ووقت تشغيل ساعة الإيقاف. يُبيّن **النظام الإحداثي** موقع نقطة الصفر للمتغير الذي تدرُسه واتجاهَ تزايد قيم هذا المتغير. **نقطة الأصل** هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل المتغيرات في النظام الإحداثي صفرًا. في مثال العدّاء، يمكن أن تكون نقطة الأصل، التي تمثل نقطة الصفر لشريط القياس، على بُعد 6 m يسار الشجرة. ولأن الحركة تكون في خط مستقيم، يجب أن يكون شريط القياس على امتداد هذا الخط. يمثل الخط المستقيم محورًا على النظام الإحداثي.

يمكنك أن توضح المسافة التي يبعُدها العدّاء في **الشكل 6** عن نقطة الأصل في وقت معين على مخطط الحركة عن طريق رسم سهم من نقطة الأصل إلى النقطة التي تمثّل العدّاء، كما هو موضح أسفل الشكل. يمثّل هذا السهم **موقع** العدّاء، والمسافة والاتجاه من نقطة الأصل إلى الجسم. بوجه عام، تُعرف **المسافة** بأنها الطول الكلي لمسار حركة الجسم. حتى وإن تحرك الجسم في اتجاهات مختلفة. ولأن **الحركة** في **الشكل 6** في اتجاه واحد، فإن أطوال السهم تمثل المسافة.



الشكل 6 رسم حركة مُبسَّط يستخدم النقاط لتمثيل حركة الجسم ويستخدم الأسهم لتوضيح مقدار واتجاه مسافات حركة الجسم.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



الشكل 7 يوضح السهم الأخضر إزاحة سالبة مقدارها 5.0 m- إذا تم اختيار الاتجاه الموجود على يمين نقطة الأصل كاتجاه موجب.

الاستدلال ما الموقع الذي يمكن أن يوضحه السهم إذا اخترت الاتجاه الموجود على يسار نقطة الأصل كاتجاه موجب؟

الموقع السالب هل يوجد ما يُسمى بالموقع السالب؟ افترض أنك اخترتَ النظام الإحداثي الذي تم توضيحه للتو. لكنك وضعت نقطة الأصل هذه المرة على بُعد 4 m يسار الشجرة مع امتداد المحور الأفقي x في الاتجاه الموجب ناحية اليمين. سيكون الموقع على بُعد 9 m يسار الشجرة. أو 5 m يسار نقطة الأصل موقعًا سالبًا. كما هو موضح في **الشكل 7**.

الكميات المتجهة وغير المتجهة

توجد كميات كثيرة في الفيزياء لها حجم. يُسمى أيضًا **المقدار**. واتجاه. تُسمى الكمية التي لها مقدار واتجاه **متجهًا**. يمكن تمثيل المتجه بالأسهم. حيث يمثل طولُ السهم مقدارَ المتجه. ويمثل اتجاهُ السهم اتجاهَ المتجه. يُطلق على الكمية التي تمثل عددًا من دون أي اتجاه. كالمسافة أو الزمن أو درجة الحرارة. اسم **كمية عددية**. في هذا الكتاب المدرسي. نستخدم أحرفًا مكتوبة بخط عريض لتمثيل الكميات المتجهة وأحرفًا مكتوبة بالخط العادي لتمثيل الكميات العددية.

تُعتبر الفترات الزمنية كميات عددية. عند تحليل حركة العدّاء. ربما تحتاج إلى معرفة الزمن الذي استغرقه للركض من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة. يمكنك الحصول على هذه القيمة عن طريق إيجاد الفرق بين قراءة ساعة الإيقاف عند الشجرة وقراءتها عند عمود الإنارة. يوضح **الشكل 8** هاتين القراءتَين. يُسمى الفرق بين زمنَين **فترةً زمنية**.

والرمز الشائع للفترة الزمنية هو Δt. حيث يُستخدم الحرف اليوناني (Δ) لتمثيل التغير في الكمية. افترض أن t_i يمثل الزمن الابتدائي (البداية). عندما كان العدّاء عند الشجرة. وافترض أن t_f يمثل الزمن النهائي (النهاية) للفترة الزمنية. عندما كان العدّاء عند عمود الإنارة. حينها نُعرّف الفترة الزمنية رياضيًا على النحو التالي.

الفترة الزمنية

تساوي الفترةُ الزمنية الزمنَ النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

$$\Delta t = t_f - t_i$$

يمثل الحرفان السفليان i وf الزمنَين الابتدائي والنهائي. لكن يمكن أن يكونا الزمنَين الابتدائي والنهائي لأي فترة زمنية تختارها. في مثال العدّاء. يكون الزمن الذي يستغرقه للركض من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة هو $t_f - t_i = 5.0\ s - 1.0\ s = 4.0\ s$. أو يمكنك وصف الفترة الزمنية لركض العدّاء من نقطة الأصل إلى نقطة عمود الإنارة.

في هذه الحالة. ستكون الفترة الزمنية $t_f - t_i = 5.0\ s - 0.0\ s = 5.0\ s$.

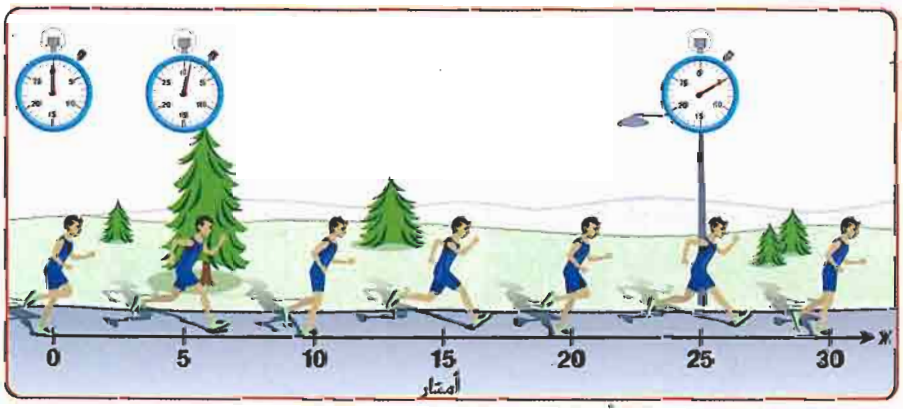
الفترة الزمنية كمية عددية لأنها لا اتجاه لها. لكن ماذا عن موقع العدّاء؟ هل هو كمية عددية أيضًا؟

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

المقدار (Magnitude)

- **الاستخدام العلمي**
  قياس الطول
  عند رسم متجه. يكون مقدار المتجه يتناسب مع طول هذا المتجه.
- **الاستخدام العام**
  طول كبير أو ممتد
  يصعُب اظهار مقدار الأخدود الأعظم الأخدود الأعظم في صور فوتوغرافية.



الشكل 8 يمكنك استخدام الساعات الموجودة في الشكل لحساب الفترة الزمنية (Δt). لحركة العدّاء من موقع إلى آخر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الإزاحات تعتبر متجهات. لقد رأيت سابقًا كيف يمكن وصف الموقع باعتباره موجبًا أو سالبًا بهدف توضيح هل الموقع على يمين نقطة الأصل أم على يسارها في المستوى الإحداثي. يشير ذلك إلى أن الموقعَ متجه لأن له اتجاه – إما إلى اليمين أو اليسار في هذه الحالة.

يوضح الشكل 9 موقع العدّاء عند كل من نقطة الشجرة ونقطة عمود الإنارة. لاحظ أنه يمكنك رسم سهم من نقطة الأصل إلى موقع العدّاء في كل حالة. وسيكون لهذه الأسهم مقدار واتجاه غالبًا ما نستخدم كلمة (موقع) للإشارة إلى مكان ما. أما في الفيزياء فالموقع متجه ذيله عند نقطة الأصل لنظام الإحداثيات المستخدم، ورأسه عند المكان المراد تحديد موقعه..

يمكنك استخدام الرمز x لتمثيل الموقع رياضيًا.في **الشكل 9**، يمثل الرمز x_i الموقع عند الشجرة، بينما يمثل الرمز x_f الموقع عند عمود الإنارة. يمثل الرمز Δx التغير في الموقع من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة. نظرًا لكثرة وصف التغير في الموقع وتحليله في مجال الفيزياء، فإن له اسمًا خاصًا. في الفيزياء، يُسمى التغير في الموقع **الإزاحة.** ولأن الإزاحة لها اتجاه، فهي متجه.

☑ **تأكد من فهمك** قارن بين المسافة التي يتحركها الجسم وإزاحة الجسم لحركة في خط مستقيم.

ماذا كانت إزاحة العدّاء عندما ركض من الشجرة إلى عمود الإنارة؟ عند النظر إلى **الشكل 9**، ترى أن هذه الإزاحة كانت 20 m إلى اليمين. لاحظ أيضا أن الإزاحة من الشجرة إلى عمود الإنارة (Δx) تساوي قيمة الموقع عند عمود الإنارة (x_f) مطروحا منها قيمة الموقع عند الشجرة (x_i). هذه حقيقة عامة؛ فالإزاحة تساوي الموقع النهائي مطروحًا منه الموقع الابتدائي.

الإزاحة

الإزاحة هي التغير في الموقع و تساوي الموقع النهائي مطروحًا من الموقع الابتدائي.

$$\Delta x = x_f - x_i$$

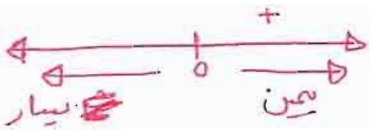
تذكّر أن الموقعَين الابتدائي والنهائي هما بداية أي فترة زمنية تختارُها ونهايتها. ورغم أن الموقعَ متجه، إلا أن مقدار الموقع قد يوصف أحيانًا من دون استخدام خط عريض. في هذه الحالة، قد تُستخدم علامة الموجب أو السالب لتوضيح الاتجاه.

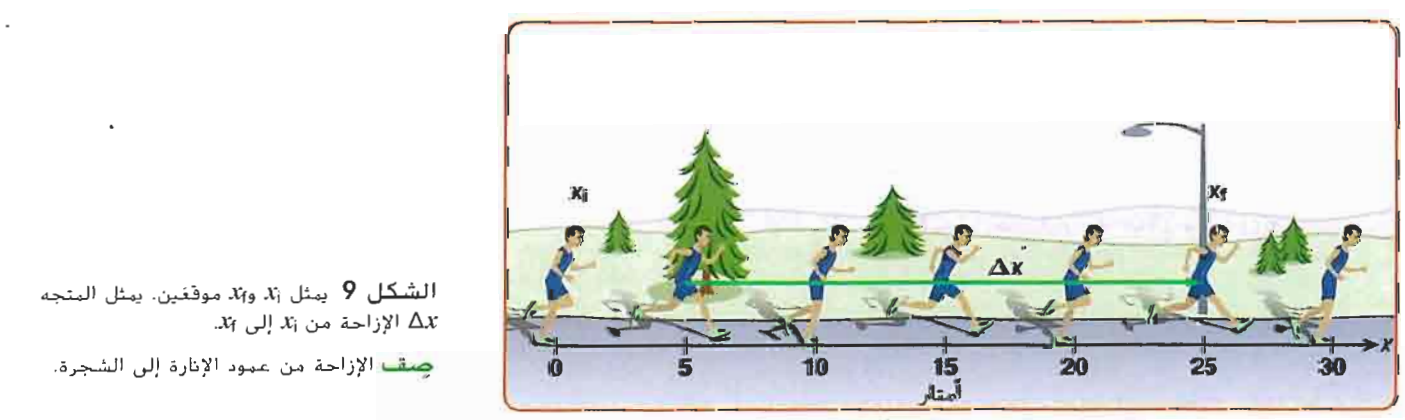
☑ **تأكد من فهمك** صِف ما يشير إليه اتجاه سهم الإزاحة وطوله.

تجربة مصغرة

نماذج متجهات

كيف يمكنك نمذجة جمع المتجهات باستخدام ألعاب التركيب؟





الشكل 9 يمثل x_i وx_f موقعَين. يمثل المتجه Δx الإزاحة من x_i إلى x_f.

صِف الإزاحة من عمود الإنارة إلى الشجرة.

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة الطبع والتأليف

جمع المتجهات وطرحها ستتعرف على أنواع كثيرة ومختلفة من المتجهات في علم الفيزياء، بما في ذلك السرعة المتجهة والتسارع والزخم. ستحتاج غالبًا إلى إيجاد مجموع متجهَين أو الفرق بين متجهَين. يُسمى المتجه الذي يمثل مجموع متجهَين آخرَين **المحصّلة.** يوضح **الشكل 10** كيفية جمع المتجهات في بُعد واحد وطرحها. وفي وحدة مقبلة، ستتعلم كيفية جمع المتجهات في بُعدَين وطرحها.

الشكل 10 ترى رسمًا أو معادلة لجمع المتجهات.

حلّل ما مجموع متجه طوله 12 m شمالاً ومتجه طوله 8 m شمالاً؟

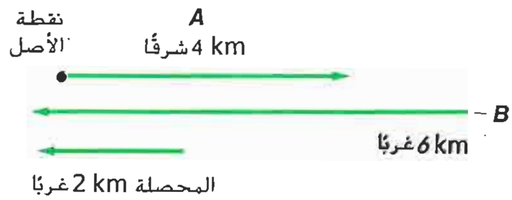
20 m شمالاً

مثال لجمع المتجهات

$R = A + B$
$= 7$ km شرقًا

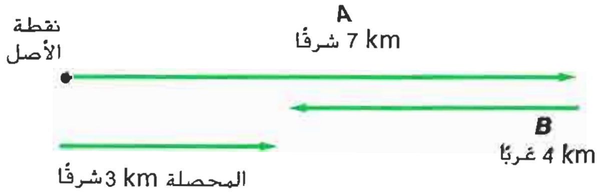
$R = A + B$
$= 5 \text{ km} + 2 \text{ km}$
$= 7 \text{ km}$

مثال لطرح المتجهات



$R = A - B$
$= 4 \text{ km} - 6 \text{ km}$
$= -2 \text{ km}$

$R = A - B$
$=$ 2 km غربًا



$R = A + B$
$= 7 \text{ km} - 4 \text{ km}$
$= 3 \text{ km}$

$R = A - B$
$=$ 3 km شرقًا

القسم 2 مراجعة

6. الفكرة الرئيسة حدد نظامًا إحداثيًا يمكنك استخدامه لوصف حركة طفلة تسبح في حمّام سباحة مستطيل الشكل.

7. الإزاحة الرسم أدناه يوضح الحركة لسيارة على طريق دولي سريع. نقطتا البداية والنهاية موضحتان.

البداية • • • • النهاية

انسخ الرسم. ثم ارسم متجهًا يمثل إزاحة السيارة من زمن البداية إلى نهاية الفترة الزمنية الثالثة.

8. الموقع مثلت طالبتان رسم حركة لموقع جسم متحرك بعد $t = 2s$. وعندما قارنتا بين الرسمَين، وجدتا أن الموقعين ليسا في الاتجاه نفسه. اشرح.

9. الإزاحة الرسم أدناه يوضح الحركة لطالب يذهب إلى المدرسة سيرًا على الأقدام.

المنزل • • • • • • • • • • • • المدرسة

انقل مخطط الحركة هذا، ثم ارسم متجهات لتمثيل الإزاحة بين كل نقطتَين.

10. التفكير الناقد تتحرك سيارة في شارع من محل بقالة إلى مكتب بريد في خط مستقيم. ولتمثيل حركتها، استخدمتَ نظامًا إحداثيًا نقطة الأصل فيه عند محل البقالة واتجاه حركة السيارة فيه هو الاتجاه الموجب. بينما استخدم صديقك نظامًا إحداثيًا نقطة الأصل فيه عند مكتب البريد والاتجاه العكسي فيه هو الاتجاه الموجب. هل ستتفقان على موقع السيارة؟ والإزاحة؟ والمسافة؟ والفترة الزمنية التي استغرقتها الرحلة؟ اشرح.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

التمثيل البياني للحركة

الفيزياء في حياتك

يوضح العديد من الرسومات البيانية الاتجاهات بمرور الزمن. على سبيل المثال، يمكن أن يوضح رسم بياني سعر البنزين على مدار عدة شهور أو سنوات. وبالمثل، يمكن أن يوضح رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن مدى تغير موقع مُجدّف في قارب تجديف خلال فترة زمنية. لذا يمكن أن يستخدم المُجدّفون الرسومات البيانية لتحليل أدائهم.

الفكرة الرئيسة

يمكنك استخدام الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن لتحديد موقع الجسم في زمن معين.

الأسئلة الرئيسة

- ما المعلومات التي توضحها الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن؟
- كيف يمكنك استخدام رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن لتفسير موقع الجسم أو إزاحته؟
- ما الأغراض من التمثيلات المتكافئة لحركة الجسم؟

مراجعة المفردات

نقطة تقاطع (intersection) نقطة يلتقي عندها خطان ويتقاطعان

المفردات الجديدة

الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن
position-time graph

موقع لحظي
instantaneous position

تحديد المواضع

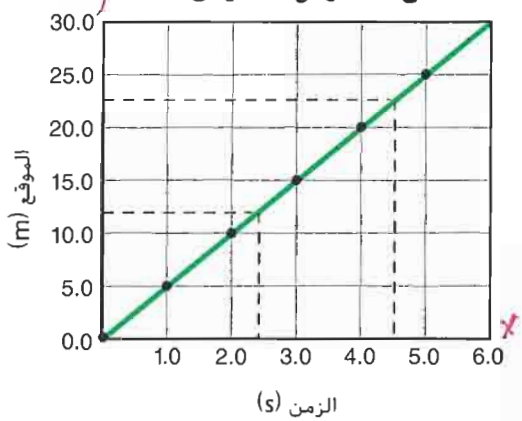
عند تحليل حركة معقدة، غالبًا ما يكون من المفيد تمثيل الحركة بعدة طرق. يحتوي رسم الحركة على معلومات عن موقع الجسم في توقيتات زمنية مختلفة. يمكن أيضًا أن توضح هذه الجداول والرسومات البيانية هذه المعلومات نفسها. راجع رسمَي الحركة في **الشكل 8** و**الشكل 9**. يمكنك استخدام هذين الرسمين لتنظيم التوقيتات الزمنية ومواضع العدّاء المقابلة، كما هو موضح في **الجدول 1**.

تحديد البيانات يمكن تمثيل البيانات الواردة في **الجدول 1** في **رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن**، بحيث تُحدد فيه بيانات الزمن على محور أفقي وبيانات الموقع على محور رأسي. يَظهر الرسم البياني لحركة العدّاء في **الشكل 11**. لرسم هذا الرسم البياني، حدّد مواضع العدّاء أولاً. ثم ارسم الخط الأكثر ملاءمة للنقاط.

تقدير الزمن والموقع لاحظ أن الرسم البياني ليس مماثلاً لمسار حركة العدّاء – فخط الرسم البياني مائل، ومسار حركة العدّاء كان أفقيًا. بل يمثل الخطُ أكثرَ مواضع العدّاء احتمالاً في الفترات الزمنية بين نقاط البيانات المسجلة. على الرغم من أنه لا توجد بيانات توضح بدقة الزمنَ عندما كان العدّاء على بُعد 12.0 m من نقطة البداية أو توضح موقعَ العدّاء عند $t = 4.5$ s، إلا أنه يمكنك استخدام الرسم البياني لتقدير الزمن أو الموقع. يوضح مثال المسألة الوارد في الصفحة التالية كيف يتم ذلك.

الجدول 1 تغيرات الموقع والزمن

الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
1.0	5.0
2.0	10.0
3.0	15.0
4.0	20.0
5.0	25.0



الشكل 11 يمكنك إنشاء رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن من خلال تحديد المواضع والفترات الزمنية من الجدول. وعن طريق رسم أفضل خط بياني لجميع النقاط. يمكنك تقدير الفترات الزمنية والمواقع غير الواردة في الجدول.

اشرح لماذا يظهر الخط البياني على الرسم البياني مائلاً رغم أنه يصف حركة جسم في خط مستقيم؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

تحليل رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن ما الزمن الذي وصل فيه العدّاء الذي وُصفت حركته في **الشكل 11** إلى مسافة 12.0 m بدءًا من نقطة البداية؟ وما الموقع الذي وصل إليه بعد مرور 4.5 s؟

1 تحليل المسألة

أعِد صياغة السؤالين.

السؤال 1: في أي وقت كان مقدار موقع العدّاء (x) يساوي 12.0 m؟

السؤال 2: ما موقع العدّاء عندما كان الزمن t = 4.5 s؟

2 إيجاد المجهول

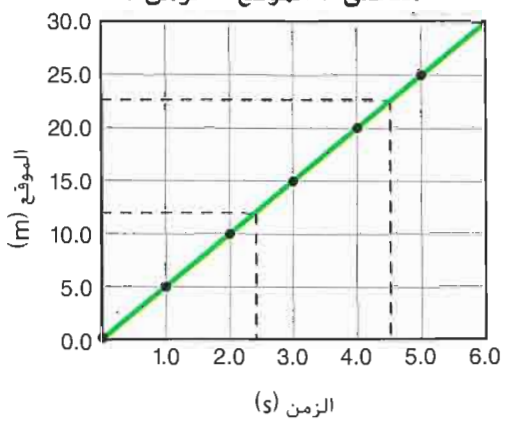
السؤال 1

أمعن النظر في الرسم البياني لمعرفة نقطة تقاطع خط المواءمة الأفضل مع خط أفقي عند العلامة 12.0 m. ثم حدّد النقطة التي يتقاطع فيها خط رأسي قادم من تلك النقطة مع محور الزمن. فيكون الموقع t عند هذه النقطة هي 2.4 s.

السؤال 2

حدّد نقطة تقاطع الخط البياني مع خط رأسي المار من الزمن 4.5 s (في المنتصف بين الزمنين 4.0 s و5.0 s على هذا الرسم البياني). ثم حدّد النقطة التي يتقاطع فيها خط أفقي من تلك النقطة مع محور الموقع. قيمة x هي 22.5 m تقريبًا.

منحنى (الموقع –الزمن)



تطبيق

بالنسبة إلى المسائل *11-13* ارجع إلى **الشكل 12**.

11. يمثل الرسم البياني الوارد في **الشكل 12** حركة سيارة تسير على طريق سريع في خط مستقيم. صِف بالكلمات حركةَ السيارة.

12. ارسم مخطط حركة باستخدام نموذج جسيم نقطي يتناسب مع الرسم البياني.

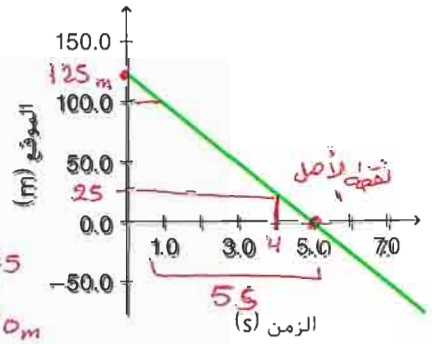
13. أجب عن الأسئلة التالية عن حركة السيارة. افترض أن الاتجاه x الموجب شرقَ نقطة الأصل وأن الاتجاه x السالب غربَ نقطة الأصل.

a. في أي زمن كان موقع السيارة على بُعد 25.0 m شرقَ نقطة الأصل؟

b. أين كانت السيارة عند t = 1.0 s؟

c. ماذا كانت إزاحة السيارة بين t = 3.0 s و t = 1.0 s؟

منحنى (الموقع –الزمن)



الشكل 12

14. يمثل الرسم البياني الوارد في **الشكل 13** حركة شخصين يسيران في خط مستقيم على رصيف للمشاة في المدينة. صِف بالكلمات حركة الشخصين المترجّلين وافترض أن الاتجاه الموجب شرقَ نقطة الأصل.

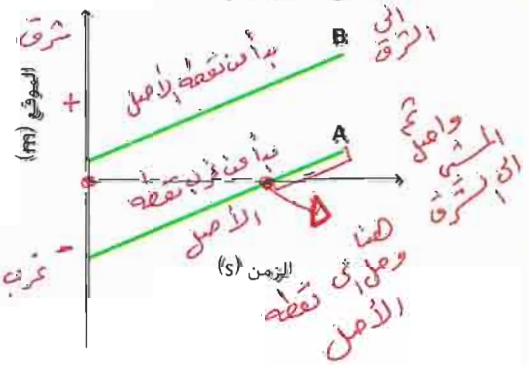
15. التحدي سار سالم من الكافيتريا إلى غرفة الموسيقى عبر قاعة المدرسة الرئيسة مسافة 100.0 m. يسجّل فصل من طلاب الفيزياء موقعه كل 2.0 s ويجدّدونه على رسم بياني. مع العلم أنه كان يتحرك مسافة 2.6 m كل 2.0 s فمتى كان سالم في المواضع التالية؟

a. 25.0 m من الكافيتريا

b. 25.0 m من غرفة الموسيقى

c. أنشئ رسمًا بيانيًا يوضح حركة سالم.

منحنى (الموقع –الزمن)



الشكل 13

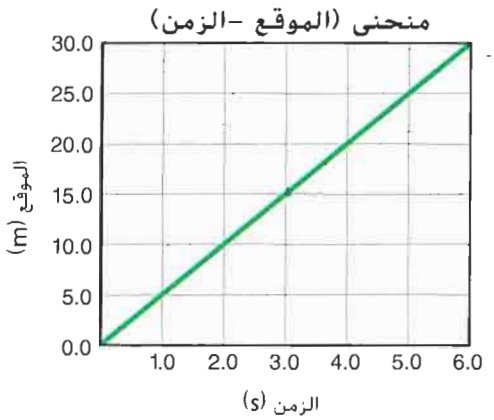
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 1 الموقع والزمن

الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
1.0	5.0
2.0	10.0
3.0	15.0
4.0	20.0
5.0	25.0

مخطط الحركة

النهاية • • • • • • • • البداية



الموقع اللحظي كم تبلغ المدة التي استغرقها العدّاء عند أي موقع؟ تم ربط كل موقع بزمن معين، ولكن كم تبلغ مدة هذا الزمن؟ قد يكون "لحظيًا". ولكن كم تبلغ مدة هذه اللحظة؟ إذا استمرّت لحظةٌ لأي فترة زمنية محددة، فهذا يعني أن العدّاء قد مكث في الموقع نفسه أثناء تلك الفترة ولم يتحرك. لكن اللحظة ليست فترة زمنية محددة. لأنها لا تستغرق حتى ثانية واحدة من الوقت. يُمثل الرمز x **الموقع اللحظي** للعدّاء – وهو الموقع في لحظة معينة. ببساطة، عادةً ما يُسمى الموقع اللحظي بالموقع.

الشكل 14 يمكنك وصف حركة العدّاء باستخدام جدول البيانات ومخطط الحركة والرسم البياني.

حدّد ميزة واحدة يوفرها الجدول مقارنة بالرسم البياني.

☑ **تأكد من فهمك** اشرح المقصود بالموقع اللحظي للعدّاء. ١- موقع العداء الحالي في لحظة معينة

وصف الحركة كما هو موضح في **الشكل 14**، لديك الآن عدة طرق مختلفة لوصف الحركة. فقد تصفُ الحركة باستخدام الكلمات أو الصور (أو التمثيلات البصرية) أو مخططات الحركة أو جداول البيانات أو الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن. حيث تحتوي كل هذه التمثيلات على المعلومات نفسها عن حركة العدّاء. لكن، سيكون بعض أنواع هذه التمثيلات أكثر فائدة من غيره وفقًا لما تريد تعلمه عن حركة الجسم. في الصفحات التالية، ستتدرب على إنشاء هذه التمثيلات المتكافئة وستتعرف على التمثيلات الأكثر فائدة لحل أنواع مختلفة من المسائل.

تحدي الفيزياء

التمثيل البياني للعلاقة بين الموقع والزمن يستمتع خالد وكريم وأشرف بممارسة التمارين الرياضية وغالبًا ما يقودون الدراجات في طريق على ضفاف النهر لهذا الغرض. يقود كريم الدراجة بسرعة تصل إلى 40.25 km/h. ويتحرك أشرف جنوبًا بسرعة ثابتة تصل إلى 16.0 km/h، بينما يتحرك خالد جنوبًا بسرعة 6.5 km/h. في وقت الظهيرة، يبدأ كريم من نقطة التجمع الحركة شمالاً. وفي الساعة 11:30 صباحًا، ينطلق خالد وأشرف من نقطة تقع على مسافة 20.0 km شمال نقطة التجمع.

1. ارسم الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن لكل من كريم وخالد وأشرف.
2. في أي زمن ستصبح المسافات بينهم أقلَ ما يكون؟
3. كم تبلغ أقل مسافة بين مواقع الثلاثة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

رسم بياني لمنحنى (الموقع –الزمن) لعدة أجسام والزمن

يوضح المثال 2 أدناه الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لعدّاءين مختلفين. لاحظ أن العدّاء A يسبق العدّاء B عند الزمن $t = 0$.

لكن تختلف حركة كل عدّاء. متى وأين يتجاوز أحد العدّاءين الآخر؟ أولاً، ينبغي أن تُعيد صياغة هذا السؤال بمصطلحات فيزيائية: في أي زمن يصل العدّاءان إلى الموقع نفسه؟ وما موقعهما عند هذا الزمن؟ يمكنك تقييم هذين السؤالين عن طريق تحديد النقطة التي يتقاطع عندها الخطان اللذان يُمثلان حركتي العدّاءين على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن.

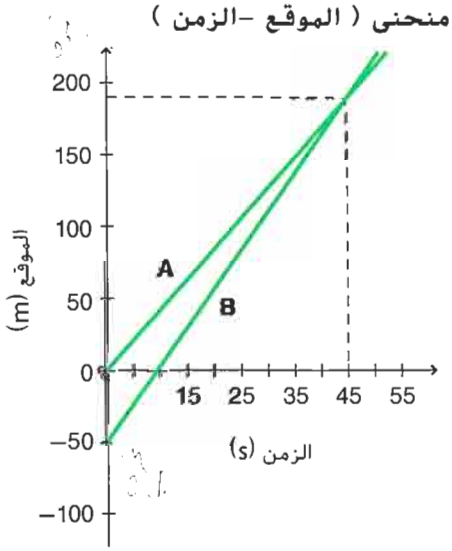
توضح لك نقطة تقاطع الخطين على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الوقت الذي يصل فيه الجسمان إلى الموقع نفسه، ولكن هل يعني ذلك أنهما سيصطدمان؟ ليس بالضرورة. على سبيل المثال، إذا كان الجسمان يمثلان عدّاءين وكانا في طريقين مختلفين، فلن يصطدما، رغم أنهما قد يكونان على بُعد مسافة واحدة من نقطة البداية.

☑ **تأكد من فهمك** اشرح المقصود بنقطة تقاطع خطين على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن.

ما الذي يمكنك معرفته أيضًا من الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن؟ لاحظ في المثال 2 أن الخطين يختلفان في الميل على الرسم البياني. ما الذي يوضحه لك ميل الخط على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن؟ في القسم التالي، ستَستخدم ميل الخط على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لتحديد السرعة المتجهة للجسم. وعندما تدرُس الحركة المتسارعة، سترسم رسومات بيانية أخرى للحركة وستتعلم كيفية تفسير المناطق التي تقع أسفل الخطوط المرسومة. وفي دروس لاحقة، ستواصل تحسين مهاراتك في إنشاء أنواع مختلفة من الرسومات البيانية للحركة وتفسيرها.

مثال 2

تفسير رسم بياني يصف الرسم البياني الموجود على اليسار حركة عدّاءين يتحركان في مسار مستقيم. ويُرمز للخطين اللذين يمثلان حركتهما بالرمز A وB. متى وأين يتجاوز العدّاءُ A العدّاءَ B؟



1 تحليل المسألة

أعد صياغة السؤالين.

السؤال 1: في أي زمن يصل العدّاءان A وB إلى الموقع نفسه؟

السؤال 2: ما موقع العدّاء A والعدّاء B عند هذا الزمن؟

2 إيجاد المجهول

السؤال 1

أمعن النظر في الرسم البياني لتحديد نقطة تقاطع الخط الذي يُمثل حركة العدّاء A مع الخط الذي يُمثل حركة العدّاء B. يتقاطع هذان الخطان عند الفترة الزمنية 45 s.

السؤال 2

أمعن النظر في الرسم البياني لتحديد الموقع عند الزمن الذي يتقاطع فيه الخطان اللذان يمثلان حركة العدّاءين. موقع العدّاءين على بُعد 190 m تقريبًا من نقطة الأصل.

يتجاوز العدّاءُ B العدّاءَ A بعد مسافة 190 m تقريبًا من نقطة الأصل، أي بعد 45 s من تجاوز العدّاء A لنقطة الأصل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

بالنسبة إلى المسائل *16–19*. ارجع إلى الشكل الموضح في المثال *2* في الصفحة السابقة.

16. أين كان موقع العدّاء A عند $t = 0$ s ؟

17. أي العدّاءين كان في المقدمة عند $t = 48.0$ s؟

18. أين كان العدّاء B عندما كان العدّاء A عند النقطة 0.0 m؟

19. ما مقدار المسافة بين العدّاءين A وB عند $t = 20.0$ s؟

20. **التحدي** خرج أحمد في نزهة سيرًا على الأقدام. بعد فترة، خرج صديقه عمر في النزهة نفسها. وقد مُثلت الحركة لكل منهما على الرسم البياني للموقع والزمن في **الشكل 15**.

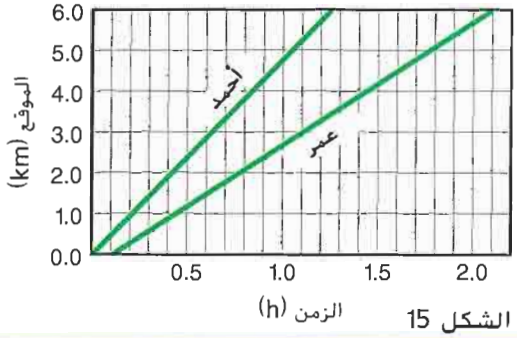
a. ما مقدار المسافة التي كانت قد تحركها أحمد عندما بدأ عمر المشي؟

b. هل سيلحق عمر بأحمد؟ كيف يمكنك أن تشرح ذلك؟

c. ماذا كان موقع أحمد بعد $t = 0.2$ h ؟

d. ما الزمن الذي استغرقه عمر ليكون على بُعد 50 km من نقطة البداية؟

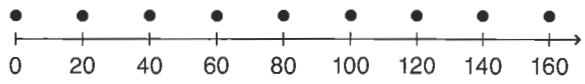
منحنى (الموقع –الزمن)



الشكل 15

القسم 3 مراجعة

21. **الفكرة الرئيسة** باستخدام نموذج الجسيم النقطي لرسم الحركة الموضح في **الشكل 16** لرضيع يحبو في المطبخ، ارسم الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لتمثيل حركة الرضيع. مع العلم أن الفترة الزمنية بين النقاط المتتابعة على الرسم هي 1 s.



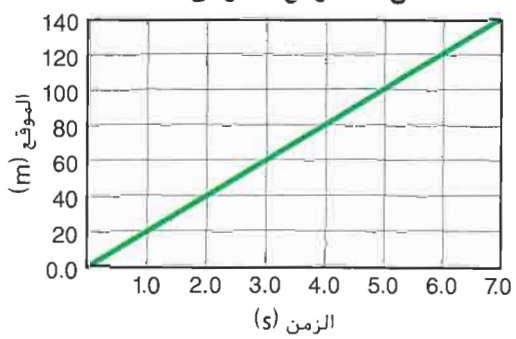
الشكل 16

بالنسبة إلى المسائل *22–25*. ارجع إلى **الشكل 17**.

22. **نموذج الجسيم النقطي** أنشئ رسم حركة باستخدام نموذج الجسيم النقطي من الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 17** لانزلاق قرص الهوكي على سطح جليد.

23. **الزمن** استخدم الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لقرص الهوكي لتحديد الزمن الذي كان فيه القرص على بُعد 10.0 m من نقطة الأصل.

منحنى (الموقع –الزمن)



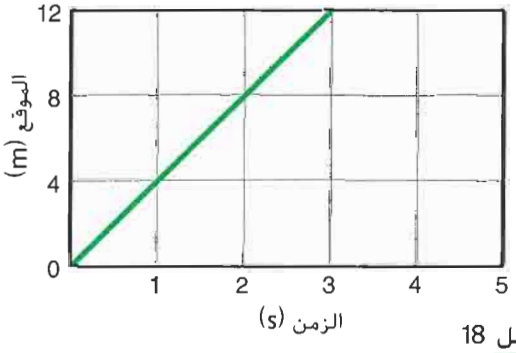
الشكل 17

24. **المسافة** استخدم الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 17** لتحديد المسافة التي تحركها قرص الهوكي بين $t = 0.0$s و $t = 5.0$s

25. **الفترة الزمنية** استخدم الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لقرص الهوكي لتحديد مقدار الزمن الذي استغرقه القرص للتحرك من نقطة تبعُد 40 m عن نقطة الأصل إلى نقطة تبعُد 80 m عن نقطة الأصل.

26. **التفكير الناقد** انظر إلى رسم نموذج الجسيم النقطي والرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الموضحين في **الشكل 18**. هل يصفان الحركة نفسها؟ كيف عرفت ذلك؟ لا تخلط بين النظام الإحداثي للموقع في نموذج الجسيم النقطي والمحور الأفقي في الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن. مع العلم أن الفترات الزمنية في رسم نموذج الجسيم النقطي هي 2 s.

منحنى (الموقع –الزمن)



الشكل 18

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 4 السرعة

الفيزياء في حياتك

تتحرك القواقع ببطء أكثر من الفهود. يمكنك معرفة ذلك بملاحظة المسافة التي تقطعها الحيوانات خلال فترة زمنية معينة. على سبيل المثال، يمكن أن يقطع الفهد مسافة 30 m في الثانية، ولكن يمكن أن يتحرك القوقع 1 cm خلال هذه الفترة الزمنية.

الفكرة الرئيسة

السرعة المتجهة لجسم ما تساوي معدل التغير في موقعه.

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بالسرعة المتجهة؟
- ما الفرق بين السرعة القياسية والسرعة المتجهة؟
- كيف يمكنك تحديد السرعة المتوسطة المتجهة لحركة جسم من رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن؟
- كيف يمكنك تمثيل الحركة بالنماذج التصويرية والمادية والرياضية؟

مراجعة المفردات

القيمة المطلقة absolute value
مقدار العدد بغض النظر عن الإشارة

المفردات الجديدة

السرعة المتوسطة المتجهة
average velocity
السرعة المتوسطة average speed
السرعة اللحظية المتجهة
instantaneous velocity

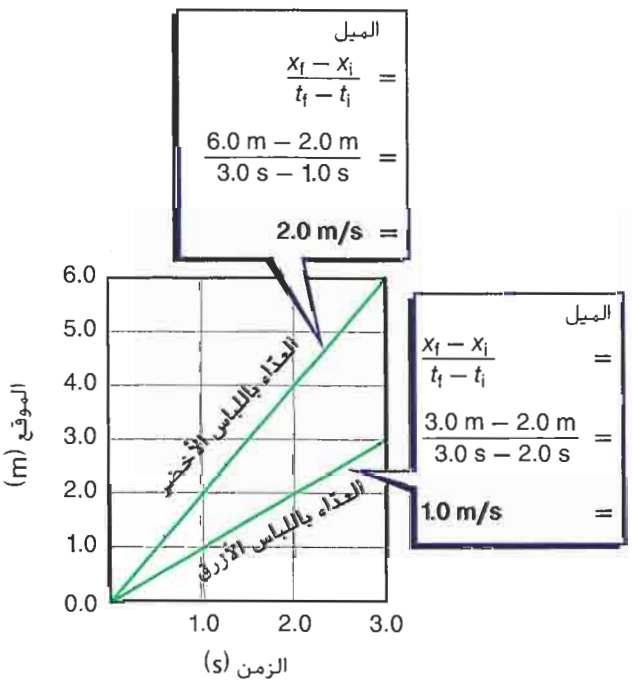
السرعة المتجهة والسرعة القياسية

لنفترض أنك سجلت حركة عدّاءين على رسم، كما هو موضح في **الشكل 19**. يتغير موقع العدّاء الأخضر أكثر من موقع العدّاء الأزرق. خلال فترة زمنية محددة، يصبح مقدار الإزاحة (Δx) أكبر للعدّاء الأخضر لأنه يتحرك بسرعة أكبر. لنفترض الآن أن كل عدّاء قطع مسافة 100 m. ستكون الفترة الزمنية (Δt) لمسافة 100 m أقل للعدّاء الأخضر منها للعدّاء الأزرق.

ميل الرسم البياني لمنحنى (الموقع – الزمن) قارن بين الخطين اللذين يمثلان العدّاءين في الرسم البياني الموضح في **الشكل 19**. ميل خط البياني العدّاء الأخضر أكبر، مما يشير إلى حدوث تغيير أكبر في الموقع خلال الفترة الزمنية نفسها. تذكّر أنك تجد ميل الخط باختيار نقطتين أولاً على الخط. ثم تطرح الإحداثي الرأسي للموقع النهائي من الإحداثي الرأسي للموقع الابتدائي لتحصل على التغير في الموقع. تطرح بعد ذلك الإحداثي الأفقي (t في هذه الحالة) للزمن النهائي من الإحداثي الأفقي للزمن الابتدائي لتحصل على التغير في الزمن. تحصل على الميل من قسمة التغير في الموقع على التغير في الزمن.

الشكل 19 يوضح الميل الأكبر أن العدّاء الأخضر قطع المسافة بسرعة أكبر.

التحليل كم تبعد المسافة التي قطعها العدّاء الأخضر عن العدّاء الأزرق خلال فترة 3 s الموضحة في الرسم البياني؟



حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©

السرعة المتوسطة المتجهة لاحظ أن ميل خط العدّاء الأسرع في **الشكل 19** هو عدد أكبر. يشير الميل الأكبر إلى وجود سرعة أكبر. لاحظ أيضًا أن وحدة قياس الميل هي المتر في الثانية. بالنظر إلى كيفية حساب الميل، يمكنك أن تعرف أن الميل هو التغيير في مقدار الموقع مقسومًا على الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغيير: $\frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$ أو $\frac{\Delta x}{\Delta t}$. عندما تزداد Δx، يزداد الميل ؛ وعندما تزداد Δt، يقل الميل. يتوافق ذلك مع التفسير الوارد في الصفحة السابقة الخاص بسرعة العدّاء الأخضر والعدّاء الأزرق. **السرعة المتوسطةالمتجهة** نسبة التغيير في موقع الجسم بالنسبة إلى الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغير. إذا كان الجسم يتحرك بحركة منتظمة، فإن سرعته لا تتغير، ومن ثَمَّ تصبح سرعته المتوسطة المتجهة هي الخط المستقيم لمنحنى (الموقع – الزمن).

السرعة المتوسطة المتجهة يُعرف السرعة المتوسطة المتجهة بتغيير الموقع مقسومًا على الزمن الذي حدث خلاله التغيير.

$$v_{avg} \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

تفسير الميل ميل الخط البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 20** هو m/s 5.0-. لاحظ أن ميل الرسم البياني يشير إلى كل من المقدار والاتجاه. بحساب الميل. تجد أن السرعة المتوسطة المتجهة للجسم الذي يمثله الرسم البياني حركته يساوي m/s 5.0-. بدأ الجسم بموقع موجب وتحرك نحو نقطة الأصل. بعد مرور 4s. يمر بنقطة الأصل ويواصل التحرك في الاتجاه المعاكس بمعدل m/s 5.0.

☑ **تأكد من فهمك** اشرح مدلول ميل الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن أعلى أو أسفل وفوق أو تحت المحور الأفقي x.

السرعة المتوسطة يساوي القيمة المطلقة للميل الجسم الذي سرعته m/s 5.0 تساوي إزاحة الجسم مقسومة على الزمن المستغرق لقطع هذه الازاحة. في ما يتعلق بالحركة المنتظمة. فإن السرعة المتوسطة تساوي القيمة المطلقة لميل الخط البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الخاص بالجسم. مقدار السرعة المتوسطة والاتجاه الذي يتحرك فيه الجسم يمثل السرعة المتوسطة المتجهة. تذكّر أنه إذا تحرك الجسم في الاتجاه المعاكس، فسيصبح التغير الذي يحدث في موقعه سالبًا. يعني هذا أن إزاحة الجسم وسرعته المتجهة يكونان في الاتجاه نفسه دائمًا.

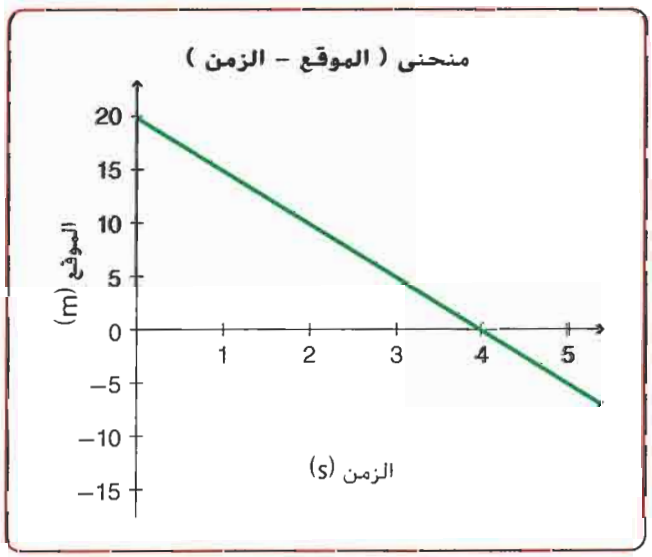
التجارب الفيزيائية

السرعة الثابتة
كيف يمكنك تحديد السرعة المتوسطة بقياس المسافة والزمن؟

قياس السرعة المتجهة
تجربة جهاز المسبار كيف يمكنك قياس السرعة المتجهة باستخدام جهاز كشف الحركة؟

الشكل 20 يوضح الميل للخط المستقيم في الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن هذا أن الحركة في الاتجاه المعاكس.

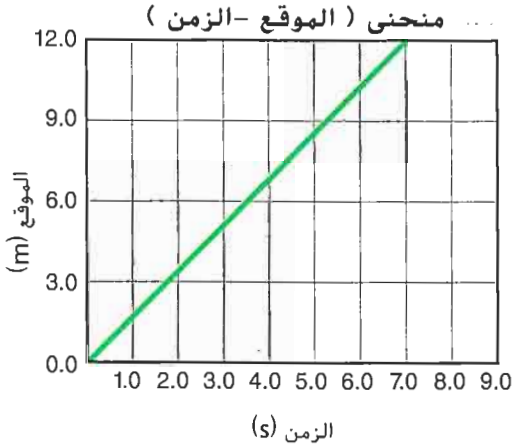
التحليل كيف سيبدو الرسم البياني إذا كانت الحركة بالسرعة نفسها. ولكن في الاتجاه الموجب؟



حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©

مثال 3

السرعة المتوسطة المتجهة يوضح الرسم البياني المجاور الحركة على خط مستقيم لطفلة تركب لوح التزلج الخاص بها على طول رصيف مستو خال من المشاة. كم ما السرعة المتوسطة المتجهة لحركة الطفلة؟ وكم تبلغ سرعتها المتوسطة القياسية؟



1 تحليل المسألة ورسمها

حدد النظام الإحداثي للرسم.

المجهول

? = المتجهة v_{avg} ? = القياسية v_{avg}

2 إيجاد المجهول

أوجد السرعة المتوسطة المتجهة باستخدام نقطتين على الخط.

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$= \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

$$= \frac{12.0\ \text{m} - 0.0\ \text{m}}{7.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$

◄ بالتعويض عن $x_2 = 12.0\ \text{m},\ x_1 = 0.0\ \text{m},\ t_2 = 7.0\ \text{s},\ t_1 = 0.0\ \text{s}$.

$v_{avg} = 1.7\ \text{m/s}$ في الاتجاه الموجب

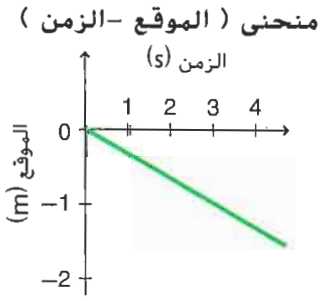
السرعة المتوسطة القياسية v_{avg} هو القيمة المطلقة للسرعة المتوسطة المتجهة المتجهة أو 1.7 m/s.

3 تقييم الإجابة

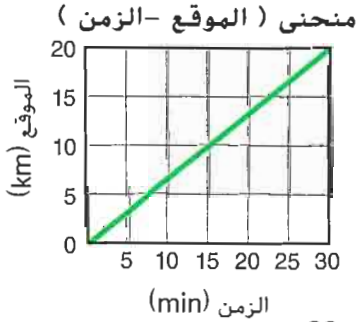
- **هل الوحدات صحيحة؟** الوحدات لكل من السرعة المتجهة والسرعة القياسية بالمتر في الثانية. الجسم يتحرك في خط مستقيم وبالاتجاه نفسه ذلك مقدار ازاحة الجسم يساوي مقدار المسافة المقطوعة في الزمن نفسه.
- **هل للأشارات دلالة؟** تتوافق الإشارة الموجبة للسرعة المتجهة مع النظام الإحداثي. لا يوجد اتجاه مرتبط بالسرعة القياسية.

تطبيق

27. يوضح الرسم البياني الوارد في **الشكل 21** حركة سفينة سياحية تبحر ببطء عبر المياه الهادئة إلى الجنوب.
    a. كم تبلغ السرعة المتوسطة القياسية للسفينة؟
    b. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة للسفينة؟
28. صف بالكلمات حركة السفينة السياحية في المسألة السابقة.
29. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لجسم يتحرك من الموقع 6.5 cm إلى 3.7 cm بالنسبة إلى نقطة الأصل خلال 2.3 s؟
30. يمثل الرسم البياني الوارد في **الشكل 22** حركة دراجة.
    a. كم تبلغ السرعة المتوسطة القياسية لحركة الدراجة؟
    b. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لحركة الدراجة؟
31. صف بالكلمات حركة الدراجة في المسألة السابقة.
32. **التحدي** أنطلقت دراجه بسرعه ثابته مقدارها 0.55 m/s أرسم مخططًا توضيحيًا للحركه ورسمًا بيانيًا لمنحنى (الموقع –الزمن)تبين فيهما حركه الدراجه لمسافه 19.8m.



الشكل 21



الشكل 22

McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة

السرعة اللحظية المتجهة لماذا نسمي الكمية $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ السرعة المتوسطة المتجهة؟ لماذا لا نسميها السرعة المتجهة فقط؟ يوضح رسم الحركة وضع الجسم المتحرك في بداية الفترة الزمنية ونهايتها. ومع ذلك، لا يشير إلى ما حدث خلال هذه الفترة الزمنية. خلال الفترة الزمنية، يمكن أن تظل سرعة الجسم على حالها أو تزيد أو تقل. يمكن أن يتوقف الجسم أو حتى يُغير اتجاهه. يمكنك إيجاد السرعة المتوسطة المتجهة لكل فترة زمنية في رسم الحركة. ولكن لا يمكنك إيجاد سرعة الجسم واتجاهه في أي لحظة معينة. تُسمى سرعة الجسم واتجاهه في لحظة معينة **السرعة اللحظية المتجهة**. في هذا الكتاب المدرسي، يشير مصطلح السرعة المتجهة إلى السرعة اللحظية المتجهة التي تُمثّل بالرمز v.

☑ **تأكد من فهمك** **اشرح** إلى أي مدى تختلف السرعة المتوسطة المتجهة عن السرعة المتجهة.

السرعة المتوسطة المتجهة في مخططات الحركة عندما يتحرك جسم بين نقطتين، تصبح سرعته المتوسطة المتجهة في نفس اتجاه إزاحته. تتناسب الكميتان تناسبًا طرديًا أيضًا. عندما تزيد الإزاحة خلال فترة زمنية معينة، تزداد سرعته المتوسطة المتجهة كذلك. يشير رسم الحركة إلى اتجاه السرعة المتوسطة المتجهة ومقدارها.

تخيل نزول سيارتين من طريق بسرعات مختلفة. تسجل كاميرا فيديو حركة السيارات بمعدل محيط إطار واحد في كل ثانية. تخيل أن كل سيارة توجد بها فرشاة رسم تنزل معها تلقائيًا وترسم خطًا على الأرض خلال نصف ثانية كل ثانية. سترسم السيارة الأسرع خطًا أطول على الأرض. تشبه المتجهات التي ترسمها على رسم الحركة لتمثيل السرعة المتجهة الخطوط التي ترسمها فرش الرسم على الأرض أسفل السيارات. في هذا الكتاب، نستخدم اللون الأحمر للإشارة إلى المتجهات المرسومة على رسومات الحركة. يوضح **الشكل 23** رسومات الحركة المرسوم عليها متجهات السرعة المتجهة لسيارتين. تتحرك واحدة إلى اليمين، والأخرى إلى اليسار.

☑ **تأكد من فهمك** حدد المقصود بأطوال متجهات السرعة المتجهة.

معادلة الحركة

من الأفضل غالبًا استخدام معادلة، بدلاً من رسم بياني، لحل المسائل. في أي وقت ترسم خطًا مستقيمًا، يمكنك أن تجد معادلة لوصفه. ألقِ نظرة أخرى على الرسم البياني الموضح في **الشكل 20** للجسم الذي يتحرك بسرعة متجهة ثابتة 5.0- m/s. تذكّر أنه يمكنك تمثيل أي خط مستقيم بالمعادلة $y = mx + b$، بحيث تكون y هي الكمية الممثلة على المحور الرأسي وm هي ميل الخط وx هي الكمية الممثلة على المحور الأفقي وb هي تقاطع الخط مع y.

في ما يتعلق بالرسم البياني الموضح في **الشكل 20**، الكمية الممثلة على المحور الرأسي هي الموقع ويمثلها المتغير x. ميل الخط هو 5.0- m/s، وهو السرعة المتوسطة المتجهة للجسم v_{avg}. الكمية الممثلة على المحور الأفقي هي الزمن (t). التقاطع مع y يساوي 20.0m. ما الذي تمثله هذه القيمة 20.0m؟ يوضح هذا ان الجسم كان عند الموقع 20.0m عندما تكون $t = 0.0$ s. يُسمى ذلك الموقع الابتدائي للجسم ويُشار إليه بالرمز x_i.

الفيزياء في حياتك

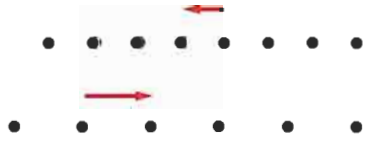
سجلات السرعة الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للرجال هو 9.58 s. وقد حققه يوسين بولت في عام 2009. الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للسيدات هو 10.49 s. وقد حققته جريفيث جوينر في عام 1988.

تجربة مصغرة

متجهات السرعة المتجهة

كيف تمثل متجهات السرعة لحركة جسم؟

الشكل 23 يتناسب طول كل متجه من متجهات السرعة المتجهة مع مقدار السرعة المتجهة التي يمثلها.



حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©

ربط الرياضيات بالفيزياء

الخطوط والرسومات البيانية ترتبط الرموز المستخدمة في معادلة ميل الخط بالرموز المستخدمة لمتغيرات الحركة على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن.

الرموز في معادلة الخط المستقيم	الكمية الفيزيائية	القيمة في الشكل 20
y	x	
m	v_{avg}	-5.0 m/s
x	t	
b	x_i	20.0 m

يوجد ملخص على اليمين يوضح كيفية تمثيل الرموز في معادلة الخط المستقيم إلى الكميات المحددة التي تستخدمها لوصف الحركة. يوضح الجدول أيضًا القيم العددية للسرعة المتوسطة والموقع الابتدائي. ادرس الرسم البياني الموضح في **الصورة 20**. في ما يلي المعادلة الرياضية للخط الممثَّل بيانيًا:

$$y = (5.0\text{- m/s})x + 20.0 \text{ m}$$

يمكنك إعادة كتابة المعادلة باستخدام x للموضع و t للزمن.

$$x = (5.0\text{- m/s})t + 20.0 \text{ m}$$

تستخدم الرموز y وx في الرياضيات ولكن يمكنك استخدام x و t في الفيزياء. يمكنك ذلك نظرًا لوجود العديد من أنواع الرسومات البيانية في الفيزياء، بما في ذلك رسومات الموقع والزمن ورسومات السرعة والزمن ورسومات القوة والإزاحة. في ما يتعلق بالرسم البياني للموقع والزمن، يمكن إعادة كتابة المعادلة الرياضية $y = mx + b$ على النحو التالي:

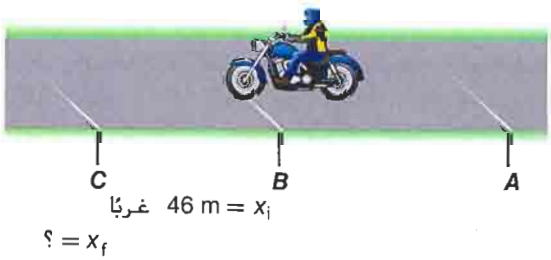
الموقع
موقع الجسم هو يساوي حاصل ضرب السرعة المتوسطة المتجهة في زمن حركة الجسم مضافا له الموقع الابتدائي للجسم.

$$x_f = v_{avg}t + x_i$$

تعطيك هذه المعادلة طريقة أخرى لتمثيل الحركة. لاحظ أن الرسم البياني (الموقع – الزمن) سيكون خطًا مستقيمًا.

مثال 4

الموقع يوضح الشكل سائق دراجة نارية يسير غربًا على طول طريق مستقيم. بعد اجتياز النقطة B، يستمر السائق في السير بسرعة متوسطة متجهة 12 m/s غربًا ويصل إلى النقطة C بعد مرور 3.0 s. ما موقع النقطة C؟



1 تحليل المسألة

اختر نظامًا إحداثيًا بحيث تكون نقطة الأصل عند A.

المعلوم
$\overline{v}$ = 12 m/s غربًا
x_i = 46 m غربًا
t = 3.0 s

المجهول
x = ?

2 إيجاد المجهول

► استخدام المتغيرات لإجراء العمليات الحسابية.
► التعويض عن v_{avg} = 12 m/s و t = 3.0 s و x_i = 46 m.

$$x = \overline{v}t + x_i$$
$$= (12 \text{ m/s})(3.0 \text{ s}) + 46 \text{ m}$$
$$= 82 \text{ m}$$

x = 82 m غربًا

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** يُقاس الموقع بالمتر.
- **هل للاتجاه دلالة؟** يسير سائق الدراجة النارية غربًا طوال الزمن.

McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة

تطبيق

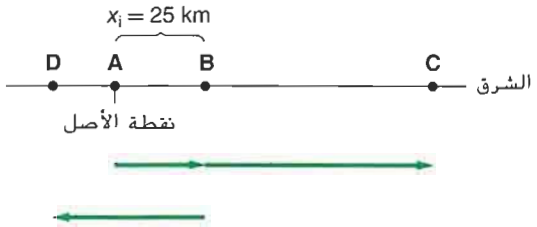
لحل المسائل *33-36*، راجع **الشكل 24**.

33. يوضح الرسم الموجود على اليسار مسار سفينة تبحر بسرعة 42 km/h باتجاه الشرق. ما موقع السفينة عندما تصل إلى النقطة C، بالنسبة إلى نقطة البدء، A، إذا أبحرت من النقطة B إلى النقطة C في زمن 1.5 h؟

34. تبدأ سفينة أخرى في الوقت نفسه من النقطة B، ولكن سرعتها المتوسطة المتجهة 58 km/h شرقًا. ما موقعها بالنسبة إلى النقطة A، بعد مرور 1.5 h؟

35. ماذا سيكون موقع السفينة إذا بدأت هذه السفينة من النقطة B وأبحرت بسرعة متوسطة متجهة 35 km/h غربًا إلى النقطة D في فترة زمنية 1.2 h؟

36. **التحدي** لنفترض أن السفينتين تبدآن من النقطة B وتبحران غربًا. تبحر سفينة بسرعة متوسطة متجهة 35 km/h لفترة 2.2 h وتبحر الأخرى بسرعة متوسطة متجهة 26 km/h لفترة 2.5 h. ما الموقع النهائي لكل سفينة؟



الشكل 24

القسم 4 مراجعة

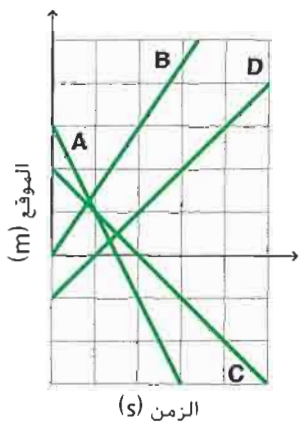
37. **الفكرة الرئيسة** كيف ترتبط سرعة الجسم بموقعه؟

لحل المسائل *38-40*، راجع **الشكل 25**.

38. **مهمة الترتيب** رتّب الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن حسب السرعة المتوسطة، من السرعة المتوسطة الأكبر إلى السرعة المتوسطة الأصغر. أشر إلى أي معادلة على وجه التحديد.

39. **المقارنة بين السرعات المتوسطة المتجهة** وضح أوجه الاختلاف في السرعة المتوسطة المتجهة الموضحة على الرسم للجسمين A وB. وضح أوجه الاختلاف في السرعة المتوسطة المتجهة الموضحة على الرسم للجسمين C وD.

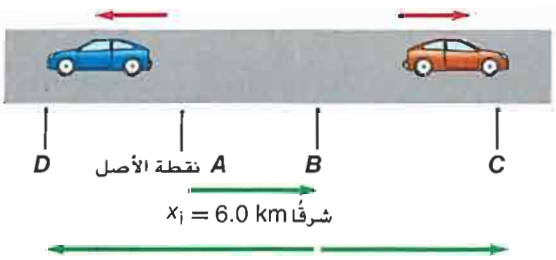
40. **مهمة الترتيب** رتب الرسومات البيانية الموضحة في **الشكل 25** حسب الموقع الابتدائي لكل جسم، من أكبر موقع موجب إلى أكبر موقع سالب. أشر إلى أي معادلة على وجه التحديد. هل سيختلف ترتيبك إذا رتّبت حسب المسافة الابتدائية من نقطة الأصل؟



الشكل 25

41. **السرعة المتوسطة القياسية والسرعة المتوسطة المتجهة** اشرح كيف ترتبط السرعة المتوسطة القياسية بالسرعة المتوسطة المتجهة لجسم يتحرك بحركة منتظمة.

42. **الموقع** تسير سيارتان على طول طريق مستقيم كما هو موضح في **الشكل 26**. تمران ببعضهما عند النقطة B ثم تستمران في الاتجاهين المعاكسين. تسير السيارة الحمراء لمدة 0.25 h من النقطة B إلى النقطة C بسرعة متجهة ثابتة 32 km/h شرقًا. تسير السيارة الزرقاء لمدة 0.25 h من النقطة B إلى النقطة D بسرعة متجهة ثابتة 48 km/h غربًا. ما المسافة التي قطعتها كل سيارة بعيدًا عن النقطة B؟ ما موضع كل سيارة بالنسبة إلى نقطة الأصل والنقطة A؟



الشكل 26

43. **الموقع** تسير سيارة شمالاً على طول طريق سريع مستقيم بسرعة متوسطة 85 km/h. بعد قطع مسافة 2.0 km، تمر السيارة بمحطة وقود وتستمر على طول الطريق السريع. ما موضع السيارة بالنسبة إلى بداية رحلتها بعد مرور 0.25 h من مرورها بمحطة الوقود؟

44. **التفكير الناقد** عند حل مسألة فيزيائية، لماذا يُعد من المهم إنشاء نماذج تصويرية ومادية قبل محاولة حل المعادلة؟

حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©

هل لديك الزمن الكافي؟

ماذا يُقصد بالزمن؟ إذا انقضت ساعة واحدة من وقتك، فهل ستنقضي أيضًا ساعة واحدة من وقت صديقك؟ قد تعتقد أن الإجابة هي "نعم"، لكنها في الواقع "لا". ينقضي الوقت بمعدلات مختلفة استنادًا إلى وجهة نظرك.

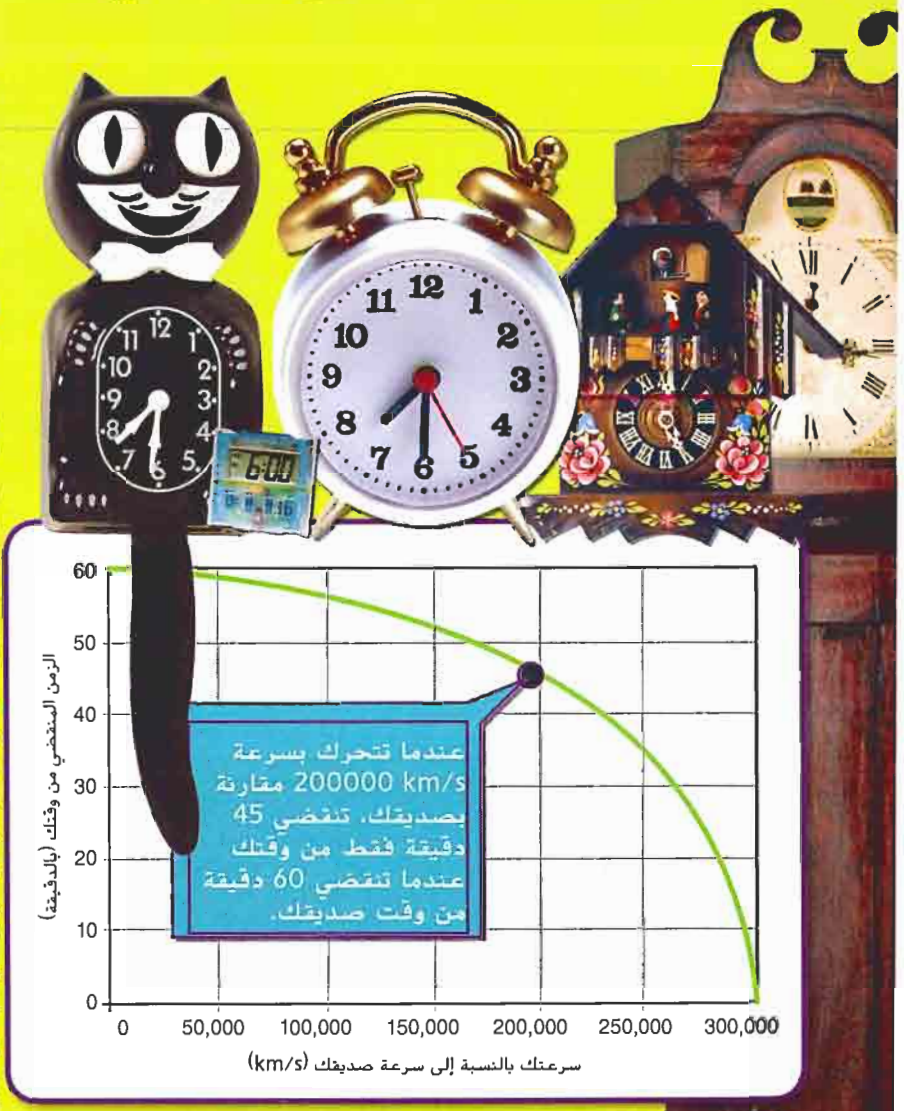
السرعة والزمن فكّر في المفهوم الخاطئ في الجملة الأخيرة. على سبيل المثال، افترض أنك تطلب من صديقك أن يقابلك في مركز التسوق بعد ساعة واحدة. يفترض كلاكما أنه عند انقضاء ساعة واحدة من وقتك، ستنقضي أيضًا ساعة واحدة من وقت صديقك.

يرجع هذا إلى تحرّكك أنت وصديقك تحرّكًا بطيئًا للغاية مقارنة ببعضكما البعض. عند السرعات البطيئة، تساوي الساعة الواحدة من وقتك ما مقداره ساعة واحدة من وقت صديقك. ومع ذلك كلما تحرّكت تحرّكًا أسرعَ مقارنةً بصديقك، زاد الفارق بين الوقت الذي تستغرقه والوقت الذي يستغرقه صديقك.

ما مقدار السرعة؟ ستحتاج إلى أن تتحرك بسرعة أكبر مقارنة بصديقك من أجل ملاحظة الفارق بينكما. إذا تحرّكت بسرعة 100000 km/s، فعندئذٍ ستنقضي 57 دقيقة فقط من وقتك عندما تنقضي ساعة واحدة من وقت صديقك. وعند سرعة 200,000 km/s، ستنقضي 45 دقيقة فقط من وقتك خلال الساعة التي يستغرقها صديقك. توضح **الشكل 1** كيفية المقارنة بين الوقت الذي تستغرقه والساعة الواحدة من وقت صديقك وأنت تتحرك تحرّكًا أسرع فأسرع مقارنة بصديقك.

تطبيق من واقع الحياة قد يبدو كل هذا بلا فائدة، ففي نهاية الأمر، حتى المركبة الفضائية تتحرك بسرعة أقل من 100 km/s. هل استخدمت من قبل جهاز استقبال GPS، مثل الجهاز الموضح في **الشكل 2**؟ عند سرعة 4 km/s، يتحرك القمر الصناعي المزود بتقنية GPS بسرعة كافية لإحداث فروق في الوقت تؤثر في دقة جهاز استقبال GPS. التأثير طفيف — ما يقرب من 10 µs في اليوم الواحد. ومع ذلك، فهذا يكفي لكي يصبح GPS عديم الفائدة تمامًا في غضون شهر واحد إذا لم يفسر المهندسون سبب ذلك.

الشكل 2 سيصبح جهاز استقبال GPS عديم الدقة تمامًا إذا لم يدرك مصمّمو النظام العالمي لتحديد المواقع نسبية الزمن.



الشكل 1 في هذا الرسم البياني، تنقضي 60 دقيقة دائمًا من وقت صديقك، لكن ينقضي من وقتك مقدار آخر من الوقت.

لمزيد من التعمق >>>

الأبحاث تؤثر الجاذبية في الزمن كذلك. ابحث كيف تؤثر **الجاذبية** في الزمن على الأرض وعلى قمر صناعي مزود بتقنية GPS.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © لصالح مؤسسة

الوحدة 2 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة يمكنك استخدام الإزاحة والسرعة لوصف حركة الجسم.

القسم 1 تصوير الحركة

المفردات
- رسم الحركة
- نموذج جسيم

الفكرة الرئيسة يمكنك استخدام رسومات الحركة لبيان كيف يتغير موقع جسم ما بمرور الوقت.

- يوضح رسم الحركة موقع الجسم في فترات زمنية متساوية ومتتالية.
- في رسم الحركة بنموذج الجسيم، يُمثَّل موقع الجسم في فترات زمنية متتالية باستخدام مجموعة من النقاط. يوضح التباعد بين النقاط هل يتحرك الجسم بشكل أسرع أم أبطأ.

القسم 2 الموقع والزمن

المفردات
- النظام الإحداثي
- نقطة الأصل
- الموقع
- المسافة
- المقدار
- المتجه
- الكمية العددية
- الفترة الزمنية
- الإزاحة
- المحصلة

الفكرة الرئيسة النظام الإحداثي مفيد عندما تصف الحركة.

- يحدد النظام الإحداثي موقع نقطة الصفر للمتغير الذي تتناوله بالدراسة والاتجاه الذي تزيد فيه قيم المتغير.
- يشير المتجه المرسوم من نقطة الأصل في نظام إحداثي وصولاً إلى جسم ما إلى موقع الجسم في ذلك النظام الإحداثي. تحدد الاتجاهات المحددة باعتبارها موجبة وسالبة على النظام الإحداثي هل تكون مواضع الأجسام موجبة أم سالبة في النظام الإحداثي.
- يمثل التغير في الزمن الفرق بين فترتين زمنيتين.

$$\Delta t = t_f - t_i$$

- يشار إلى التغيّر في الموقع على أنه إزاحة لها مقدار واتجاه.

$$\Delta x = x_f - x_i$$

- في رسم الحركة، يمثل طول متجه الإزاحة مقدار إزاحة الجسم. اتجاه الإزاحة، من x_i إلى x_f.

القسم 3 التمثيل البياني للحركة

المفردات
- الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن
- الموقع اللحظي

الفكرة الرئيسة يمكنك استخدام رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن لتحديد موقع الجسم عند فترة زمنية معينة.

- توفر الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن معلومات عن حركة الأجسام. قد تشير أيضًا إلى أين ومتى يلتقي الجسمان.
- يصف الخط في الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن موقع الجسم عند كل زمن.
- يمكن وصف الحركة باستخدام الكلمات أو رسومات الحركة أو جداول البيانات أو رسومات البيانات.

القسم 4 السرعة

المفردات
- السرعة المتوسطة المتجهة
- السرعة المتوسطة القياسية
- السرعة اللحظية المتجهة

الفكرة الرئيسة السرعة المتجهة لجسم ما تساوي معدل التغير في موقعه.

- تحدد السرعة المتجهة للجسم مقدار السرعة التي يتحرك بها الجسم وفي أي اتجاه يتحرك.
- تساوي السرعة مقدار السرعة المتجهة.
- يصف الخط المائل على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن متوسط السرعة المتجهة للجسم.

$$v_{avg} \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

- يمكنك تمثيل الحركة بالصور والنماذج المادية. ترتبط المعادلة البسيطة بالموقع الابتدائي للجسم (x_i)، وسرعته المتوسطة المتجهة الثابتة (v_{avg})، وموقعه (x)، والزمن (t) منذ كان الجسم في موقعه الابتدائي.

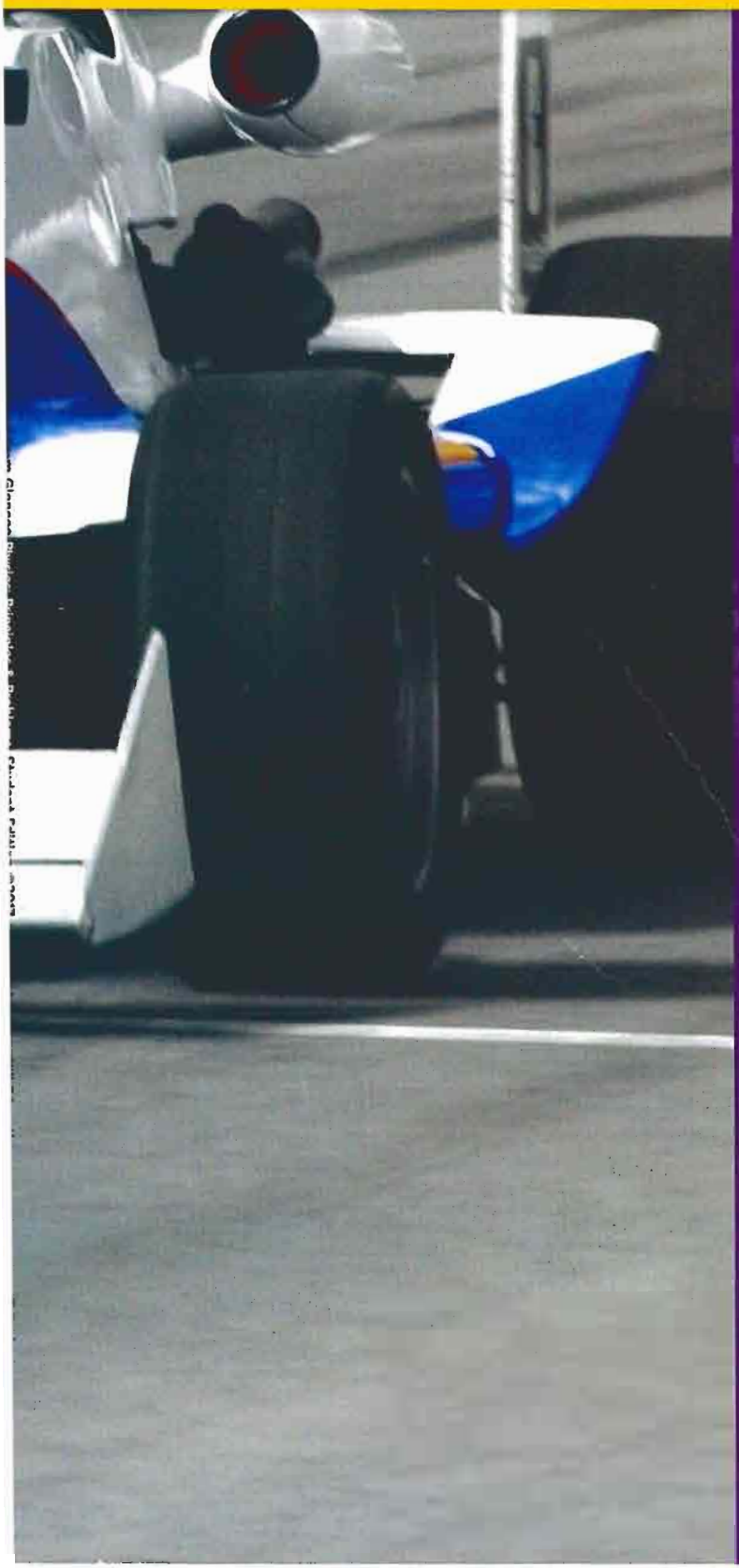
$$x = v_{avg}\, t + x_i$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 3

الحركة المتسارعة

الفكرة الرئيسة التسارع هو معدل التغير في السرعة المتجهة لجسم ما.



الأقسام

1 التسارع

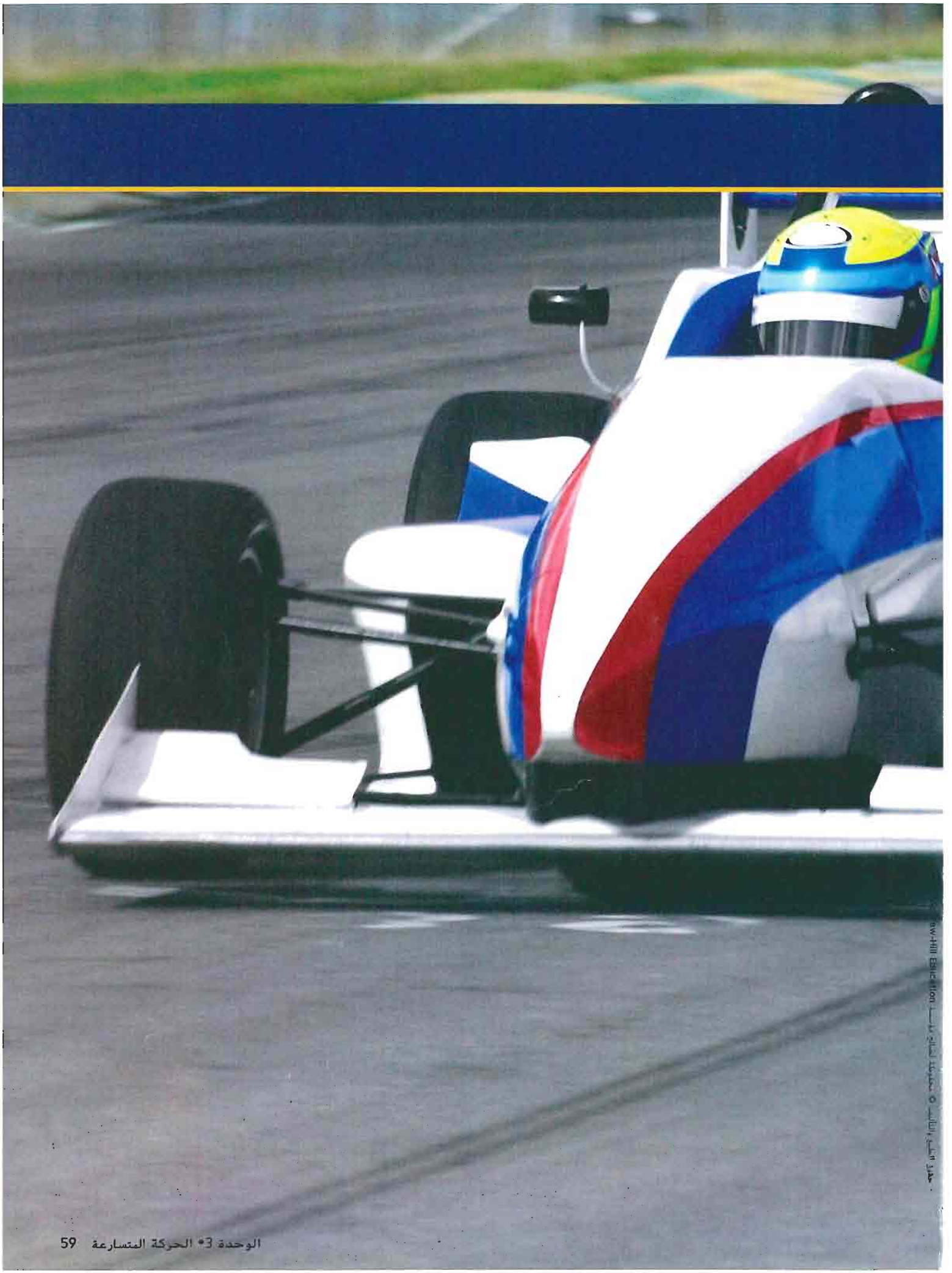
2 الحركة بتسارع ثابت

3 السقوط الحر

تجربة استهلالية

الرسم البياني للحركة

كيف يمكن أن يقارن الرسم البياني الذي يوضح السرعة الثابتة مع الرسم البياني للجسم المتسارع؟



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لشركة ماكجروهيل للتعليم - McGraw-Hill Education

القسم 1 التسارع

الفكرة الرئيسة

يتسارع الجسم عندما تتغير سرعته المتجهة، ويحدث هذا عندما يزيد أو يبطئ من سرعته أو يغيّر اتجاهه.

الأسئلة الرئيسة

- **ما التسارع؟**
- **ما أوجه الاختلاف بين التسارع والسرعة المتجهة؟**
- **ما العمليات التي يمكنك أن تتعلمها من الرسوم البيانية للسرعة المتجهة - الزمن؟**

مراجعة المفردات

المتجه vector كمية لها مقدار واتجاه

مفردات جديدة

تسارع acceleration

منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) velocity-time graph

التسارع المتوسط average acceleration

التسارع اللحظي instantaneous acceleration

الفيزياء في حياتك

عندما تقلع الطائرة تتغير سرعتها من 5 m/s على مدرج الإقلاع لتصل تقريبًا إلى 300 m/s عندما تكون في الهواء. إذا سبق لك أن ركبت طائرة، فقد تشعر بدفع الكرسي ضد ظهرك عندما تتسارع الطائرة بسرعة عالية.

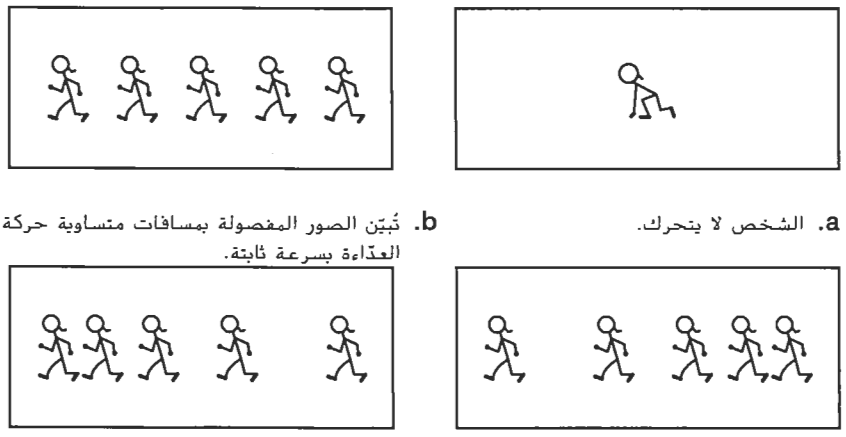
مخططات الحركة غير المنتظمة

إن الجسم الذي يتحرك حركة منتظمة على طول خط مستقيم يسير بسرعة متجهة غير متغيرة، لكن هناك أجسام قليلة تتحرك بهذه الطريقة طوال الوقت. وتعد الأكثر شيوعًا الحركة غير المنتظمة التي تتغير فيها السرعة المتجهة. في هذه الوحدة، ستدرس الحركة غير المنتظمة على طول الخط المستقيم. تتضمن الأمثلة دحرجة الكرات على المرتفعات واستخدام مكابح السيارات للتوقف والأجسام الساقطة. ستحلل في الوحدات التالية الحركة غير المنتظمة غير المتوافقة مع خط مستقيم، مثل الحركة على طول مسار دائري وحركة الأجسام المقذوفة، مثل كرات البيسبول.

وصف الحركة غير المنتظمة تستطيع أن تشعر بالفرق بين الحركة المنتظمة والحركة غير المنتظمة. فالحركة المنتظمة تتميز بسلاستها. فإذا أغمضت عينيك، فستشعر بأنك لم تتحرك مطلقًا. وعلى النقيض من ذلك، عندما تتحرك على مسار منحنٍ أو صعودًا أو هبوطًا كما هو الحال عند ركوب العجلة الدوارة ستشعر بأنك تُدفع أو تُسحب.

كيف تصف حركة الشخص في **الشكل 1**؟ في الرسم الأول لا يتحرك الشخص، لكن في الرسومات الأخرى يتغيّر موضعه بطرق مختلفة. ما المعلومات التي تتضمنها الرسومات ويمكن استخدامها للتمييز بين الأنواع المختلفة من الحركة؟ لاحظ المسافات بين المواقع المتتابعة. نظرًا لوجود شكل واحدة للشخص الموجود في الرسم الأول، يمكنك استنتاج أنها في وضع السكون. المسافات بين الصور في الرسم الثاني متساوية لأن العدّاءة تتحرّك حركة منتظمة وتتحرّك بسرعة متجهة ثابتة. أما في الرسمين الآخرين، فتتغير المسافة بين المواقع المتتالية. ويزداد التغيّر في المسافة إذا زادت العدّاءة من سرعتها. يقل التغيّر في المسافة إذا قللت العدّاءة من سرعتها.

■ مخطط الحركة



a. الشخص لا يتحرك.

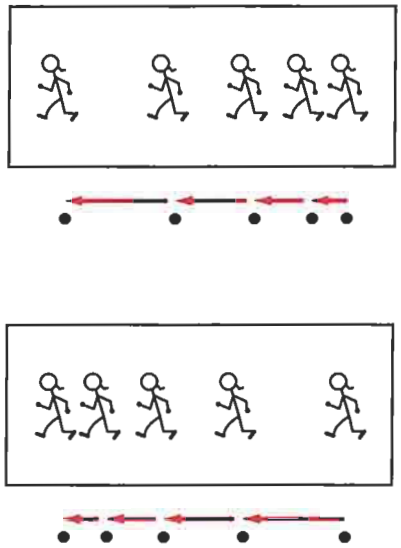
b. تُبيّن الصور المفصولة بمسافات متساوية حركة العدّاءة بسرعة ثابتة.

c. تتزايد سرعة العدّاءة.

c. تتناقص سرعة العدّاءة.

الشكل 1 تشير المسافة التي تتحركها العدّاءة في كل فترة زمنية إلى نوع الحركة.

مخطط نموذج جسم متحرك كيف يبدو مخطط حركة جسم متحرك ذي سرعة متجهة متغيرة؟ يعرض **الشكل 2** مخططات حركة نموذج جسم متحرك أسفل مخططات حركة العداءة عندما تزيد سرعتها وتقل. هناك مؤشران رئيسان يعبران عن التغير في السرعة المتجهة في هذا النمط من مخطط الحركة. ويشير التغير في المسافات بين النقاط والاختلافات بين أطوال متجهات السرعة المتجهة إلى حدوث تغيرات في السرعة المتجهة. فإذا زادت سرعة الجسم، فإن كل متجه سرعة متجهة تالٍ يكون أطول وتزداد المسافة بين النقاط. أما إذا انخفضت سرعة الجسم، فإن كل متجه يكون أقصر من المتجه السابق وتقل المسافة بين النقاط. ويعطي كلا نوعي مخططات الحركة تصورًا عن كيفية تغير السرعة المتجهة لجسم ما.



الشكل 2 يدل التغير في طول متجهات السرعة المتجهة في مخططات الحركة هذه على ما إذا كانت سرعة العدّاءة تزيد أم تنقص.

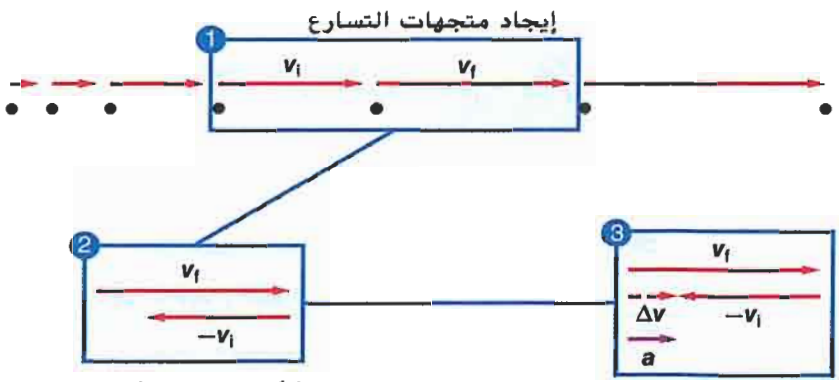
☑ **تأكد من فهمك** **حلّل** ما الذي تشير إليه زيادة وتناقص أطوال متجهات السرعة المتجهة في مخطط الحركة؟

عرض التسارع على مخطط حركة لكي يعطي مخطط الحركة صورة كاملة عن حركة جسم ما، يجب أن يحتوي على معلومات متعلقة بالمعدل الذي تتغير به السرعة المتجهة للجسم. يسمى المعدل الذي تتغير به السرعة المتجهة للجسم باسم **تسارع** الجسم. من خلال احتواء مخطط الحركة على متجهات التسارع، يمكنك الإشارة إلى معدل تغير السرعة المتجهة.

يعرض **الشكل 3** مخطط حركة جسيمات لجسم ذي سرعة متجهة متزايدة. لاحظ أن أطوال متجهات السرعة المتجهة ذات اللون الأحمر تزداد طولًا من الجانب الأيسر إلى الجانب الأيمن على طول الرسم. يصف الشكل أيضًا كيفية استخدام المخطط لرسم متجه تسارع للحركة. يظهر متجه التسارع الذي يصف السرعة المتجهة المتزايدة باللون البنفسجي على المخطط.

لاحظ في الشكل أنه إذا كان تسارع الجسم ثابتًا، فيمكنك تحديد طول واتجاه متجه التسارع عن طريق طرح متجهي سرعة متتاليين وقسمة الناتج على الفترة الزمنية. ويعني هذا أن تجد أولًا التغير في السرعة المتجهة، حيث يشير $\boldsymbol{v}_i$ إلى السرعات المتجهة عند بداية الفترة الزمنية المحدّدة ونهايتها. ثم اقسم على الفترة الزمنية (Δt). الفترة الزمنية بين كل نقطة موجودة في **الشكل 3** تساوي 1s. يمكنك رسم متجه التسارع من نهاية متجه السرعة المتجهة النهائية إلى طرف متجه السرعة المتجهة الابتدائية.

$$\Delta \boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i = \boldsymbol{v}_f + (-\boldsymbol{v}_i)$$



أولًا، ارسم v_f. وأدناه، ارسم v_i مع جعل بداية السهم بمحاذاة ذيل المتجه v_f.

ثانيًا، ارسم المتجه Δv من بداية السهم v_f وحتى نهاية متجه v_i. ويساوي متجه التسارع **a** المتجهه Δv مقسوما على الفترة الزمنية.

الشكل 3: بالنسبة إلى التسارع الثابت، يشير متجه التسارع في مخطط نموذج الجسيم إلى الفرق بين متجهي السرعة المتجهة مقسومًا على الفترة الزمنية: $\boldsymbol{a} = \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t}$.

حلّل هل يمكنك رسم متجه تسارع لمتجهي سرعة متتاليين لهما الطول والاتجاه أنفسهما؟ اشرح.

تعريف الألوان

التسارع ← بنفسجي
السرعة المتجهة ← أحمر

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اتجاه التسارع

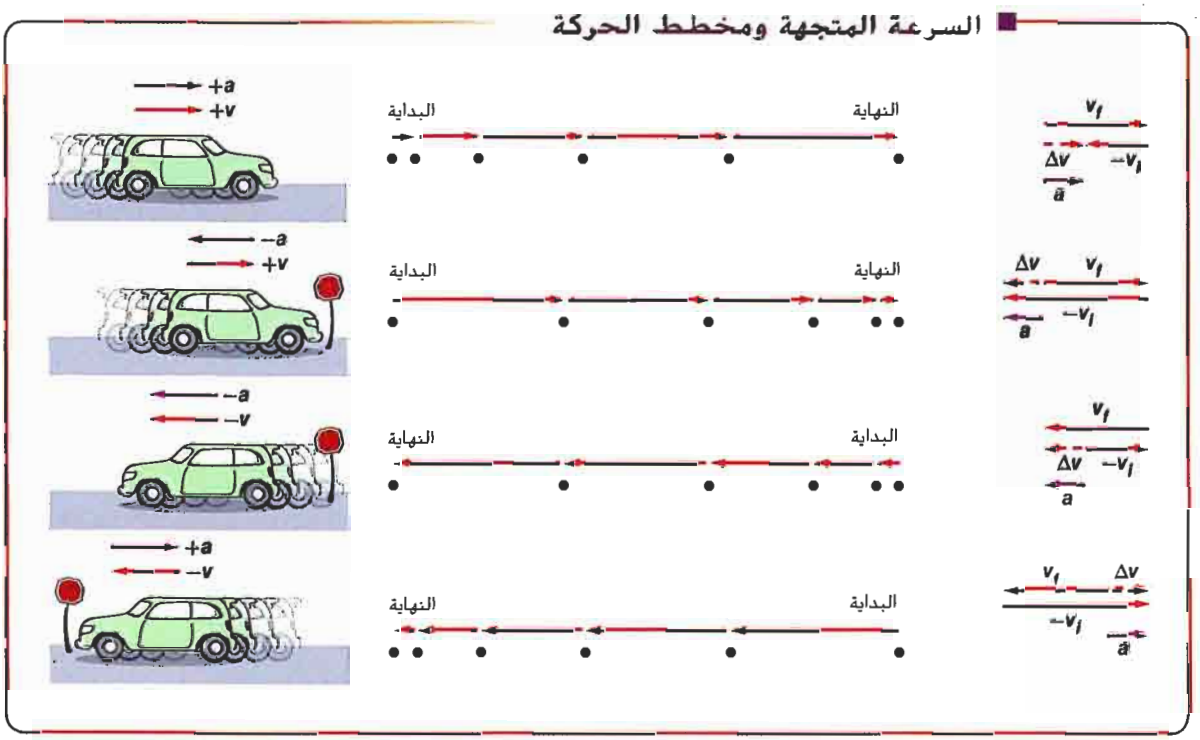
تأمل الحالات الأربع الموضحة في **الشكل 4** حيث يستطيع الجسم أن يتحرك بسرعة متغيرة. ويوضح مخطط الحركة الأول تحرك السيارة في الاتجاه الموجب وازدياد سرعتها. ويوضح مخطط الحركة الثاني تحرك السيارة في الاتجاه الموجب وتناقص سرعتها. كما يوضح مخطط الحركة الثالث ازدياد سرعة السيارة في الاتجاه السالب، ويوضح المخطط الرابع تناقص سرعة السيارة أثناء تحركها في الاتجاه السالب. ويبيّن الشكل أيضًا متجهات السرعة المتجهة خلال الفترة الزمنية الثاني لكل مخطط، مع متجهات التسارع المطابقة. لاحظ أن Δt تساوي 1s.

في الحالتين الأولى والثالثة، عندما تزداد سرعة السيارة، تشير متجهات السرعة المتجهة والتسارع إلى الاتجاه نفسه. أما في الحالتين الأخريين، عندما يكون متجه التسارع في الاتجاه المعاكس لمتجهات السرعة المتجهة، فإن السيارة تقل سرعتها. بمعنى آخر، عندما يكون تسارع السيارة وسرعتها المتجهه في نفس الاتجاه فإن سرعة السيارة تزداد بينما تتناقص سرعة السيارة عندما يكونان في اتجاهين متضادين.

تحتاج إلى معرفة كل من اتجاه السرعة المتجهة للجسم واتجاه تسارعه لتحديد ما إذا كانت سرعة الجسم تزيد أم تقل. ويكون تسارع الجسم موجبًا عندما يكون متجه التسارع في الاتجاه الموجب ويكون سالبًا عندما يكون متجه التسارع في الاتجاه السالب. لذلك من المهم ملاحظة أن إشارة التسارع وحدها لا تحدد ما إذا كانت سرعة الجسم تزيد أم تقل.

تأكد من فهمك صِف حركة الجسم إذا كانت متجهات سرعته المتجهة وتسارعه لها إشارات متضادة.

الشكل 4 تحتاج إلى معرفة اتجاه كل من السرعة المتجهة ومتجهات التسارع لكي تحدد ما إذا كانت سرعة الجسم تزيد أم تقل.



السرعة المتجهة	Δv	a
تزداد	في الاتجاه الموجب	في الاتجاه الموجب
تتناقص	في الاتجاه السالب	في الاتجاه السالب
تزداد	في الاتجاه السالب	في الاتجاه السالب
تتناقص	في الاتجاه الموجب	في الاتجاه الموجب

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الرسوم البيانية للسرعة المتجهة – الزمن

كما كان من المفيد رسم منحنى (الموقع – الزمن)، فمن المفيد أيضًا رسم منحنى (السرعة المتجهة – الزمن). على **منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)** أو الرسم البياني v-t، تُعيّن السرعة المتجهة على المحور الرأسي ويُعيّن الزمن على المحور الأفقي.

الميل يوضح **الشكل 5** منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لسيارة بدأت الحركة من وضع السكون وازدادت سرعتها على طول طريق مستقيم. حيث وقع الاختيار على الاتجاه الموجب ليكون اتجاه حركة السيارة نفسه. لاحظ أن الرسم البياني عبارة عن خط مستقيم. ويعني هذا أن السيارة تزداد سرعتها بمعدل ثابت. ويمكن إيجاد المعدل الذي تغيرت به السرعة المتجهة للسيارة عن طريق حساب ميل منحنى (السرعة المتجهه – الزمن).

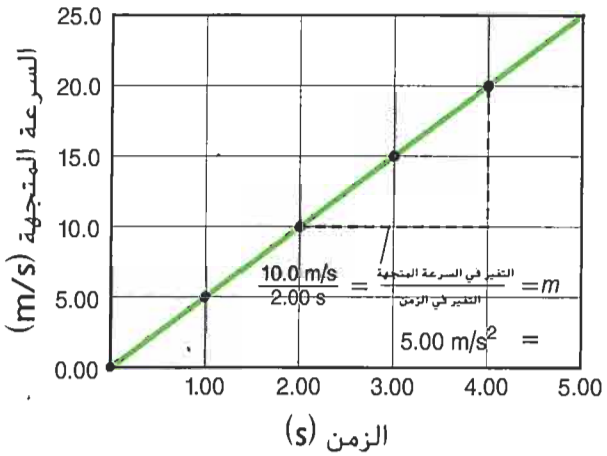
يوضح الرسم البياني أن الميل يساوي 5.00 (m/s)/s، التي تكتب عادة 5 m/s^2 للفترة الزمنية الواقعة بين 4.00 s و 5.00 s . تجد عند 4.00 s أن السرعة المتجهة للسيارة كانت 20.0 m/s في الاتجاه الموجب. وعند 5.00 s، كانت السيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s في الاتجاه نفسه. ولذلك، عند 1.00 s، زادت السرعة المتجهة للسيارة بمقدار 5.0 m/s في الاتجاه الموجب. عندما تتغير السرعة المتجهة للجسم بمعدل ثابت يكون تسارعه ثابتًا.

قراءة منحنى (السرعة المتجهه- الزمن) يعرض **الشكل 6** حركات خمسة عدائين. افترض أن الاتجاه الموجب في اتجاه الشرق. إنّ ميل الخطين البيانيَّين (A) و(E) صفرًا. ومن ثمّ، فإن تسارع كل منهما يساوي صفرًا. يوضح كلا الخطين البيانيين الحركة بسرعة متجهة ثابتة — العداء (A) يتجه شرقًا والعداء (E) يتجه غربًا. كما يوضح الخط البياني (B) وجود حركة بسرعة متجهة موجبة شرقًا. ويشير ميله إلى وجود تسارع موجب وثابت. يمكنك استنتاج أن السرعة تزداد لأن السرعة المتجهة والتسارع موجبان. الرسم الخط (C) له ميل سالب. ويوضح الحركة التي تبدأ بسرعة متجهة موجبة وتقل ثم تتوقف. ويعني هذا أن التسارع والسرعة المتجهة في اتجاهين متعاكسين. وتوضح النقطة التي يتقاطع عندها الخطان البيانيان (C) و(B) أن سرعتي العدائين متساوية عند ذلك الزمن. ولكن هذه النقطة لا تحدد مواقعهم.

يشير الخط البياني (D) إلى الحركة التي تبدأ باتجاه الغرب وتتباطأ وللحظة معينة تصبح سرعته المتجهة صفرًا ثم يتحرك شرقًا بسرعة متزايدة. ويتميز الخط البياني (D) بميل موجب. نظرًا لأن السرعة المتجهة والتسارع في اتجاهين متعاكسين منذ البداية، تتناقص السرعة إلى صفر عند الزمن الذي يتقاطع فيه الرسم البياني مع المحور x. بعد ذلك الزمن، تصبح السرعة المتجهة والتسارع في الاتجاه نفسه وتزداد السرعة.

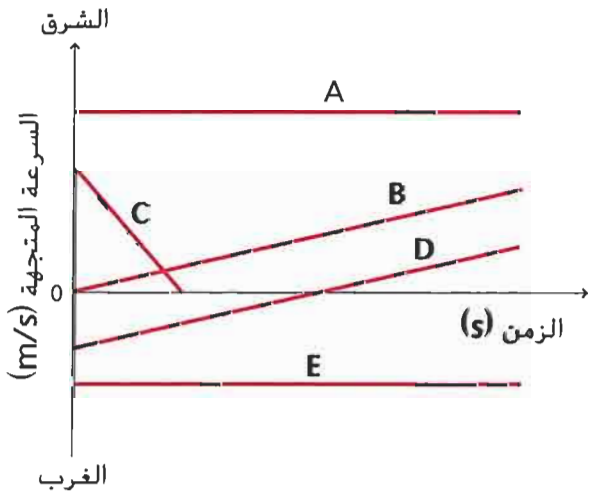
تأكد من فهمك صِف معنى تقاطع الخط البياني مع المحور x في منحنى (السرعة المتجهه - الزمن).

منحنى (السرعة المتجهه – الزمن)



الشكل 5 يمكنك تحديد التسارع من منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) بحساب ميل البيانات. يمثل الميل نسبة الارتفاع مقسومة على التغير في الإحداثي x (التغير في الزمن) باستخدام نقطتين على المنحنى (الخط المستقيم).

منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) لخمسة عدائين



الشكل 6 نظرًا لاختيار الشرق كاتجاه موجب على الرسم البياني، فإن السرعة المتجهة تكون موجبة إذا كان الخط فوق المحور الأفقي وسالبة إذا كان الخط أسفل المحور. يكون التسارع موجبًا إذا كان الخط مائلًا لأعلى على الرسم البياني. يكون التسارع سالبًا إذا كان الخط مائلًا لأسفل على الرسم البياني. يشير الخط الأفقي إلى سرعة متجهة ثابتة وتسارعًا يساوي صفرًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة مصغرة

سباق الكرة الفولاذية هل يؤثر ارتفاع المنحدر في حركة كرة تتدحرج أسفل المنحدر؟

مختبر الفيزياء

التسارع كيف يمكنك استخدام قياسات الحركة لحساب تسارع كرة متدحرجة؟

حركة الكرة المقذوفة

جَرِّبْ برمجيات الحسابات كيف يبدو الرسم البياني لكرة مقذوفة لأعلى؟

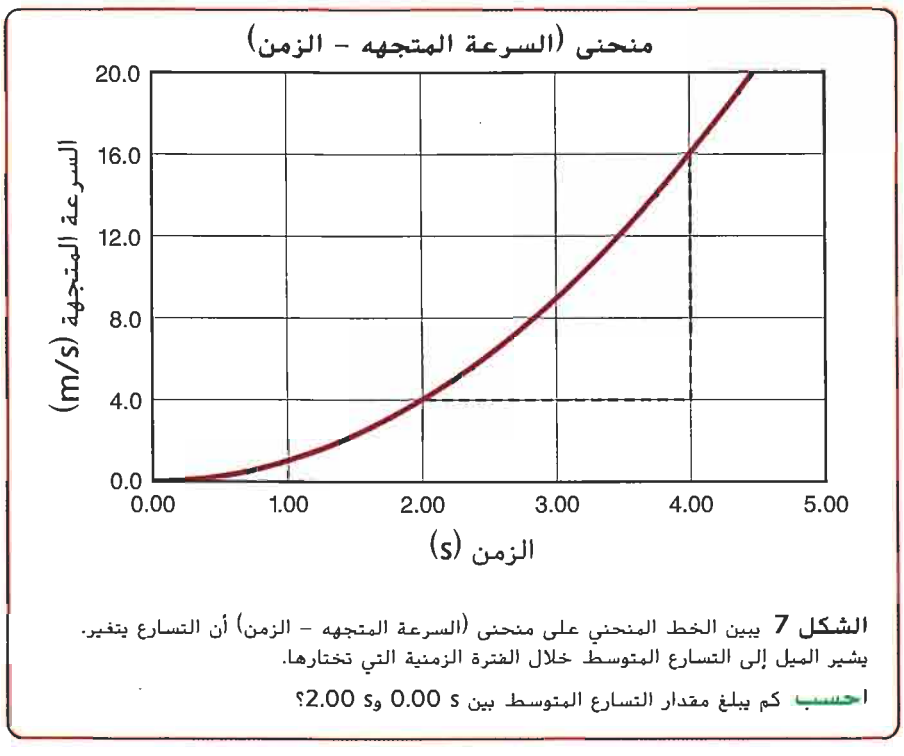
التسارع المتوسط والتسارع اللحظي

كيف تشعر باختلاف إذا كانت السيارة التي تقودها تتسارع قليلًا أو تتسارع كثيرًا. كما هو الحال مع السرعة المتجهة، يتغيّر تسارع معظم الأجسام المتحركة باستمرار. إذا كنت تريد أن تصف تسارع جسم ما، فغالبًا ما يكون أكثر ملاءمة أن تصف التغير الكلي في السرعة المتجهة خلال فترة زمنية معينة بدلًا من وصف التغيير المستمر.

يشير **التسارع المتوسط** لجسم ما إلى تغير سرعته المتجهة خلال فترة زمنية قابلة للقياس مقسومًا على تلك الفترة الزمنية. ويُقاس التسارع المتوسط بالأمتار لكل ثانية في كل ثانية (m/s/s) أو ببساطة يقاس بالأمتار لكل ثانية مربعة (m/s^2). قد تزيد السيارة من سرعتها سريعًا في بعض الأوقات وتصبح أكثر بطئًا في بعض الأوقات. كما أن السرعة المتوسطة تعتمد على الإزاحة عند بداية الحركة ونهايتها. يعتمد التسارع المتوسط فقط على السرعة المتجهة عند بداية الحركة ونهايتها خلال فترة زمنية معينة. يوضح **الشكل 7** رسمًا بيانيًا لحركة يتغير فيها التسارع. يُحدد التسارع المتوسط خلال فترة زمنية معينة مثلما هو موضح تمامًا في **الشكل 5** بالنسبة إلى التسارع الثابت. ومع ذلك، لاحظ أنه نظرًا لانحناء الخط، يختلف التسارع المتوسط في هذا الرسم البياني اعتمادًا على الفترة الزمنية التي تختارها.

يسمى التغيّر في السرعة المتجهة للجسم في لحظة من الزمن **التسارع اللحظي**. يمكنك تحديد التسارع اللحظي لجسم ما عن طريق رسم خط مماس على الرسم البياني لمنحنى (السرعة المتجهه – الزمن) عند النقطة الزمنية التي تريد تحديد السرعة عندها. يساوي ميل هذا الخط التسارع اللحظي. معظم الحالات المدروسة في هذا الكتاب المدرسي تفترض حالة مثالية للتسارع الثابت. عندما يكون التسارع واحدًا في جميع النقاط خلال فترة زمنية معينة، يتساوى التسارع المتوسط والتسارع اللحظي.

☑ **تأكد من فهمك** ما أوجه الاختلاف بين التسارع اللحظي والتسارع المتوسط؟



الشكل 7 يبين الخط المنحني على منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) أن التسارع يتغير. يشير الميل إلى التسارع المتوسط خلال الفترة الزمنية التي تختارها.

احسب كم يبلغ مقدار التسارع المتوسط بين 0.00 s و2.00 s؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

حساب التسارع

كيف يمكنك وصف تسارع جسم ما رياضيًا؟ تذكر أن تسارع جسم ما يساوي منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) لهذا الجسم. الميل يساوي $\Delta v/\Delta t$.

التسارع المتوسط يُعرف التسارع المتوسط بأنه التغير في السرعة المتجهة مقسومًا على الزمن المطلوب لإجراء ذلك التغير.

$$a \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

التسارع اللحظي يساوي التسارع المتوسط عندما يكون التغير في السرعة منتظماً. عندها يطلق على التسارع (التسارع المنتظم)

افترض أنك جريت بأقصى سرعة ذهابًا وإيابًا عبر صالة رياضية. حيث بدأت الجري بسرعة 4.0 m/s في اتجاه الجدار. وبعد مرور 10.0 s بلغت سرعتك 4.0 m/s وأنت تبتعد عن الجدار. ما تسارعك المتوسط إذا كان الاتجاه الموجب نحو الجدار؟

$$\bar{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

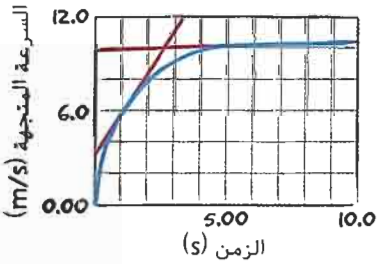
$$= \frac{-4.0\ \text{m/s} - 4.0\ \text{m/s}}{10.0\ \text{s}} = -0.80\ \text{m/s}^2$$

مثال 1

السرعة المتجهة والتسارع كيف تصف السرعة المتجهة للعداء وتسارعه كما هو موضح في الرسم البياني؟

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها من الرسم البياني، لاحظ أن مقدار السرعة المتجهة للعداء يبدأ من الصفر ويزيد بسرعة في الثواني القليلة الأولى ثم يظل ثابتًا تقريبًا بعد أن تبلغ السرعة نحو 10.0 m/s.

المعلوم	المجهول
v = متغير	a = ?



2 إيجاد المجهول

ارسم خطوط مماس للمنحنى عند نقطتين. اختر $t = 1.00$ s و $t = 5.00$ s.

حل لإيجاد مقدار التسارع عند: 1.00 s

$$a = \frac{\text{التغير في السرعة المتجهة}}{\text{التغير في الزمن}}$$

$$= \frac{10.0\ \text{m/s} - 6.0\ \text{m/s}}{2.4\ \text{s} - 1.00\ \text{s}}$$

$$= 2.9\ \text{m/s/s} = 2.9\ \text{m/s}^2$$

◀ ميل المماس عند 1.00 s يساوي التسارع عند ذلك الزمن.

◀ ميل المماس عند 5.0 s يساوي التسارع عند ذلك الزمن.

حل لإيجاد مقدار التسارع اللحظي عند: 5.0 s

$$a = \text{ميل المماس} = \frac{\text{التغير في السرعة المتجهه}}{\text{التغير في الزمن}}$$

$$= \frac{10.3\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s}}{10.0\ \text{s} - 0.00\ \text{s}}$$

$$= 0.030\ \text{m/s/s} = 0.030\ \text{m/s}^2$$

التسارع غير ثابت لأن مقداره يتغير من 2.9 m/s^2 عند 1.0 s إلى 0.030 m/s^2 عند 5.0 s.

التسارع في الاتجاه الذي وقع عليه الاختيار ليكون هو الاتجاه الموجب نظرًا لأن كلتا القيمتين موجبة.

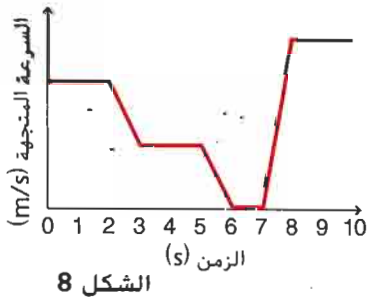
3 تقييم الإجابة

هل الوحدات صحيحة؟ يقاس التسارع بوحدة m/s^2.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

1. الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن في **الشكل 8** يصف حركة حمد وهو يسير على طريق القرية العالمية بدبي. ارسم مخطط الحركة. أدرج متجهات السرعة المتجهة في مخططك.

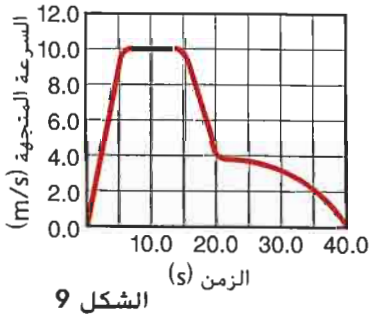


الشكل 8

2. استخدم الرسم البياني v-t للعبة القطار الموضح في **الشكل 9** للإجابة عن هذه الأسئلة.
   - **a.** متى تكون سرعة القطار ثابتة؟
   - **b.** خلال أي فترة زمنية يكون تسارع القطار موجبًا؟
   - **c.** متى يكون تسارع القطار سلبيًا لأقصى درجة؟

3. راجع **الشكل 9** لإيجاد التسارع المتوسط للقطار خلال الفترات الزمنية التالية.
   - **a.** 0.0 s إلى 5.0 s
   - **b.** 15.0 s إلى 20.0 s
   - **c.** 0.0 s إلى 40.0 s

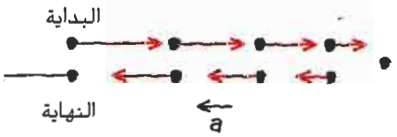
4. **تحدي** صمّم الرسم البياني v-t الذي يمثل الحركة التالية: مصعد يبدأ الحركة من وضع السكون عند الطابق الأرضي في مركز تسوق مكون من ثلاثة طوابق. ثم تزيد سرعته لأعلى لمدة 2.0 s بمعدل $0.5\ m/s^2$ ويستمر في الصعود بسرعة متجهة ثابتة قدرها 1.0 m/s لمدة 12.0 s ثم تقل سرعته بتسارع ثابت لأسفل بمقدار $0.25\ m/s^2$ لمدة 4.0 s حتى يصل إلى الطابق الثالث.



الشكل 9

مثال 2

التسارع صِف حركة الكرة أثناء تدحرجها صعودًا على طريق مائل. حيث تبدأ الحركة بسرعة 2.50 m/s وتقل سرعتها لمدة 5.00 s وتقف للحظة ثم تتدحرج لأسفل. تم اختيار الاتجاه الموجب ليكون نحو أعلى الطريق المائل. نقطة الأصل هي مكان بدء الحركة. فما إشارة ومقدار تسارع الكرة عندما تتدحرج صعودًا على الطريق؟



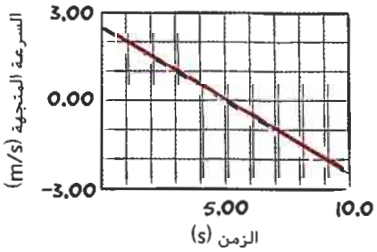
1 تحليل المسألة

- ارسم مخططًا للموقف.
- ارسم منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) اعتمادًا على مخطط الحركة.

المعلوم	المجهول
$v_i = +2.50\ m/s$	$a = ?$
$t = 5.00\ s$ عندما $v_f = 0.00\ m/s$	

2 إيجاد المجهول

أوجد مقدار التسارع من ميل الرسم البياني.



أوجد التغيّر في السرعة المتجهة والزمن اللازم لإجراء هذا التغير.

$$\Delta v = v_f - v_i$$
$$= 0.00\ m/s - 2.50\ m/s = -2.50\ m/s$$
$$\Delta t = t_f - t_i$$
$$= 5.00\ s - 0.00\ s = 5.00\ s$$

التعويض ◄ $v_f = 0.00\ m/s$ عندما $t_f = 5.00\ s$، $v_i = 2.50\ m/s$ عندما $t_i = 0.00\ s$.

أوجد مقدار التسارع.

$$\bar{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} = (-2.50\ m/s) / 5.00\ s$$

التعويض ◄ $t_f = 5.00\ s$، $t_i = 0.00\ s$.

$$= -0.500\ m/s^2 \text{ أو } 0.500\ m/s^2 \text{ أسفل الطريق}$$

التعويض ◄ $\Delta t = 5.00\ s$, $\Delta v = -2.50\ m/s$.

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** يقاس التسارع بوحدة m/s^2.
- **هل للاتجاهات معنى؟** عندما تقل سرعة الكرة، يكون اتجاه التسارع عكس اتجاه السرعة المتجهة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

5. تزيد سيارة سباق من سرعتها المتجهة للأمام من 4.0 m/s إلى 36 m/s على مدار فترة زمنية مقدارها 4.0 s. ما تسارعها المتوسط؟

6. تقل سرعة سيارة السباق الواردة في المسألة السابقة من 36 m/s إلى 15 m/s خلال 3.0 s. فما تسارعها المتوسط؟

7. تسير حافلة باتجاه الغرب بسرعة 25 m/s وعندما يضغط السائق على الفرامل تتوقف الحافلة بعد 3.0 s.

   a. ما التسارع المتوسطة للحافلة أثناء الضغط على الفرامل؟

   b. إذا استغرقت الحافلة ضعف الزمن السابق لتتوقف، فكيف تقارن التسارع الحالي مع التسارع الذي وجدته في الفرع a؟

8. تتحرك سيارة إلى الخلف على منحدر بسرعة 3.0 m/s عندما يبدأ السائق تشغيل المحرك. وبعد مرور 2.5 s تتحرك السيارة أعلى المنحدر بسرعة 4.5 m/s. في حالة اختيار اتجاه أعلى المنحدر كاتجاه موجب، ما التسارع المتوسط للسيارة؟

9. كان سلطان يعدو باتجاه الشرق نحو موقف الحافلات بسرعة 3.5 m/s عندما نظر إلى ساعته فلاحظ أن لديه متسعًا من الوقت قبل أن تصل الحافلة، فأبطأ سرعة عدوه خلال 10.0 s التالية ليسير على مهل بسرعة 0.75 m/s. ما تسارعه المتوسط خلال هذه الفترة التي تبلغ 10.0 s؟

10. **تحفيز** إذا تباطأ معدل الانحراف القاري على نحو مفاجئ من 1.0 cm/y إلى 0.5 cm/y خلال فترة زمنية مقدارها سنة، فكم يكون التسارع المتوسط؟

التسارع لحركة جسم بسرعة ثابتة مقدارًا

فكر مرة أخرى في الجري بأقصى سرعة عبر الصالة الرياضية. لاحظ أن سرعتك تظل كما هي أثناء تحركك باتجاه جدار الصالة الرياضية وأثناء تحركك بعيدًا عنه. في كلتا الحالتين، أنت تجري بسرعة 4.0 m/s. كيف يمكن أن يحدث لك تسارع؟

يمكن أن يحدث التسارع حتى عندما تكون السرعة ثابتة. التسارع المتوسط للجولة الكاملة التي تقوم بها باتجاه جدار الصالة الرياضية والرجوع منه مرة أخرى يساوي $-0.80\ m/s^2$. تشير الإشارة السالبة إلى أن اتجاه تسارعك بعيد عن الجدار لأن اتجاه الجدار وقع عليه الاختيار ليكون هو الاتجاه الموجب. وتتغير السرعة المتجهة من موجبة إلى سالبة عندما يتغير اتجاه الحركة. يؤدي تغير السرعة المتجهة إلى التسارع. ومن ثَمَّ، فقد يكون التسارع أيضًا مرتبطًا بتغير اتجاه الحركة.

☑ **تأكد من فهمك اشرح** كيف يمكن لجسم ما أن يتسارع عندما يتحرك بسرعة ثابتة.

القسم 1 مراجعة

11. **الفكرة** الرئيسة ما الطرق الثلاث التي يمكن أن يتسارع بها جسم ما؟

12. **رسومات بيانية للموقع – الزمن والسرعة المتجهة – الزمن** عدّاءان يركضان بسرعة متجهة ثابتة مقدارها 7.5 m/s شرقًا. **يوضح الشكل 10** مواقع العدائين عند زمن $t = 0$.

   a. ما الاختلاف (الاختلافات) الموجود في رسومات الموقع – الزمن الخاصة بحركتهم؟

   b. ما الاختلاف (الاختلافات) الموجود في رسومات السرعة المتجهة – الزمن الخاصة بهم؟

الشكل 10

13. **رسم بياني للسرعة المتجهة – الزمن:** صمّم رسمًا بيانيًا للسرعة المتجهة – الزمن لسيارة تتحرك شرقًا بسرعة 25 m/s لمدة 100 s ثم غربًا بسرعة 25 m/s لمدة 100 s أخرى.

14. **السرعة المتجهة والتسارع المتوسط:** يجدِّف راكب القارب ضد التيار بسرعة متجهة تبلغ 2.0 m/s لمدة 4.0 s ثم يطفو باتجاه التيار بسرعة 4.0 m/s لمدة 4.0 s.

   a. ما السرعة المتجهة المتوسطة للقارب خلال فترة زمنية مدتها 8.0 s؟

   b. ما التسارع المتوسط للقارب خلال فترة زمنية مدتها 8.0 s؟

15. **التفكير الناقد** سجل ضابط شرطة مخالفة لسائق تجاوز حد السرعة المسموح به بمقدار 32 km/h لحظة تجاوز السائق لسيارة تتحرك بسرعة أقل. وعندما أوقف الضابط السيارة، زعم السائق أن السائق الآخر يجب أن يحصل على مخالفة هو الآخر. قال السائق إنه من المؤكد أن السيارتين كانتا تسيران بالسرعة نفسها نظرًا لأنهما لوحظتا بجانب بعضهما. هل كان السائق على صواب؟ اشرح ذلك بإعداد رسم ومخطط للحركة.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 2 الحركة بتسارع ثابت

الفيزياء في حياتك

لنفترض أن سيارة تتحرك على طريق وفجأة رأى سائقها شجرة ساقطة تقطع الطريق أمامه. هل سيتمكن السائق من إيقاف السيارة في الوقت المناسب؟ يعتمد الأمر بالكامل على قدرة فرامل السيارة على اكساب السيارة تسارعاً في الاتجاه المعاكس لحركتها.

الفكرة الرئيسة

بالنسبة إلى جسم ذي تسارع ثابت، يمكن وصف العلاقات بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن من خلال الرسومات البيانية والمعادلات.

الأسئلة الرئيسة

- **ما شكل الرسم البياني للموقع - الزمن والسرعة المتجهة - الزمن الخاص بالحركة بتسارع ثابت؟**
- **كيف يمكنك تحديد إزاحة جسم متحرك من خلال الرسم البياني لسرعته المتجهة - الزمن؟**
- **ما العلاقات التي تربط بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن؟**

مراجعة المفردات

الإزاحة تغيُّر في الموقع بمقدار وفي اتجاه معين؛ تساوي الموقع النهائي مطروحًا منه الموقع الابتدائي.

الموقع مع التسارع الثابت

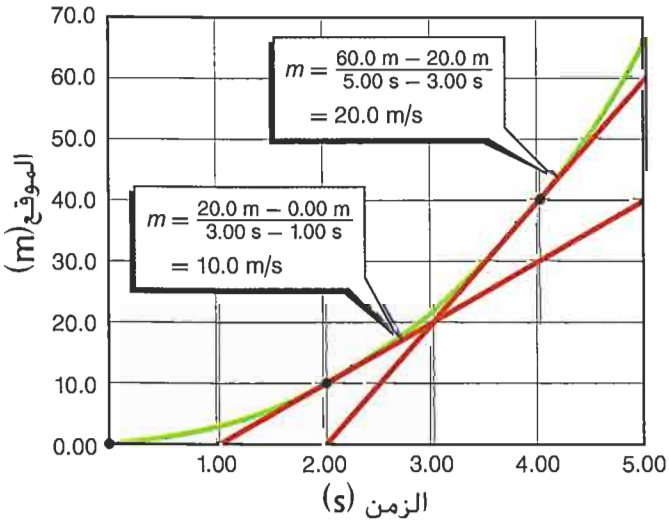
إذا تحرك جسم ما بتسارع ثابت، تتغير سرعته المتجهة بمعدل ثابت. كيف يتغير موقعه؟ يعرض **الشكل 11** رسومات بيانية لمواقع سيارة ذات تسارع ثابت في أزمنة مختلفة. يوضح الرسم البياني أن حركة السيارة غير منتظمة، حيث تزداد شيئًا فشيئًا الإزاحة خلال الفترات الزمنية المتساوية على الرسم البياني باستمرار. نتيجة لذلك، يزداد انحدار ميل الخط في **الشكل 11** مع مرور الزمن. بالنسبة إلى جسم يتحرك بتسارع ثابت، يأخذ الرسم البياني للموقع - الزمن شكل القطع المتكافئ.

استُخدمت ميول الرسم البياني للموقع - الزمن في **الشكل 11** لإنشاء الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن المُوضح جهة اليسار في **الشكل 12**. بالنسبة إلى جسم يتحرك بتسارع ثابت، يأخذ الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن شكل خط مستقيم.

لا يمكن إنشاء رسم بياني فريد للموقع - الزمن باستخدام رسم بياني للسرعة المتجهة - الزمن نظرًا لعدم احتواء الأخير على معلومات عن الموقع. لكنه يحتوي على معلومات عن الإزاحة. تذكّر أن السرعة المتجهة تساوي الإزاحة على الفترة الزمنية بالنسبة لجسم يتحرك بسرعة متجهة ثابتة. ومن ثَمَّ فإن الإزاحة تساوي ناتج ضرب السرعة المتجهة في الفترة الزمنية. في الرسم البياني على اليمين في **الشكل 12** في الصفحة التالية، مساحة المثلث تساوي $\frac{1}{2}(v\Delta t)$ أو Δx. ومن ثَمَّ، فإن المساحة الموجودة أسفل الخط البياني لمنحنى (السرعة المتجهة - الزمن) تساوي الإزاحة.

تأكد من فهمك **حدِّد** ما شكل الرسم البياني للموقع - الزمن لجسم يتحرك بتسارع ثابت؟

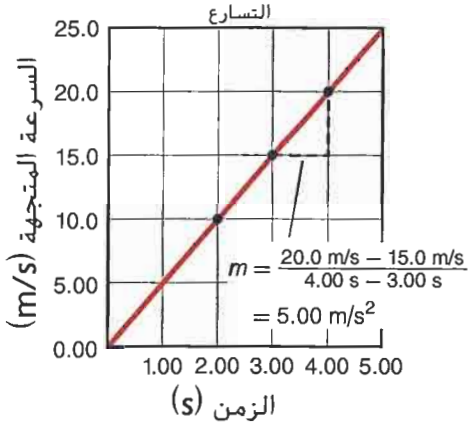
منحنى (الموقع - الزمن)



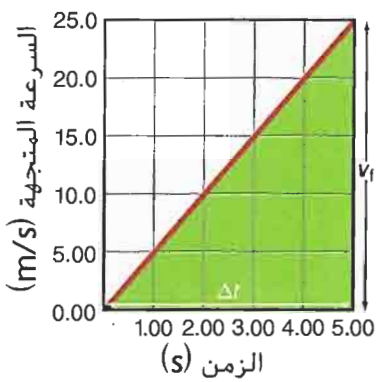
الشكل 11 يتغير ميل منحنى (الموقع - الزمن) بمرور الزمن بالنسبة إلى جسم ذي تسارع ثابت.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يستخدم ميل منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) لحساب التسارع



تستخدم المساحة أسفل منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) لحساب الإزاحة



الشكل 12 ميول منحنى (الموقع – الزمن) في **الشكل 11** مُوضحة في هذه المنحنيات (السرعة المتجهه – الزمن). يمكن الحصول على التسارع المُوضح جهة اليسار بقسمة نسبة الارتفاع على المسافة الأفقية. يمكن الحصول على الإزاحة المُوضحة جهة اليسار من خلال المساحة أسفل المنحنى.

احسب ما الميل في الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن جهة اليمين بين $t = 2.00s$ و $t = 5.00s$؟

السرعة المتجهة مع التسارع المتوسط

لقد قرأت أنه يمكن إعادة ترتيب معادلة حساب متوسط السرعة المتجهة جبريًا لمعرفة الموقع الجديد بعد فترة من الزمن. في حالة معرفة الموقع الابتدائي ومتوسط السرعة المتجهة. وبالمثل، يمكن تعديل تعريف التسارع المتوسط لمعرفة السرعة المتجهة الجديدة بعد فترة من الزمن في حالة معرفة السرعة المتجهة الابتدائية والتسارع المتوسط.

إذا كنت تعرف التسارع المتوسط لجسم ما خلال فترة زمنية معينة، فيمكنك استخدامه لتحديد مقدار تغيُّر السرعة المتجهة خلال تلك الفترة الزمنية. يمكنك إعادة كتابة تعريف التسارع المتوسط: ($\overline{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t}$) كالآتي:

$$\Delta v = \overline{a}\Delta t$$

$$v_f - v_i = \overline{a}\Delta t$$

يمكن كتابة معادلة حساب السرعة المتجهة النهائية مع التسارع المتوسط كالتالي:

السرعة المتجهة النهائية مع التسارع المتوسط

السرعة المتجهة النهائية تساوي السرعة المتجهة الابتدائية مضافًا إليها ناتج ضرب التسارع المتوسط في الفترة الزمنية.

$$v_f = v_i + \overline{a}\Delta t$$

في الحالات التي يكون فيها التسارع ثابتًا، تكون قيمة التسارع المتوسط (a) هي قيمة التسارع اللحظي نفسها (a). يمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة لإيجاد الزمن لجسم سرعته المتجهة معلومة ويتحرّك بتسارع ثابت. كما يمكنك استخدامها لحساب السرعة المتجهة الابتدائية لجسم إذا كانت سرعته المتجهة والزمن الذي حدثت فيه معلومتان.

مختبر الفيزياء

قياس التسارع

تجربة برمجيات الحسابات **ما الذي يوضحه الرسم البياني عن حركة عربة ما؟**

تطبيق

16. تتحرك كرة جولف صعودًا أعلى تل نحو حفرة جولف صغيرة. افترض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب.

a. إذا بدأت كرة الجولف حركتها بسرعة 2.0 m/s ثم انخفضت بمعدل ثابت يبلغ $0.50\ m/s^2$. فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 2.0 s؟

b. ما السرعة المتجهة لكرة الجولف إذا استمر التسارع الثابت لفترة 6.0 s؟

c. صِف حركة كرة الجولف من خلال كلماتك ومخطط للحركة.

17. تتحرك حافلة شرقًا بسرعة 30.0 km/h بتسارع $1.5\ m/s^2$. فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 6.8 s؟

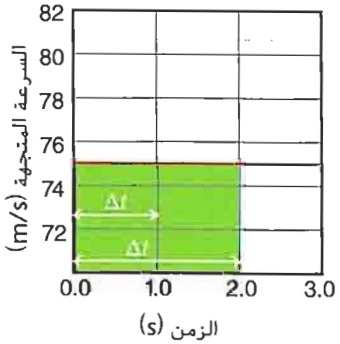
18. إذا تسارعت سيارة من وضع السكون بمعدل ثابت $5.5\ m/s^2$ شمالًا، فكم ستستغرق من الزمن لتصل سرعتها المتجهة إلى 28 m/s شمالًا؟

19. **مسألة تحفيزية** سيارة تنخفض سرعها من 22 m/s إلى 3.0 m/s بمعدل ثابت $2.1\ m/s^2$. فكم ثانية تستغرقها السيارة قبل أن تتحرك بسرعة متجهة للأمام مقدارها 3.0 m/s؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 3

إيجاد الإزاحة من رسم بياني للسرعة المتجهة – الزمن يوضح منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) على اليسار حركة طائرة ما. أوجد إزاحة الطائرة خلال الفترتين $\Delta t = 1.0s$ و $\Delta t = 2.0s$ باقتراض أن الاتجاه للأمام هو الاتجاه الموجب.



1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

- الإزاحة هي المساحة أسفل الرسم البياني v-t.
- تبدأ الفترات الزمنية عندما $t = 0.0\ s$.

المعلوم	المجهول
$v = +75\ m/s$	$\Delta x = ?$
$\Delta t = 1.0\ s$	
$\Delta t = 2.0\ s$	

2 إيجاد المجهول

استخدم العلاقة بين الإزاحة والسرعة المتجهة والفترة الزمنية لإيجاد Δx خلال $\Delta t = 1.0\ s$.

$$\Delta x = v\Delta t$$

$$= (+75\ m/s)(1.0\ s)$$ ◄ بالتعويض $v = +75\ m/s$,$\Delta t = 1.0s$

$$= +75\ m$$

استخدم العلاقة نفسها لإيجاد قيمة Δx خلال الفترة $\Delta t = 2.0s$.

$$\Delta x = v\Delta t$$

$$= (+75\ m/s)(2.0\ s)$$ ◄ بالتعويض $v = +75\ m/s$,$\Delta t = 2.0s$

$$= +150\ m$$

3 تقييم الإجابة

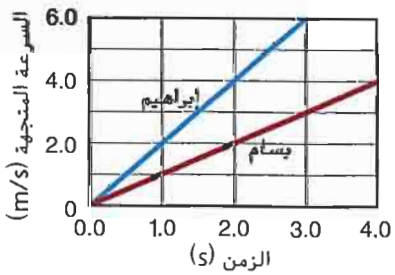
- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس الإزاحة بالأمتار.
- **هل الإشارات مفهومة؟** الإشارة الموجبة تتماشى مع الرسم البياني.
- **هل هذا المقدار واقعي؟** من المعقول بالنسبة إلى الطائرة أن تتحرك مسافة قريبة من طول ملعب كرة قدم في الثانية الواحدة.

تطبيق

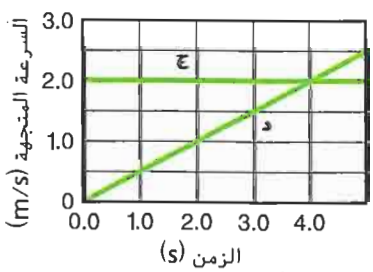
20. يصف منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) في **الشكل 13** حركة سائقي دراجتين هوائيتين، هما إبراهيم وبسام، اللذان بدأا الحركة من السكون ويتجهان شمالًا مع زيادة سرعتهما بتسارع ثابت. فكم كانت قيمة الإزاحة الكلية لكل سائق دراجة خلال الفترة المُوضحة لكل منهما؟

تلميح: استخدم مساحة المثلث: المساحة = $\left(\frac{1}{2}\right)$ (القاعدة) (الارتفاع).

21. يصف منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) في **الشكل 14** حركة شخصين، يتحركان جنوبًا على طول مسار مستقيم. ما الإزاحة الكلية لكل شخص خلال الفترة الزمنية 4.0 s المُوضح على الرسم البياني؟



الشكل 13



الشكل 14

22. مسألة تحفيزية سيارة تدخل في امتداد طريق مستقيم سريع وتسير بتسارع ثابت في اتجاه الغرب تبدأ السرعة من 0 m/s وتصل إلى 25 m/s خلال 12 s.

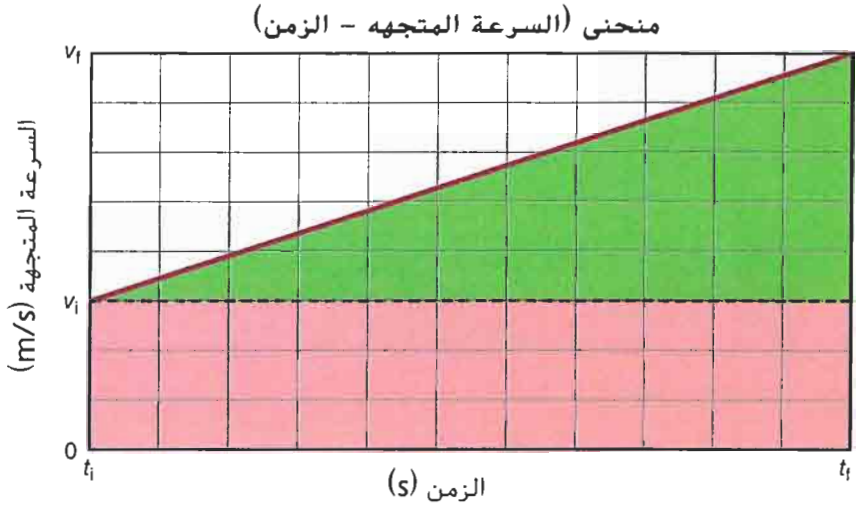
a. ارسم رسمًا بيانيًا v-t لحركة السيارة.

b. استخدم الرسم البياني لتحديد إزاحة السيارة خلال الفترة الزمنية 12.0 s.

c. تسير سيارة أخرى على نفس امتداد الطريق السريع وتقطع المسافة نفسها خلال الزمن نفسه مثل السيارة الأولى ولكن بسرعة متجهة ثابتة. ارسم رسمًا بيانيًا v-t لحركة هذه السيارة.

d. اشرح كيف توصّلت إلى السرعة المتجهة للسيارة.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



الشكل 15 بالنسبة إلى الحركة بتسارع ثابت، إذا كانت السرعة المتجهة الابتدائية في منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) لا تساوي صفرًا، تكون المساحة أسفل منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) هي مجموع مساحة المستطيل ومساحة المثلث.

الحركة بسرعة متجهة ابتدائية لا تساوي صفر يصف الرسم البياني في **الشكل 15** تسارعًا ثابتًا بدأ بسرعة متجهة ابتدائية مقداره v_i. لتحديد الإزاحة، يمكنك تقسيم المساحة أسفل الرسم البياني إلى مستطيل ومثلث. ومن ثَمَّ تكون المساحة الكلية كالتالي:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{مستطيل}} + \Delta x_{\text{مثلث}} = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)\Delta v \Delta t$$

بالتعويض بـ $a\Delta t$ عن تغير السرعة المتجهة في المعادلة تكون النتيجة:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{مستطيل}} + \Delta x_{\text{مثلث}} = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2$$

عندما يكون الموقع الابتدائي أو النهائي للجسم معروفًا، يمكن كتابة المعادلة كالتالي:

$$x_f - x_i = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2 \quad \text{أو} \quad x_f = x_i + v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2$$

إذا كان الزمن الابتدائي $t_i=0$، فعندئذٍ تصبح المعادلة كالتالي.

الموقع مع التسارع المتوسط

الموقع النهائي لجسم ما يساوي مجموع موقعه الابتدائي وناتج ضرب السرعة المتجهة الابتدائية في الزمن النهائي ونصف ناتج ضرب التسارع في مربع الزمن النهائي.

$$x_f = x_i + v_i t_f + \left(\frac{1}{2}\right)a\, t_f^2$$

الفيزياء في حياتك

سباق السحب يحاول المتسابق في سباق السحب الوصول إلى أعلى تسارع له على مضمار السباق. أسرع زمن مُسجل لدى الرابطة الوطنية الأمريكية للسيارات المعدلة لسباق 402 m هو 3.771 s. بينما تبلغ أعلى سرعة نهائية مسجلة 145.3 m/s (ما يساوي 324.98 m/ph).

معادلة بديلة

من المفيد دائمًا الربط بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع الثابت دون تضمين الزمن. أعِد ترتيب المعادلة $v_f = v_i + at_f$ لإيجاد قيمة الزمن: $t_f = \frac{v_f - v_i}{a}$

يمكنك بعد ذلك إعادة كتابة قيمة الموقع بمعادلة حساب التسارع المتوسط بالتعويض بـ t_f للحصول على ما يلي:

$$x_f = x_i + v_i\left(\frac{v_f - v_i}{a}\right) + \left(\frac{1}{2}\right)a\left(\frac{v_f - v_i}{a}\right)^2$$

يمكن حل هذه المعادلة لإيجاد السرعة المتجهة (v_f) عند أي موقع (x_f).

السرعة المتجهة بتسارع ثابت

مربع السرعة المتجهة النهائية يساوي مجموع مربع السرعة المتجهة الابتدائية ومثلي ناتج ضرب التسارع في الإزاحة خلال الفترة الزمنية.

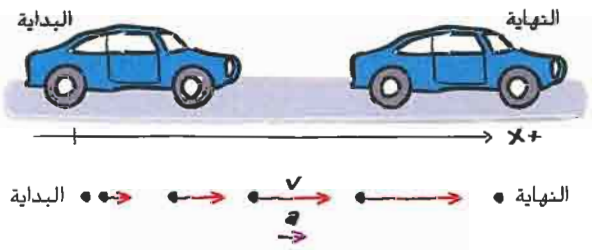
$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,(x_f - x_i)$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 4

الإزاحة سيارة تبدأ حركتها من وضع السكون وتزيد سرعتها بمعدل $3.5\ m/s^2$ بعد أن تضيئ إشارة مرور بالضوء الأخضر. ما المسافة التي ستكون قد قطعتها عندما تصل سرعتها إلى $25\ m/s$؟

1 حلِّل المسألة وارسم مخططًا لها



- ارسم مخططًا للموقف.
- أنشئ محاور إحداثية وافترض أن اتجاه اليمين هو الاتجاه الموجب.
- ارسم مخططًا للحركة.

المعلوم

$x_i = 0.00\ m$

$v_i = 0.00\ m/s$

$v_f = +25\ m/s$

$\overline{a} = a = +3.5\ m/s^2$

المجهول

$x_f = ?$

2 إيجاد المجهول

أستخدم العلاقة بين السرعة المتجهة والتسارع والإزاحة لإيجاد x_f.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$$

$$x_f = x_i + \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

بالتعويض $x_i = 0.00\ m$ ، $v_f = +25\ m/s$ ، $v_i = 0.00\ m/s$ ، $a = +3.5\ m/s^2$.

$$= 0.00\ m + \frac{(+25\ m/s)^2 - (0.00\ m/s)^2}{2(+3.5\ m/s^2)}$$

$$= +89\ m$$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** يُقاس الموقع بالأمتار.
- **هل الإشارة مفهومة؟** الإشارة الموجبة تتفق مع الرسم التخطيطي.
- **هل هذا المقدار واقعي؟** الإزاحة تعادل طول ملعب كرة قدم تقريبًا. النتيجة معقولة لأن $25\ m/s$ (حوالي 55 mph) سرعة كبيرة.

تطبيق

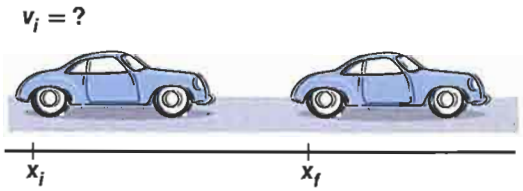
23. يتحرك متزلج على لوح تزلج بسرعة ثابتة $1.75\ m/s$ عندما يبدأ في الصعود على مستوى مائل تتباطأ حركته بمعدل ثابت. $-0.20\ m/s^2$ إحسب الزمن اللازم لتصل سرعته صفراً حيث عندها يبدأ بالانزلاق لأسفل؟

24. تتحرك سيارة سباق على مضمار سباق مستقيم بسرعة متجهة إلى الأمام تبلغ $44 m/s$ وتنخفض بمعدل ثابت لتصل إلى سرعة متجهة $22 m/s$ خلال $11\ s$. فما المسافة التي تتحركها خلال هذا الزمن؟

25. تتحرك سيارة بسرعة تزداد بمعدل ثابت يبدأ من $15\ m/s$ ويصل إلى $25 m/s$ خلال سيرها مسافة $125\ m$. فكم تستغرق من الزمن للوصول إلى السرعة النهائية؟

26. راكب دراجات يقود دراجته بتسارع ثابت لتصل سرعتها المتجهة شمالًا إلى $7.5\ m/s$ خلال فترة $4.5\ s$. وتبلغ إزاحة الدراجة $19\ m$ شمالًا خلال فترة التسارع. فكم كانت السرعة المتجهة الابتدائية للدراجة؟

27. مسألة تحفيزية تتحرك السيارة المُوضحة في **الشكل 16** غربًا بتسارع للأمام يبلغ $0.22\ m/s^2$. كم كانت السرعة المتجهة للسيارة (v_i) عند النقطة x_i إذا كانت تقطع مسافة $350m$ خلال $18.4\ s$؟



الشكل 16

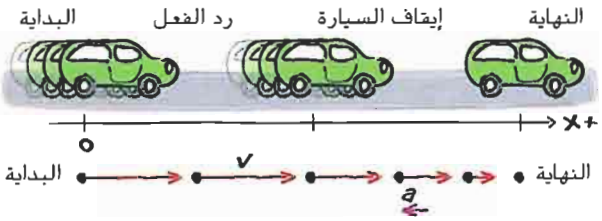
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 5

حركة مؤلفة من مرحلتين تقود سيارة بسرعة متجهة ثابتة تبلغ 25 m/s على طول طريق مستقيم عندما ترى طفلًا يعبر الطريق فجأة. يستغرق الأمر منك 0.45 s لتتفاعل مع الموقف وتضغط على الفرامل. ونتيجة لذلك، تنخفض سرعة السيارة بتسارع ثابت مقداره $8.5\ m/s^2$ في الاتجاه المعاكس لحركة سيارتك وتتوقف. ما الإزاحة الكلية للسيارة قبل أن تتوقف؟

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

- ارسم مخططًا للموقف.
- اختر نظامًا إحداثيًا بحيث تكون حركة السيارة في الاتجاه الموجب.
- ارسم مخطط الحركة وارسم عليه الأحرف **v** و**a**.



المعلوم	المجهول
$v_{i,\text{الابتدائية}} = +25\ m/s$	$x_{\text{رد الفعل}} = ?$
$t_{\text{رد الفعل}} = 0.45\ s$	$x_{\text{إيقاف السيارة}} = ?$
$a_{\text{إيقاف السيارة}} = -8.5\ m/s^2$	$x_{\text{الإجمالي}} = ?$
$v_{i,\text{إيقاف السيارة}} = +25\ m/s$	
$v_{f,\text{إيقاف السيارة}} = 0.00\ m/s$	

2 إيجاد المجهول

رد الفعل:

استخدم العلاقة بين الإزاحة والسرعة المتجهة والزمن لإيجاد إزاحة السيارة أثناء تحركها بسرعة ثابتة من لحظة رؤية الطفل وحتى البدء بتطبيق الفرامل (خلال فترة زمن رد الفعل).

$$x_{\text{رد الفعل}} = v_{\text{الابتدائية, رد الفعل}}\, t_{\text{رد الفعل}}$$

$$x_{\text{رد الفعل}} = (+25\ m/s)(0.45\ s)$$

$$= +11\ m$$

◄ بالتعويض $v_{\text{رد الفعل}} = +25 m/s$, $t_{\text{رد الفعل}} = 0.45\ s$

إيقاف السيارة:

استخدم العلاقة بين السرعة المتجهة والتسارع والإزاحة لإيجاد إزاحة السيارة أثناء إيقافها.

$$V_{f,\text{إيقاف السيارة}}{}^2 = v_{\text{رد الفعل}}{}^2 + 2a_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}}(x_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}})$$

أوجد قيمة x أثناء تطبيق الفرامل

$$x_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}} = \frac{v_{f,\text{أثناء تطبيق الفرامل}}{}^2 - v_{\text{رد الفعل}}{}^2}{2a_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}}}$$

$$= \frac{(0.00\ m/s)^2 - (+25\ m/s)^2}{2(-8.5\ m/s^2)}$$

$$= +37\ m$$

◄ بالتعويض $a_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}} = -8.5\ m/s^2$, $v_{\text{رد الفعل}} = +25\ m/s$, $v_{f,\text{بعد تطبيق الفرامل}} = 0.00\ m/s$

الإزاحة الكلية تساوي مجموع إزاحة رد الفعل وإزاحة إيقاف السيارة.

أوجد قيمة الكلية x.

$$x_{\text{الكلية}} = x_{\text{رد الفعل}} + x_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}}$$

$$= +11\ m + 37\ m$$

$$= +48\ m$$

◄ بالتعويض $x_{\text{رد الفعل}} = +11\ m$, $x_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}} = +37\ m$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس الإزاحة بالأمتار.
- **هل الإشارات مفهومة؟** كل من $x_{\text{رد الفعل}}$ و$x_{\text{إيقاف السيارة}}$ موجبتين كما ينبغي أن يكونا.
- **هل هذا المقدار واقعي؟** تكون إزاحة إيقاف السيارة صغيرة نظرًا لكبر مقدار التسارع.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

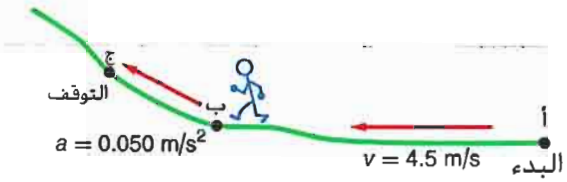
28. تتحرك سيارة بسرعة متجهة ابتدائية شرقًا 24.5 m/s وبتسارع $4.2\ m/s^2$ غربًا. ما مقدار إزاحتها في اللحظة التي تبلغ فيها سرعتها المتجهة 18.3 m/s شرقًا.

29. يركض رجل على طول المسار المُوضح في **الشكل 17**. من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)، يركض الرجل بسرعة متجهة للأمام تبلغ 4.5 m/s لمدة 15.0 min، ويركض من النقطة (ب) إلى النقطة (ج) صاعدًا إلى أعلى تل. يخفض الرجل من سرعته بمعدل ثابت $0.050\ m/s^2$ لمدة 90.0 s ويتوقف عند النقطة (ج). فكم المسافة التي ركضها الرجل؟

30. تبدأ قيادة دراجتك الهوائية من أعلى تل. تتحرك بالدراجة إلى أسفل التل بتسارع ثابت $2.00\ m/s^2$. وعندما تصل أسفل التل، تصل سرعتك بالدراجة 18.0 m/s وتضغط على فرامل الدراجة للحفاظ على تلك السرعة. إذا واصلت السير بهذه السرعة لمدة 1.00 min، فكم ستكون المسافة التي قطعتها منذ أن غادرت قمة التل؟

31. تتمرن نورا استعدادًا لسباق مسافته 5.0km .وتبدأ تمرينها بالجزي بسرعة ثابتة مقدارها 4.3 m/s لمدة 19 min. ثم تتسارع بمعدل ثابت حتى تعبر خط النهاية بعد 19.4 s. فكم يبلغ تسارعها خلال الجزء الأخير من تمرين الجري؟

32. مسألة تحفيزية يتعلم كريم ركوب دراجة بدون عجلات التدريب حيث يدفعه والده بتسارع ثابت $0.50\ m/s^2$ باتجاه الشرق لمدة 6.0 s ثم يتحرك بسرعة 3.0 m/s شرقًا لمدة 6.0 s أخرى قبل أن يسقط. ما مقدار إزاحة كريم؟ حُلَّ هذه المسألة بإنشاء رسم بياني للسرعة المتجهة – الزمن لحركة كريم وحساب المساحة أسفل الخط المرسوم بيانيًا.



الشكل 17

القسم 2 مراجعة

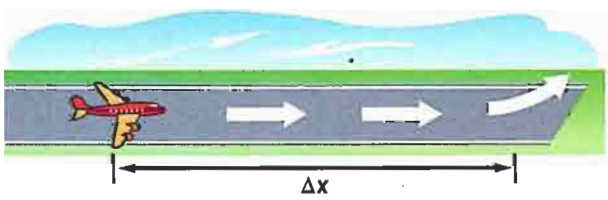
33. الفكرة الرئيسة إذا أُعطيت السرعات المتجهة الابتدائية والنهائية والتسارع الثابت لجسم ما وطُلب منك إيجاد إزاحته، فما العلاقة الرياضية التي ستستخدمها؟

34. التسارع سيدة تقود سيارة باتجاه الغرب على طول طريق مستقيم بسرعة 23 m/s وترى أمامها غزال على الطريق فتدوس على الفرامل على بعد 210 m من الغزال. إذا لم يتحرك الغزال وتوقفت السيارة قبيل أن تصدمه، فما مقدار التسارع الذي نتج عن فرامل السيارة؟

35. المسافة تبدأ الطائرة في **الشكل 18** حركتها من السكون وتتسارع شرقًا بمعدل ثابت $3.00\ m/s^2$ لمدة 30.0 s قبل أن تقلع.

a. ما إزاحة الطائرة (Δx)؟

b. ما سرعة الطائرة لحظة إقلاعها؟



الشكل 18

36. المسافة يتسارع ممارس رياضة التزلج الأرضي أولًا من 0.0 m/s إلى 5.0 m/s خلال 4.0 s ثم يتابع بهذه السرعة الثابتة لمدة 4.5 s أخرى. ما المسافة الكلية التي قطعها هذا المتزلج؟

37. السرعة المتجهة النهائية طائرة تسير مسافة $5.0\times10^2\ m$ بحيث تتسارع بانتظام من السكون بمعدل $5.0\ m/s^2$. ما السرعة المتجهة النهائية التي تصل إليها الطائرة؟

38. السرعة المتجهة النهائية تسارعت طائرة من السكون بانتظام بمعدل $5.0\ m/s^2$ جنوبًا لمدة 14 s، فما السرعة المتجهة النهائية التي وصلت إليها؟

39. رسومات بيانية تتقدم عداءة نحو خط البداية بسرعة ثابتة وتتخذ وضع الاستعداد لبدء السباق. تنتظر العداءة حتى تسمع طلقة البداية، ثم تتسارع بشكل سريع حتى تصل إلى سرعة متجهة ثابتة وتحافظ على سرعتها المتجهة هذه حتى تعبر خط النهاية، ثم تُخفض سرعتها إلى المشي وبهذا تستغرق زمنًا أطول لتخفيض سرعتها مقارنةً بالزمن الذي استغرقته لتزيد من سرعتها في بداية السباق. ارسم رسمًا بيانيًا للسرعة المتجهة – الزمن والموقع - الزمن لتمثيل حركتها. ارسم هذه الرسومات على الرسم نفسه باستخدام مقياس الزمن نفسه. أشر إلى مواقع خط البداية وخط النهاية في الرسم البياني الموقع – الزمن الذي رسمته.

40. التفكير الناقد صِف كيف يمكنك حساب تسارع سيارة ما. حدِّد أدوات القياس والإجراءات التي ستستخدمها.

القسم 3 السقوط الحر

الفيزياء في حياتك

قبل أن يفتحوا مظلاتهم، يمسك هواة القفز بالمظلات أحيانًا بأيدي بعضهم البعض لتشكيل حلقة في الهواء أثناء هبوطهم إلى سطح الأرض. ماذا يحدث إذا كانت كتل أجسامهم مختلفة؟ هل سيهبطون بمعدل السرعة نفسه أم بمعدلات مختلفة؟

اكتشاف جاليليو

أيهما يسقط بتسارع أكبر، الورقة أم كتاب الفيزياء الخاص بك؟ إذا أمسكت بواحد منهما في كل يد ثم أفلتهما، فسيصل الكتاب إلى الأرض أولًا. هل تتسارع الأجسام الأثقل بمعدل أكبر أثناء سقوطها؟ جرِّب إسقاطهما مرة أخرى ولكن ضع الورقة أولًا في وضع مستوٍ فوق الكتاب. بدون دفع الهواء لها، ستسقط الورقة بسرعة الكتاب نفسها. بالنسبة إلى جسم خفيف الوزن مثل الورقة، يكون للاصطدامات مع جسيمات الهواء تأثير أكبر مقارنة بكتاب ثقيل الوزن.

لفهم الأجسام الساقطة، فكِّر أولًا في الحالة التي لا يكون فيها للهواء تأثير ملموس على الحركة. تذكَّر أن الجاذبية هي تجاذب بين الأجسام. **السقوط الحر** هو حركة الجسم عندما تكون الجاذبية هي القوة الوحيدة التي تؤثر فيه.

منذ حوالي 400 عام مضت، اكتشف جاليليو جاليلي أنه بإهمال تأثير الهواء فإن جميع الأجسام في حالة السقوط الحر تتساوى في التسارع، بصرف النظر عن المواد المصنوعة منها أو وزنها. يُعرف تسارع الجسم الناتج عن تأثير الجاذبية فقط **بتسارع السقوط الحر.** يعرض **الشكل 19** نتائج تجربة سقوط حر أُجريت عام 1971 على سطح القمر وتحقق بها رواد الفضاء من صحة النتائج التي توصَّل إليها جاليليو.

تسارع السقوط الحر بالقرب من سطح الأرض يساوي لأسفل (ما يساوي تقريبًا 22 mph/s لأسفل). فكِّر في هواة القفز بالمظلات أثناء هبوطهم. تزداد السرعة المتجهة لهبوطهم بمعدل 9.8 m/s مع كل ثانية تمر أثناء هبوطهم. عند تحليل السقوط الحر، يعتمد تعاملك مع التسارع على أنه موجب أو سالب على النظام الإحداثي الذي تستخدمه. إذا حددت الاتجاه لأعلى ليكون هو الاتجاه الموجب، فعندئذٍ يكون تسارع السقوط الحر سالبًا. وإذا قررت أن يكون الاتجاه لأسفل هو الاتجاه الموجب، فعندئذٍ يكون تسارع السقوط الحر موجبًا.

الفكرة الرئيسة

يحدث تسارع الجسم في السقوط الحر بفعل الجاذبية الأرضية فقط.

الأسئلة الرئيسة

- **ما تسارع السقوط الحر؟**
- **كيف تتحرك الأجسام أثناء السقوط الحر؟**

مراجعة المفردات

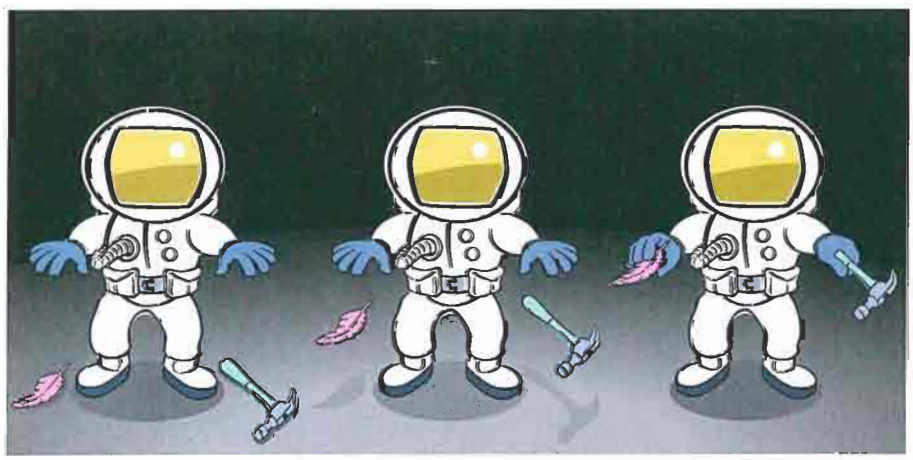
نقطة الأصل origin هي النقطة التي تكون عندما قيمة كلا المتغيرين في النظام الإحداثي صفرًا.

المفردات الجديدة

السقوط الحر free fall

تسارع السقوط الحر free-fall acceleration

الشكل 19 عام 1971، أسقط رائد الفضاء دافيد سكوت مطرقة وريشة في الوقت نفسه ومن الارتفاع نفسه أعلى سطح القمر. كانت كتلة المطرقة أكبر ولكن كلا الجسمين ارتطم بسطح القمر في الوقت نفسه لأن القمر به جاذبيه ولكن لا يوجد هواء على سطحه.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

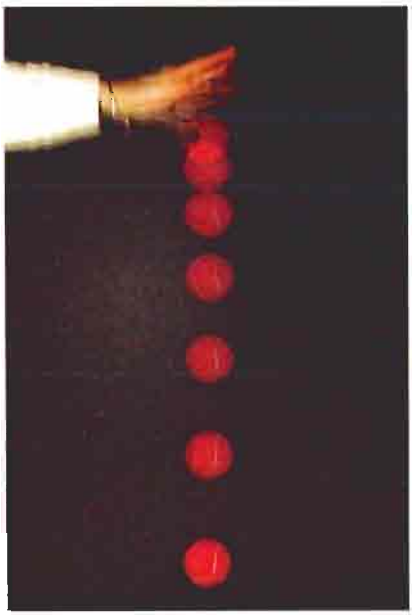
تسارع السقوط الحر

يشرح اكتشاف جاليليو سبب قدرة هواة القفز بالمظلات على تشكيل حلقة في الجو، حيث إنهم يهبطون بالتسارع نفسه، بصرف النظر عن كتل أجسامهم. لفهم التسارع الذي يحدث أثناء السقوط الحر، انظر إلى الصور متعددة الفلاشات للكرة الساقطة في **الشكل 20**. تبلغ الفترة الزمنية بين الصور 0.06 s، وتتسع المسافة بين كل زوج منهم، ومن ثَمَّ تزداد السرعة. إذا كان الاتجاه لأعلى موجبًا، فإن السرعة المتجهة تصبح سالبة بدرجة أكبر.

كرة مقذوفة لأعلى هل يمكن أن تعرِض هذا الشكل أيضًا كرة مقذوفة لأعلى بدلًا من كرة ساقطة؟ لنفترض أنك رميت كرة لأعلى بسرعة 20.0 m/s، فإذا اخترت أن يكون الاتجاه لأعلى موجبًا، فإن الكرة تبدأ حركتها عند الجزء السفلي من الشكل بسرعة متجهة موجبة. التسارع يساوي $a = -9.8\ m/s^2$. نظرًا لأن السرعة المتجهة والتسارع في اتجاهين متضادين، تقل سرعة الكرة. إذا كنت تعتقد أن الجزء السفلي من الشكل هو موضع بداية حركة الكرة، فهذا يتوافق مع الشكل متعددة الفلاشات.

حركة الصعود والهبوط بعد مرور 1 s، تقل السرعة المتجهة للكرة بمعدل 9.8 m/s، ولهذا فهي تتحرك الآن بسرعة $+10.2\ m/s^2$. وبعد مرور 2 s، تصبح السرعة المتجهة للكرة +0.4 m/s، وتستمر الكرة في التحرك لأعلى. ما الذي سيحدث خلال الثانية التالية؟ تقل السرعة المتجهة للكرة بمعدل 9.8 m/s أخرى لتساوي -9.4 m/s. تتحرك الكرة في هذه اللحظة لأسفل. وبعد مرور 4 s، تصبح السرعة المتجهة -19.2 m/s، وهذا يعني أن الكرة تسقط بسرعة أكبر.

الرسم البياني للسرعة – الزمن يظهر الرسم البياني v-t للكرة أثناء حركتها لأعلى وأسفل **الشكل 21**. ميل الخط المستقيم إلى أسفل لا يعني أن السرعة تنخفض دائمًا. تنخفض السرعة عندما ترتفع الكرة لأعلى وتزداد عندما تسقط لأسفل. عند 2 s تقريبًا، تتغير السرعة المتجهة بسلاسة من موجبة إلى سالبة. وعندما تسقط الكرة، تزداد سرعتها في الاتجاه السالب. كما توضح الشكل منظرًا مقربًا للرسم البياني v-t. في لحظة معينة، بالقرب من 2.04 s، تصبح السرعة المتجهة صفرًا.



قياس التغيّر

كيف تؤثر زيادة الكتلة في طول النابض؟

الشكل 20 تزداد سرعة هذه الكرة الساقطة بمعدل 9.8 m/s كل ثانية بفعل تسارع السقوط الحر.

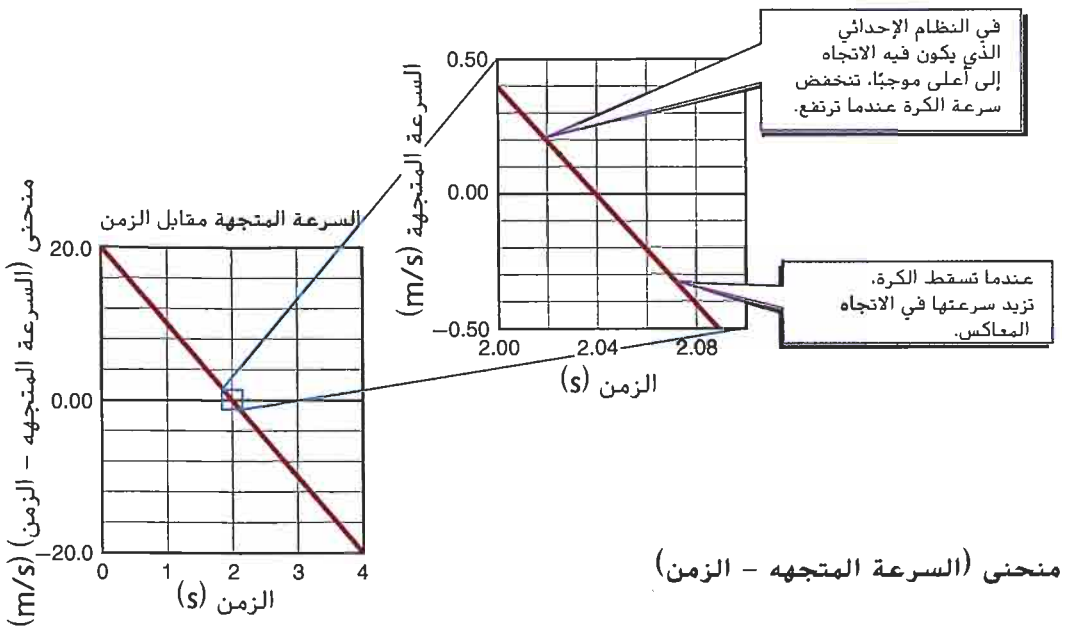
تجربة مصغرة

السقوط الحر

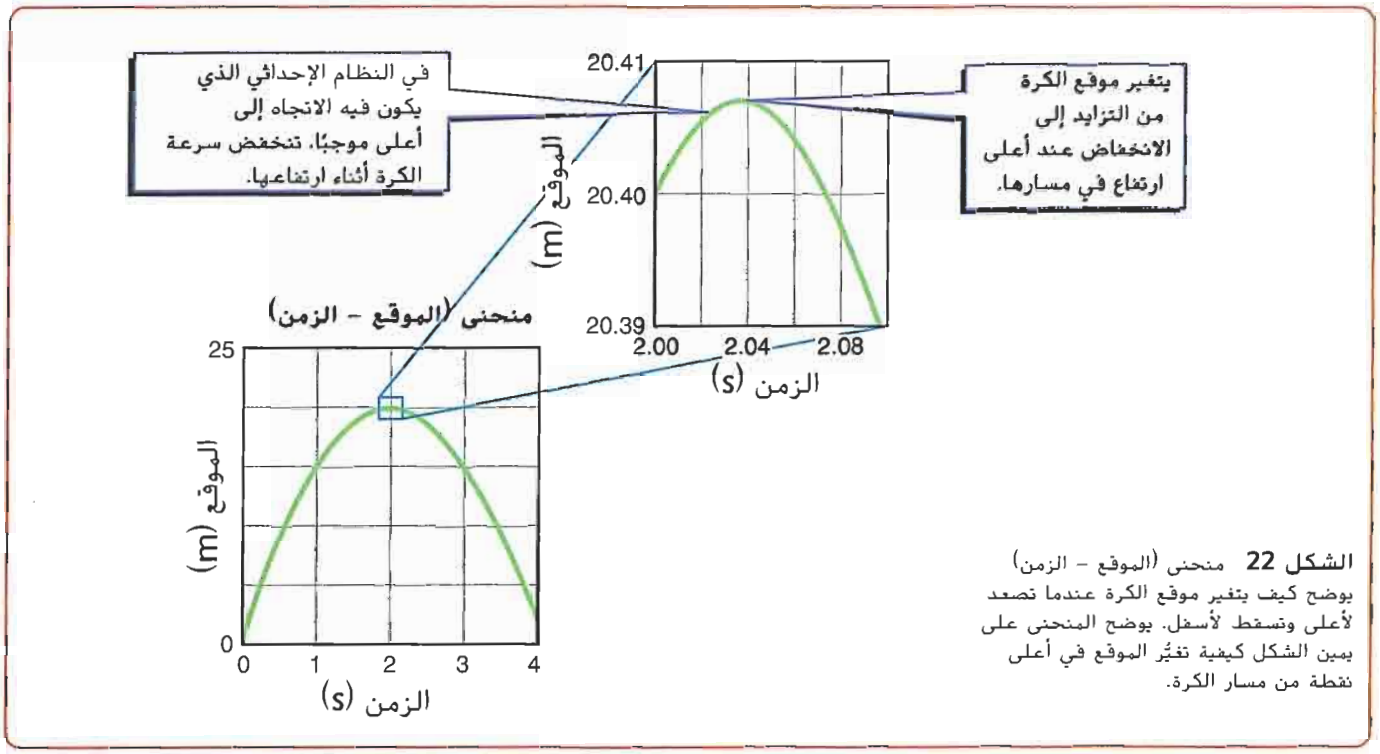
كيف يمكنك استخدام حركة جسم ساقط لتقدير تسارع السقوط الحر؟

الشكل 21 يصف منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) التغيُّر في سرعة حركة الكرة عند ارتفاعها وسقوطها. يوضح الرسم البياني على اليمين صورة مقربة للتغيُّر في السرعة المتجهة عند أعلى نقطة في مسار الكرة.

حلل كيف سيكون شكل المنحنى في حالة اختيار الاتجاه لأسفل ليكون هو الاتجاه الموجب؟



منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)



الشكل 22 منحنى (الموقع - الزمن)
يوضح كيف يتغير موقع الكرة عندما تصعد لأعلى وتسقط لأسفل. يوضح المنحنى على يمين الشكل كيفية تغيُّر الموقع في أعلى نقطة من مسار الكرة.

منحنى (الموقع - الزمن) انظر إلى منحنى (الموقع - الزمن) في **الشكل 22** والذي يوضح كيف يتغير ارتفاع الكرة أثناء صعودها لأعلى وسقوطها لأسفل. إذا كان الجسم يتحرك بتسارع ثابت، فإن الرسم البياني للموقع - الزمن يأخذ شكل قطع مكافئ. ونظرًا لأن الكرة تتحرك صعودًا وهبوطًا، يأخذ المنحنى لحركتها شكل قطع مكافئ مقلوب. يتضح من خلال شكل المنحنى معدل تعاقب الوقت. وهذا لا يعني أن مسار الكرة كان على شكل قطع متكافئ. يوضح المنحنى المُقرب على اليمين أن الكرة تصل إلى أقصى ارتفاع لها عند 2.04 s تقريبًا.

أقصى ارتفاع قارن بين المنحنيات في **الشكل 21** و**الشكل 22**. تبدأ السرعة المتجهة للكرة بالنقصان في الاتجاه الموجب قبل وصولها إلى أقصى ارتفاع لها مباشرةً. في اللحظة التي تبلغ فيها أقصى ارتفاع لها، تكون سرعتها المتجهة صفرًا. تبدأ السرعة المتجهة للكرة بالازدياد في الاتجاه السالب بعد وصولها إلى أقصى ارتفاع لها مباشرةً.

التسارع يكون ميل الخط على منحنى (السرعة المتجهه - الزمن) المُوضح في **الشكل 21** ثابتًا عند $-9.8\ m/s^2$. وهذا يدل على أن تسارع السقوط الحر للكرة يبلغ $9.8\ m/s^2$ في اتجاه الهبوط طوال فترة الصعود والهبوط.

قد يبدو أن التسارع يجب أن يساوي صفرًا عند قمة مسار حركة الكرة. ولكن الأمر ليس كذلك. عند وصولها إلى أقصى ارتفاع لها، فإن السرعة المتجهة للكرة تساوي 0 m/s. وإذا كان تسارعها يساوي صفرًا أيضًا، فلن تتغير السرعة المتجهة للكرة وستظل 0 m/s. لذا فإنّ الكرة متجهة لن تكتسب سرعة لأسفل وستبقى تتأرجح في الهواء. هل رأيت ذلك يحدث من قبل؟ تسقط الأجسام المقذوفة في الهواء على سطح الأرض دائمًا، ومن ثَمّ لا بد أنك تعلم أن تسارع جسم ما لا يجب أن يساوي صفرًا عند وصوله لأعلى ارتفاع أثناء حركته. فضلًا عن ذلك، يجب أن يكون اتجاه التسارع لأسفل نظرًا لأن الجسم يسقط لأسفل.

تأكد من فهمك حلل إذا رميت بكرة لأعلى في اتجاه مستقيم، فكم تساوي سرعتها المتجهة وتسارعها عند وصولها إلى أعلى نقطة في مسارها؟

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

السقوط الحر

•الاستخدام العلمي
حركة جسم ما عندما يمكن تجاهل مقاومة الهواء. وعندما يمكن اعتبار التسارع ناتجًا عن تأثير الجاذبية وحدها
التسارع أثناء السقوط الحر يساوي $9.8\ m/s^2$ لأسفل.

•الاستخدام العام
سقوط أو هبوط سريع ومتواصل
السقوط الحر للبورصة عام 1929 كان بداية للكساد الكبير.

مختبر الفيزياء

تسارع السقوط الحر

تجربة الإنترنت كيف يمكنك استخدام بيانات الحركة لحساب تسارع السقوط الحر؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ألعاب السقوط الحر تستخدم مدن الالعاب مفهوم التسارع لتصميم ألعاب تمنح ركابها الإحساس بالسقوط الحر. تتألف هذه الأنواع من الألعاب عادةً من ثلاث مراحل: الصعود إلى أعلى والتعلّق المُؤقت في الهواء والسقوط إلى أسفل. تزوّد المحركات العربات بالقوة اللازمة لتتحرك إلى أعلى مسار اللعبة. عندما تكون العربات في حالة سقوط حر، سيكون للراكب الأكثر والراكب الأقل ضخامة نفس التسارع.

افترض أن لعبة السقوط الحر المُوضحة في **الشكل 23** تبدأ حركتها في الأعلى من السكون وتسقط سقوطًا حرًا لمدة 1.5 s. فكم ستبلغ سرعتها المتجهة بنهاية فترة الـ 1.5 s؟ اختر نظامًا إحداثيًا له محور موجب متجه لأعلى ونقطة الأصل عند الموقع الابتدائي للسيارة. نظرًا لأن السيارة تبدأ حركتها من السكون، فإن v_i تساوي 0.0 m/s. لحساب السرعة المتجهة النهائية، استخدم معادلة السرعة المتجهة بتسارع ثابت.

$$\begin{aligned} v_f &= v_i + \bar{a}t_f \\ &= 0.0\ \text{m/s} + (-9.8\ \text{m/s}^2)(1.5\ \text{s}) \\ &= -15\ \text{m/s} \end{aligned}$$

كم تبلغ مسافة سقوط راكبي اللعبة خلال هذا الزمن؟ استخدم معادلة الإزاحة عند معرفة الزمن والتسارع الثابت.

$$\begin{aligned} x_f &= x_i + v_i t_f + \left(\frac{1}{2}\right)\bar{a}t_f^2 \\ &= 0.0\ \text{m} + (0.0\ \text{m/s})(1.5\ \text{s}) + \left(\frac{1}{2}\right)(-9.8\ \text{m/s}^2)(1.5\ \text{s})^2 \\ &= -11\ \text{m} \end{aligned}$$

الشكل 23 يتعرض راكبو اللعبة إلى تسارع السقوط الحر.

تطبيق

41. يسقط قالب من عامل البناء عن طريق الخطأ من أعلى سقالة مرتفعة.

a. كم تبلغ السرعة المتجهة للقالب بعد 4.0 s؟

b. ما مسافة سقوط القالب خلال هذا الزمن؟

42. لنفترض أنك اخترت لحل المسألة السابقة نظامًا إحداثيًا بحيث يكون الاتجاه المعاكس موجبًا.

a. كم تبلغ السرعة المتجهة للقالب بعد 4.0 s؟

b. ما مسافة سقوط القالب خلال هذا الزمن؟

43. يسقط طالب كرة من نافذة ترتفع مسافة 3.5 m فوق الرصيف. ما سرعة الكرة عند لحظة ارتطامها بالرصيف؟

44. تقذف كرة تنس لأعلى في اتجاه مستقيم بسرعة ابتدائية 22.5 m/s. ويتم التقاطها بعد عودتها إلى الموقع نفسه التي قُذفت منه فوق سطح الأرض.

a. كم يبلغ أقصى إرتفاع تصل اليه الكرة فوق النقطة التي قذفت منها؟

b. كم يبلغ زمن بقاء الكرة في الهواء؟
تلميح: تستغرق الكرة للصعود نفس الزمن الذي تستغرقه للسقوط.

45. لنفترض أنك قررت الاقتراع بالدرهم لتحديد هل ستقوم بأداء واجبك المنزلي لمادة الفيزياء أم مادة اللغة الإنجليزية. وقذفت بقطعة الدرهم لأعلى في اتجاه مستقيم.

a. كم تبلغ السرعة المتجهة وتسارع الدرهم عند أقصى ارتفاع؟

b. إذا وصل الدرهم إلى نقطة ارتفاعها 0.25 m فوق المكان الذي قذف منه. فكم كانت سرعته الابتدائية؟

c. إذا التقطت الدرهم من الارتفاع نفسه الذي قذفته منه. فكم الزمن الذي بقيه في الهواء؟

46. مسألة تحفيزية تمسك لاعبة كرة سلة الكرة بيديها على ارتفاع 1.5 m فوق سطح الأرض. تقوم اللاعبة بإفلات الكرة فترتد عن السطح عدة مرات. بعد الارتداد الأول تعود الكرة إلى ارتفاع 0.75 m فقط. وبعد الارتداد الثاني، تعود الكرة فقط إلى ارتفاع 0.25 m.

a. بافتراض أن الاتجاه لأسفل هو الاتجاه الموجب. ما شكل الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن لأول ارتدادين؟

b. ما شكل الرسم البياني للموقع – الزمن لأول ارتدادين؟

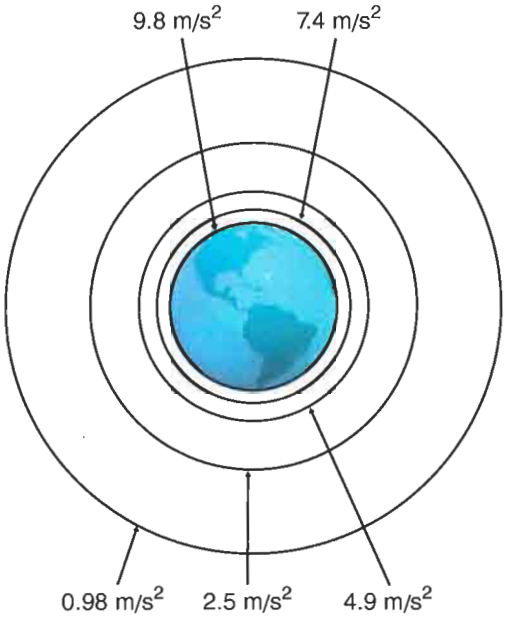
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تغير التسارع في السقوط الحر

عندما أجرى رائد الفضاء ديفيد سكوت تجربته للسقوط الحر على سطح القمر، لم تسقط المطرقة والريشة بمقدار تسارع يساوي $9.8\ m/s^2$. القيمة $9.8\ m/s^2$ هي تسارع السقوط الحر بالقرب من سطح الأرض فقط. يبلغ مقدار تسارع السقوط الحر على سطح القمر $1.6\ m/s^2$، وهو ما يعادل نحو سدس قيمته على الأرض.

عندما تدرس القوة والحركة، ستتعرف على العوامل التي تؤثر في قيمة تسارع السقوط الحر، ومنها كتلة الجسم المسؤول عن التسارع، مثل الأرض أو القمر. لا يكون تسارع السقوط الحر بالمقدار نفسه بالقرب من سطح القمر نظرًا لأن كتلة القمر أقل بكثير.

كما يعتمد تسارع السقوط الحر على المسافة الفاصلة عن الجسم المسؤول عن هذا التسارع. توضح الارتفاعات المرسومة حول الأرض في **الشكل 24** كيف أن تسارع السقوط الحر يقل بالبُعد عن سطح الأرض. رغم ذلك، من المهم أن نفهم أن تغير التسارع في السقوط الحر من مواقع مختلفة على سطح الأرض محدودة للغاية، حتى مع وجود تنوعات كبيرة في الارتفاع. في دولة الإمارات العربية المتحدة على سبيل المثال، يبلغ مقدار تسارع السقوط الحر $9.792 m/s^2$ تقريبًا. سنُستخدم القيمة $9.8\ m/s^2$ لتسارع السقوط الحر.



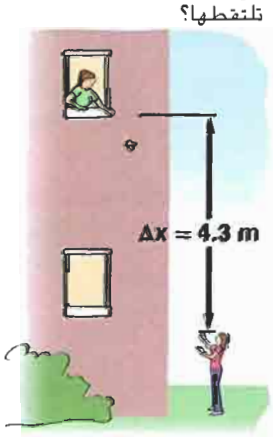
الشكل 24 كلما زاد الارتفاع عن الأرض، قل مقدار تسارع السقوط الحر.

حلل وفقًا للمخطط، ما مقدار تسارع السقوط الحر على مسافة فوق سطح الأرض تساوي نصف قُطر الأرض؟

القسم 3 مراجعة

47. **الفكرة الرئيسة** لنفترض أنك تمسك بكتاب بيدك وورقة مستوية بيدك الأخرى وأسقطتهما معًا على الأرض. اشرح لماذا يمثل الكتاب الساقط مثالًا جيدًا للسقوط الحر ولكن الورقة ليست كذلك.

48. **السرعة المتجهة النهائية** تلقي لك شقيقتك بمفاتيح المنزل الخاصة بك من نافذة الطابق الثاني، كما هو مبيّن في **الشكل 25**. كم تبلغ السرعة المتجهة للمفاتيح عندما تلتقطها؟



الشكل 25

49. **لعبة السقوط الحر** لنفترض أن إحدى ألعاب السقوط الحر في مدينة الالعاب تتحرك بدءًا من وضع السكون وتسقط سقوطًا حرًا. كم تبلغ السرعة المتجهة للعبة بعد 2.3 s؟ كم تبلغ مسافة سقوط راكبي اللعبة خلال الفترة الزمنية 2.3 s؟

50. **أقصى ارتفاع للرحلة وزمنها** تسارع السقوط الحر على كوكب المريخ يساوي ثلث قيمته تقريبًا على كوكب الأرض. لنفترض أنك رميت كرة لأعلى على كوكب المريخ بالسرعة المتجهة نفسها المستخدمة على سطح الأرض.

a. قارن أقصى ارتفاع للكرة على كوكب المريخ بنظيره على كوكب الأرض.

b. قارن بين زمن حركتها على الكوكبين؟

51. **السرعة المتجهة والتسارع** لنفترض أنك قذفت بكرة لأعلى في اتجاه مستقيم في الهواء. صِف التغيُّرات في السرعة المتجهة للكرة. صِف التغيُّرات في تسارع الكرة.

52. **التفكير الناقد** يستمر صعود الكرة المقذوفة رأسيا لأعلى حتى تصل إلى نقطة معينة ثم تهبط لأسفل. تصبح السرعة المتجهة صفرًا لحظياً عند أعلى نقطة ارتفاع تلك. هل تتسارع الكرة عند تلك النقطة؟ ابتكر تجربة لإثبات صحة إجابتك أو إثبات عدم صحتها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

هل يثيرك الهبوط لأسفل؟

ألعاب الإثارة بمدينة الالعاب

تضطرب معدتك عندما تهبط لأسفل بشكل مفاجئ من مسافة 100 m. وعندما تظن أنك على وشك الارتطام بالأرض بعنف، تُوقف الفرامل حركة لعبة الملاهي لتتوقف بك ببطء وسلام. حينها يهتف صديقك قائلًا "دعنا نركب مجددًا!"

الأمر كله يتعلق بالتسارع. سواءٌ تمثل ذلك في الهبوط من مسافة 100 m في لعبة الصاروخ أو الحركة البطيئة لأعلى وأسفل في لعبة الأحصنة الدوارة، تعتمد الإثارة التي تُحدثها العديد من ألعاب الملاهي على المبدأ نفسه – وهو الإثارة الناتجة عن تغيرات السرعة المتجهة. تستفيد ألعاب الإثارة من حالات التسارع الناتجة عن التغيرات في كل من السرعة والاتجاه. العجلة الدوارة لعبة مشوقة بسبب حالات التسارع التي تنتج عن التحرك من المرتفعات والحلقات الدوارة والانعطافات المائلة. كما يوضح **الشكل 1**.

الألعاب التي تستخدم تسارع السقوط الحر تستخدم العديد من الألعاب تسارع السقوط الحرّ الذي يولد الإثارة. تسمح ألعاب الصاروخ للركاب بالشعور بالسقوط الحر ثم تقل سرعة هبوطهم قبل أن يصلوا إلى الأرض مباشرةً. تعمل ألعاب البندول المتحركة، مثل تلك المُوضَّحة في **الشكل 2** مثل الأرجوحات العملاقة. يمر الركاب بلحظات تضطرب فيها معدتهم عندما يصل البندول إلى أعلى ارتفاع له ثم يبدأ في التحرك لأسفل. كما يمر ركاب العجلة الدوارة بلحظات مماثلة أعلى مرتفع.

الشكل 1 يتسارع الركاب عندما يتحركون حول منعطف مائل بالعجلة الدوارة. يُعد التسارع أيضًا أحد العوامل التي تمنح الإثارة عند الحركة في سلسلة من الحلقات.

الشكل 2 يجلس الركاب في لعبة البندول المُصمَّمة على شكل سفينة قراصنة تتأرجح للأمام والخلف مثل بندول الساعات القديمة.

لمزيد من التعمق >>>

البحث تصميم لعبة عبر الإنترنت. صمِّم لعبتك بنفسك وقدِّم تصميمك إلى الفصل. حدّد النقاط التي يتسارع فيها الركاب في هذه اللعبة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Education

الوحدة 3 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة التسارع هو معدل التغير في السرعة المتجهة لجسم ما.

القسم 1 التسارع

المفردات

- التسارع acceleration
- الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن velocity-time graph
- التسارع المتوسط average acceleration
- التسارع اللحظي instantaneous acceleration

الفكرة الرئيسة يتسارع جسم ما عندما تتغير سرعته المتجهة — أي عندما يزداد مقدار سرعته أو يقل أو يتغير اتجاهها.

- التسارع هو معدل تغيُّر السرعة المتجهة لجسم ما.
- السرعة المتجهة والتسارع ليسا الشيء نفسه. الجسم الذي يتحرك بسرعة متجهة ثابتة يبلغ تسارعه صفرًا.
- عندما تكون السرعة المتجهة والتسارع لجسم ما في الاتجاه نفسه، تزداد سرعة هذا الجسم؛ وعندما يكونان في اتجاهين متضادين، تقل سرعة هذا الجسم.
- يمكنك استخدام رسم بياني للسرعة المتجهة - الزمن لمعرفة السرعة المتجهة والتسارع لجسم ما.
- التسارع المتوسط لجسم ما يساوي مَيْل الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن.

$$\bar{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

القسم 2 الحركة بتسارع ثابت

الفكرة الرئيسة بالنسبة إلى جسم ذي تسارع ثابت، يمكن وصف العلاقات بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن من خلال الرسومات البيانية والمعادلات.

- إذا كان جسم ما يتحرك بتسارع ثابت، فإن الرسم البياني للموقع - الزمن لهذا الجسم يكون في شكل قطع مكافئ، ويكون الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن خطًا مستقيمًا.
- المساحة الموجودة أسفل الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن لجسم ما هي إزاحة هذا الجسم.
- عند الحركة بتسارع ثابت، يكون الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن مرتبطين ببعضهم.

$$v_f = v_i + \bar{a}\,\Delta t$$

$$x_f = x_i + v_i t_f + \frac{1}{2}\bar{a} t_f^{\,2}$$

$$v_f^{\,2} = v_i^{\,2} + 2\bar{a}(x_f - x_i)$$

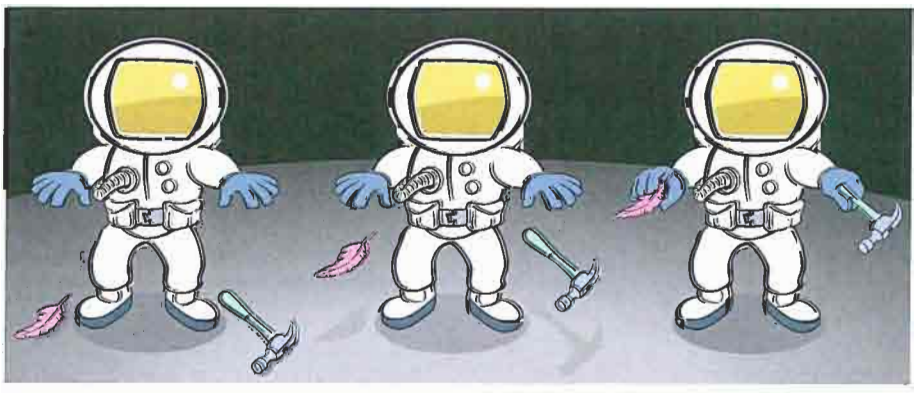
القسم 3 السقوط الحر

المفردات

- السقوط الحر free fall
- تسارع السقوط الحر free-fall acceleration

الفكرة الرئيسة يرجع تسارع جسم ما في حالة السقوط الحر إلى قوة الجاذبية وحدها.

- يبلغ تسارع السقوط الحر على الأرض $9.8\ m/s^2$ لأسفل تقريبًا. تعتمد الإشارة المرتبطة بتسارع السقوط الحر في المعادلات على اختيار النظام الإحداثي.
- عندما يكون جسم ما في حالة سقوط حر، تكون القوة الناشئة عن الجاذبية (الوزن) هي القوة الوحيدة التي تؤثر فيه. يمكن استخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت لحل المسائل التي بها أجسام في حالة سقوط حر.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

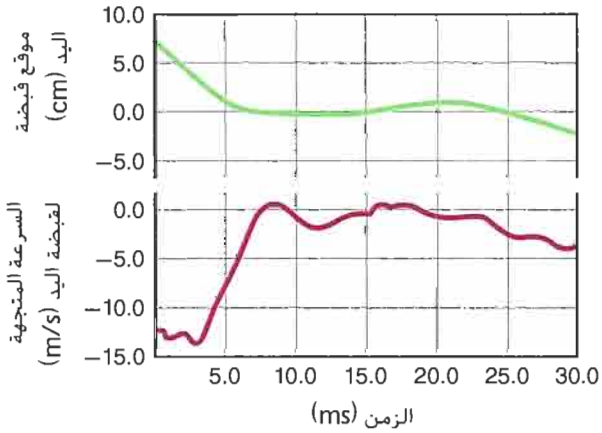
97. الكاراتيه يُوضّح **الشكل 34** رسمين بيانيين للعلاقة بين الموقع - الزمن وبين السرعة المتجهة - الزمن وهما يمثلان محاولة لاعب كسر لوح خشبي بقبضة يده أثناء ممارسة الكاراتيه.

a. استخدم الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن لوصف حركة قبضة يد اللاعب خلال أول 10 ms.

b. قدّر ميل الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن لتحديد مقدار تسارع قبضة يده عند توقفها فجأة.

c. عبّر عن التسارع بدلالة مقدار تسارع السقوط الحر الذي يبلغ $9.8\ m/s^2$.

d. حدد المساحة أسفل منحنى (السرعة المتجهه - الزمن) لإيجاد قيمة إزاحة قبضة اليد في أول 6 ms. قارن هذا بمنحنى (الموقع - الزمن).



الشكل 34

98. الحمولة سقطت حقيبة من طائرة هليكوبتر أثناء حركتها بسرعة 5.0 m/s. تسقط الحقيبة لمدة 2.0 s.

أ. ما السرعة المتجهة للحقيبة؟

ب. ما الارتفاع الذي سقطت منه الحقيبة؟

ج. كم يبعد موقع سقوط الحقيبة عن الموقع الموجود أسفل الطائرة عند لحظة سقوطها؟

التفكير الناقد

99. برمجيات المجسات صمّم تجربة لبرمجيات المجسات لحساب المسافة التي يتحركها جسم متسارع بمرور الزمن. استخدم فترات زمنية متساوية حتى يتسنّى لك تمثيل السرعة المتجهة والزمن والموقع والزمن أيضًا في الرسم البياني. يعد استخدام بَكَرة رفْع مربوط بها كتلة على حافة طاولة طريقة جيدة لتحقيق التسارع الثابت. تشمل المواد المُقترحة كاشف الحركة وعربة تجارب وخيطًا وبَكَرة رفْع ومشبك C ومجموعة من الكتل. أنشئ رسومات بيانية للموقع – الزمن وللسرعة المتجهة – الزمن باستخدام كُتل مختلفة على بكرة الرفع. كيف يؤثر التغيُّر في الكتلة في رسومك البيانية؟

100. حلل واستنتج أي مما يلي له تسارع أكبر (إن وجد): سيارة تزيد سرعتها من 50 km/h إلى 60 km/h أم دراجة هوائية تزيد سرعتها من 0 km/h إلى 10 km/h خلال المدة الزمنية نفسها؟ اشرح

101. حلل واستنتج انحرف قطار سريع يسير بسرعة 36.0 m/s عن طريق الخطأ إلى مسار جانبي لقطار محلي. يلاحظ سائق القطار السريع قدوم قطار محلي على بُعد 1.00×10^2 m بالضبط على المسار نفسه ويتحرك في الاتجاه نفسه. ولا يعلم سائق القطار المحلي بهذا الموقف. يدوس سائق القطار السريع على فرامل القطار ويخفض سرعة القطار بمعدل ثابت يبلغ $300\ m/s^2$. إذا كانت سرعة القطار المحلي هي 11.0 m/s. فهل سيتمكن القطار السريع من التوقف في الزمن المناسب أم سيحدث تصادم. لحل هذه المسألة، استخدم موقع القطار السريع عندما رأى سائقه القطار المحلي أول مرة كنقطة أصل. بعد ذلك، مع مراعاة أن القطار المحلي يبعد عن القطار السريع بمسافة 1.00×10^2 بالضبط. احسب مسافة بعد كل قطار عن نقطة الأصل بنهاية الفترة 12.0 s التي سيستغرقها القطار السريع للتوقف (يتسارع بمعدل $-3.00\ m/s^2$ من 36 m/s إلى 0 m/s)

a. في ضوء العمليات الحسابية التي أجريتها، هل تستنتج أنه سيحدث تصادم بين القطارين؟

b. للتحقُّق من صحة العمليات الحسابية من الجزء a وللتحقق من استنتاجك، اتخذ موقع القطار السريع عندما يرى سائقه القطار المحلي للمرة الأولى كنقطة أصل واحسب موقع كل قطار بنهاية كل ثانية تمر بعد رؤية القطار المحلي. أنشئ جدولًا يوضّح مسافة بعد كل قطار عن نقطة الأصل بنهاية كل ثانية. مثِّل كل هذه المواقع على الرسم البياني نفسه وارسم خطين. قارن رسمك البياني بإجابتك عن الجزء.

الكتابة في الفيزياء

102. ابحث عن مساهمات جاليلو في علم الفيزياء وصِفها.

103. ابحث عن أقصى تسارع يمكن أن يتحمله جسم الإنسان دون أن يفقد وعيه. ناقش كيف يؤثر ذلك في تصميم ثلاث وسائل ترفيه أو مواصلات شهيرة.

مراجعة تراكمية

104. حُلّ المسائل التالية. عبّر عن إجاباتك بالترميز العلمي.

a. $6.2\times10^{-4}\ m + 5.7 \times 10^{-3}\ m$

b. $8.7\times10^{8}\ km - 3.4\times10^{7}\ km$

c. $(9.21\times10^{-5}\ cm)(1.83\times10^{8}\ cm)$

d. $\dfrac{2.63\times10^{-6}\ m}{4.08\times10^{6}\ s}$

105. تصف المعادلة الواردة أدناه حركة جسم ما. أنشئ الرسم البياني للموقع - الزمن ومخطط الحركة المناسبين ثم اكتب مسألة فيزيائية يمكن حلها باستخدام تلك المعادلة. كن مبدعًا.

$x = (35.0\ m/s)\ t - 5.0\ m$

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

الوحدة 3 تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

استخدم المعلومات التالية للإجابة عن أول سؤالين.

تتدحرج الكرة من أعلى مرتفع بتسارع ثابت $2.0\ m/s^2$. من السكون وتستغرق 4.0 s لتصل إلى أسفل المرتفع.

1. ما المسافة التي تحركتها الكرة خلال هذا الزمن؟

a. 8.0m
b. 12 m
c. 16 m
d. 20 m

2. كم كانت سرعة الكرة عند وصولها أسفل المرتفع؟

a. 2.0 m/s
b. 8.0 m/s
c. 12 m/s
d. 16 m/s

3. يدخل سائق سيارة في منطقة سرعة جديدة على الطريق السريع يسمح فيها بالقيادة بسرعة 110 km/h. يبدأ السائق فورًا في زيادة السرعة ويصل إلى سرعة 110 km/h بعد القيادة لمسافة 500 m. فإذا كانت سرعته الابتدائية 80 km/h. فكم كان متوسط تسارعه خلال هذه المسافة.

a. $0.44\ m/s^2$
b. $0.60\ m/s^2$
c. $8.4\ m/s^2$
d. $9.8\ m/s^2$

4. يسقط أصيص زهور من شرفة ترتفع عن الأرض بمسافة 85 m. ما الزمن الذي يستغرقه ليرتطم بالأرض؟

a. 4.2 s
b. 8.3 s
c. 8.7 s
d. 17 s

5. تضغط متسلقة صخور بحذائها على صخرة فتفككها وتسقطها أرضًا. بينما تلاحظ رفيقتها في رحلة التسلق التي تقف أسفل الجرف أن الصخرة استغرقت 3.20 s لتسقط إلى الأرض. فما الارتفاع الذي وصلت إليه المتسلقة أعلى الجرف؟

a. 15.0 m
b. 31.0 m
c. 50.0 m
d. 1.00×10^2 m

6. تقترب سيارة تسير بسرعة 91.0 km/h من طريق جانبي كي تتوقف عند مطعم على بُعد 30.0 m. إذا ضغط سائقة السيارة الفرامل فأصبح التسارع إلى $-6.40\ m/s^2$ ، فكم تبلغ المسافة اللازمة لتتوقف سيارتها؟

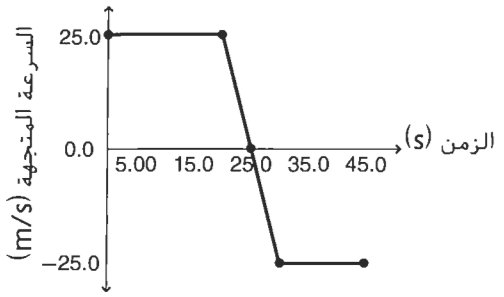
a. 14.0 m
b. 29.0 m
c. 50.0 m
d. 100.0 m

7. ما الصيغة الرياضية الصحيحة لإيجاد مقدار التسارع عند استخدام المعادلة $v_f^2 = v_i^2 + 2ax$؟

a. $\frac{v_f^2 - v_i^2}{x}$
c. $\frac{(v_f - v_i)^2}{2x}$
b. $\frac{v_f^2 + v_i^2}{2x}$
d. $\frac{v_f^2 - v_i^2}{2x}$

8. يوضح الرسم البياني أدناه حركة شاحنة أحد المزارعين. كم تبلغ الإزاحة الكلية للشاحنة؟ افترض أن اتجاه الشمال هو الاتجاه الموجب.

a. 150 m جنوبًا
b. 125 m شمالًا
c. 300 m شمالًا
d. 600 m جنوبًا



9. كيف يمكن حساب التسارع اللحظي لجسم ما ذي تسارع متغير؟

a. عن طريق حساب ميل المماس لمنحنى (الموقع - الزمن)
b. عن طريق حساب المساحة أسفل منحنى (الموقع - الزمن)
c. عن طريق حساب المنطقة أسفل منحنى (السرعة المتجهه - الزمن)
d. عن طريق حساب ميل المماس لمنحنى (السرعة المتجهه - الزمن)

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

10. مثّل البيانات التالية برسم بياني ثم وضّح العمليات الحسابية المُستخدمة لإيجاد مقدار التسارع والإزاحة بعد 12.0 s.

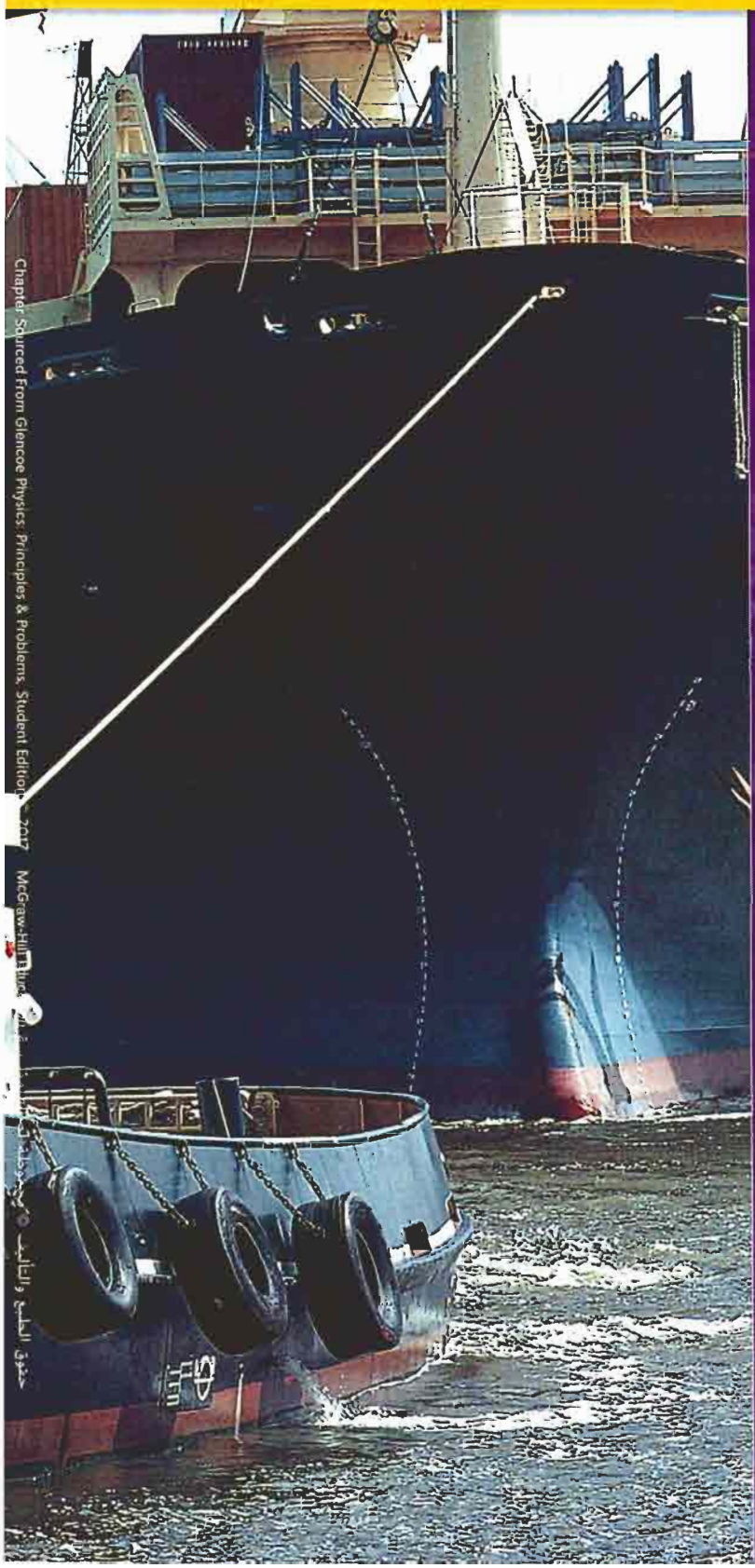
الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.00	8.10
6.00	36.9
9.00	51.3
12.00	65.7

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4

القوى في بُعد واحد

الفكرة الرئيسة تسبب القوى المحصلة تغييرات في الحركة.



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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة

الأقسام

1 القوة والحركة

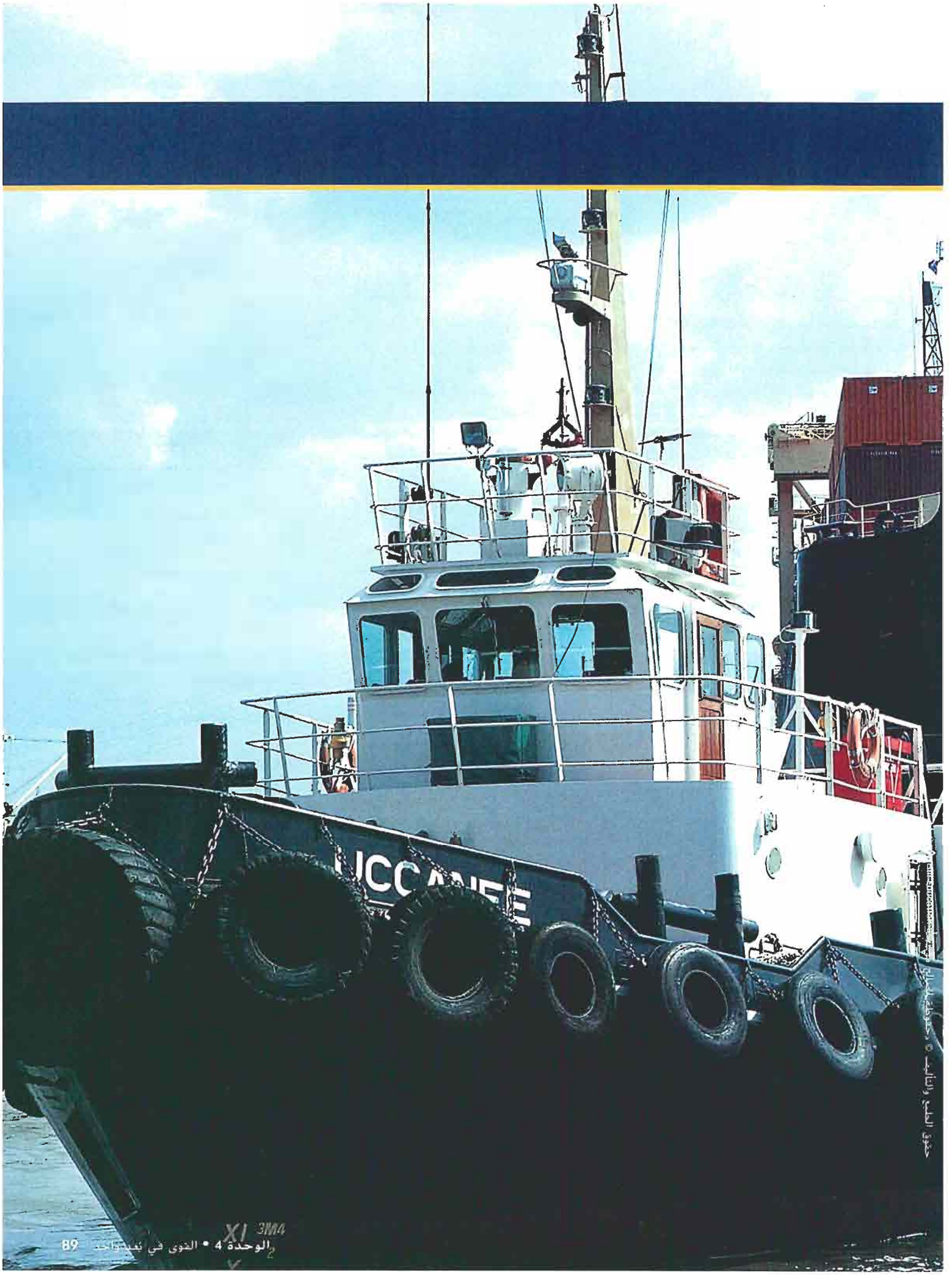
2 الوزن والقوة المعيقة

3 قانون نيوتن الثالث

تجربة استهلالية

القوى في اتجاهين متضادين

ماذا يحدث عندما تؤثر أكثر من قوة في أحد الأجسام؟



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة للناشر

القسم 1 القوة والحركة

الفكرة الرئيسة

تكون القوة إما دفعًا أو سحبًا.

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بالقوة؟
- ما العلاقة بين القوة والتسارع؟
- ما مدى تغير الحركة عندما تساوي القوة المحصلة صفرًا؟

مراجعة المفردات

التسارع (acceleration) معدل تغير السرعة المتجهة للجسم

مفردات جديدة

القوة	force
النظام	system
مخطط الجسم الحر	free-body diagram
القوة المحصلة	net force
قانون نيوتن الثاني	Newton's second law
قانون نيوتن الأول	Newton's first law
القصور الذاتي	inertia
الاتزان	equilibrium

الفيزياء في حياتك لكي تبدأ ركوب لوح التزلج على سطح ممهّد، يجب أن تدفع الأرضية بإحدى قدميك. إذا كان لوح التزلج على منحدر، فستجذبك الجاذبية إلى أسفل المنحدر. وفي الحالتين، تُغيِّر القوى غير المتوازنة حركة لوح التزلج.

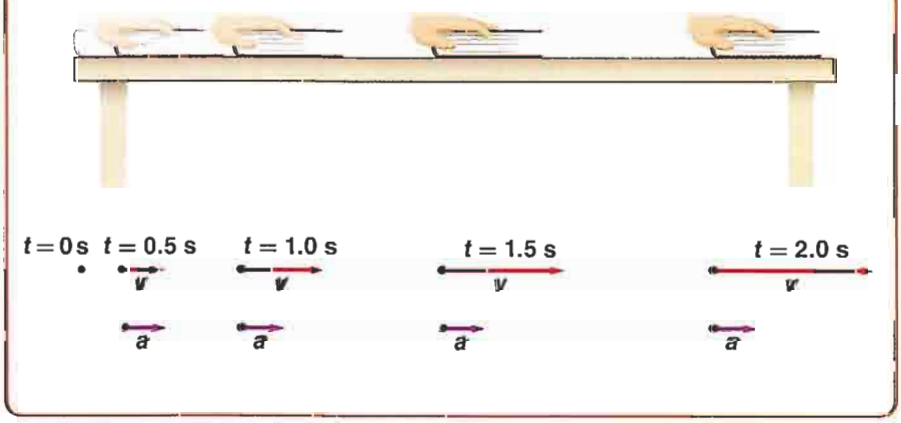
القوة

تخيل كتابًا مستقرًا على الطاولة. إذا أردت تحريكه، يمكنك أن تدفعه أو تسحبه عليها. وفي علم الفيزياء، يُسمى الدفع أو السحب **قوة**. إذا دفعت جسمًا أو سحبته بدرجة أشد، فقد أثرت في الجسم بقوة أكبر. بمعنى آخر، لقد زدت مقدار القوة المؤثرة. ومن المهم أيضًا الاتجاه الذي تؤثر فيه القوة. أي أنك إذا دفعت الكتاب المستقر إلى اليمين، فسيبدأ الكتاب في التحرك إلى اليمين. وإذا دفعت الكتاب إلى اليسار، فسيبدأ في التحرك إلى اليسار. لأن القوى لديها مقدار واتجاه. أي أن القوى متجهة. يمثل الرمز متجه الذي يمثل مقدار واتجاه القوة، في حين لا يمثل الرمز ***F*** إلا مقدار القوة. يتم قياس مقدار القوة بوحدة تسمى نيوتن (N).

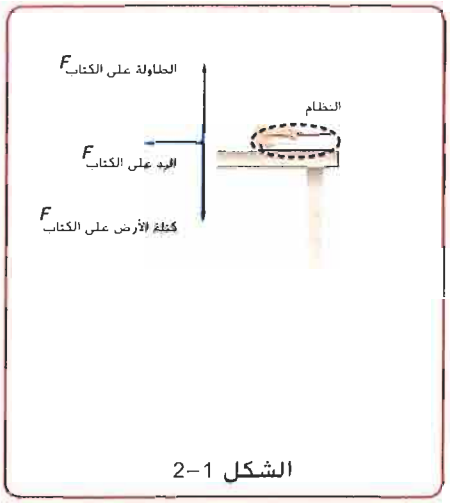
القوى غير المتوازنة تغير الحركة تذكّر أن رسومات الحركة تصف مواضع أحد الأجسام على فترات زمنية متساوية. على سبيل المثال، يوضح رسم حركة الكتاب في الشكل 1 زيادة المسافة بين النقاط، مما يعني أن سرعة الكتاب تزيد. عندما يكون $t = 0$، يكون الكتاب مستقرًا، ولكن بعد ثانيتين، يتحرك بسرعة 1.5 m/s. وهذا التغير في السرعة يعني أنه يتسارع. ما سبب هذا التسارع؟ كان الكتاب مستقرًا حتى دفعته، لذلك يكون سبب التسارع القوة التي أثرت يدك بها في الكتاب. في الواقع، تكون كل مظاهر التسارع بسبب تأثير قوى غير متوازنة في جسم ما. ما العلاقة بين القوة والتسارع؟ في نهاية هذا القسم، ستكون قادرًا على الإجابة عن هذا السؤال وتطبيق قوانين الحركة لحل أنواع عديدة ومختلفة من المسائل.

☑ **تأكد من فهمك** **حدّد** سبب حدوث التسارع.

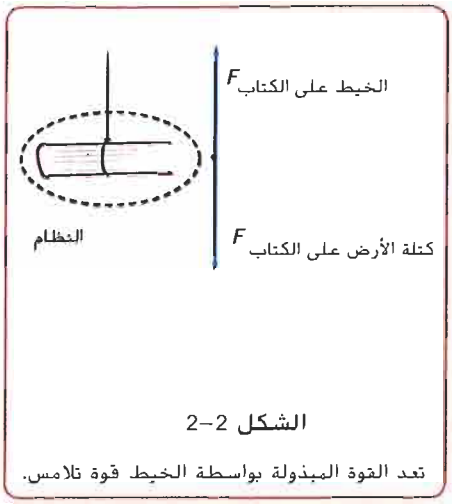
الشكل 1 تؤثر اليد الدافعة للكتاب بقوة تتسبّب في تسارع الكتاب في اتجاه القوة غير المتوازنة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

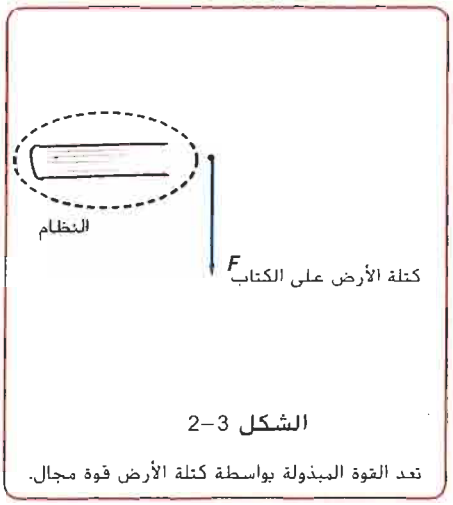


الشكل 1-2



الشكل 2-2

تعد القوة المبذولة بواسطة الخيط قوة تلامس.



الشكل 3-2

تعد القوة المبذولة بواسطة كتلة الأرض قوة مجال.

الأنظمة والمحيط الخارجي عند دراسة كيفية تأثير قوة في حركة، من المهم تحديد الجسم أو الأجسام محل الاهتمام والتي تسمى **النظام**. ويُسمى كل شيء حول النظام يمكن أن يتفاعل معه المحيط الخارجي. في **الشكل 2**، يمثل الكتاب النظام. تمثل يدك والأرض والخيط والطاولة أجزاء من المحيط الخارجي الذي يتفاعل مع الكتاب بدفعه أو سحبه.

قوى التلامس مرة أخرى، فكّر في الطرق المختلفة التي يمكنك بها تحريك كتاب. يمكنك دفعه أو سحبه بلمسه مباشرةً أو يمكنك ربط خيط حوله وسحب الخيط. تعد هذه أمثلة لقوى التلامس. تتولد قوة التلامس عندما يلمس جسم ما من المحيط الخارجي النظام ويؤثر فيه بقوة. إذا كنت تمسك كتاب مادة الفيزياء الآن، فإن يداك تؤثران فيه بقوة تلامس. إذا وضعت الكتاب على طاولة، فإنك لم تعد تؤثر في الكتاب بقوة تلامس. برغم ذلك، تؤثر فيه الطاولة بقوة تلامس لأن الطاولة والكتاب متلامسان.

قوى المجال توجد طرق أخرى يمكن أن تتغير بها حركة الكتاب. يمكنك إسقاطه. وكما تعلمت في الوحدة السابقة سيتسارع أثناء سقوطه على الأرض. وفي هذه الحالة، يحدث هذا التسارع نتيجة تأثير قوة الجاذبية الأرضية في الكتاب. وتؤثر هذه القوة في الكتاب سواء أكانت الأرض تلمسه بالفعل أم لا. وتعد قوة الجاذبية مثالًا لقوة المجال. وهي تؤثر في الأجسام بدون تلامس. هل يمكنك التفكير في أنواع أخرى من قوى المجال؟ إذا كنت قد سبق لك التحقق من مغناطيس، فستعرف أنه يؤثر بقوة بدون لمس. سوف تتحقق من المغناطيسية وقوى المجال الأخرى في الوحدات المقبلة. أما الآن، فتعد قوة المجال الوحيدة التي تحتاج إلى التفكير فيها هي قوة الجاذبية.

المسبّبات تنتج القوى من التفاعلات. فكل قوة تماس وقوة مجال لها سبب معين يمكن تحديده يُسمى المسبّب. وينبغي أن تكون قادرًا على ذكر المسبّب الذي يؤثر بقوة والنظام الذي يقع عليه تأثير هذه القوة. على سبيل المثال، عند دفع الكتاب، تؤثر اليد (المسبّب) بقوة في الكتاب (النظام). وفي حالة عدم وجود مسبّب ونظام، لا توجد قوة. لكن، ماذا عن قوة الجاذبية؟ يمثل المسبّب كتلة الأرض التي تؤثر في الكتاب بقوة المجال. تمثل التسميات الموجودة على القوى في **الشكل 2** أمثلة جيدة على كيفية تحديد مسبّب القوة والنظام الذي تؤثر فيه هذه القوة.

الشكل 2 يمثل الكتاب النظام في كل هذه الحالات.

صنّف القوى في الشكل الأول إلى قوة تلامس أو قوة مجال.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

القوة (Force)

- **الاستخدام العلمي**
  الدفع أو السحب المؤثر في جسم ما
  قوة الجاذبية التي تؤثر بها الشمس في الأرض تسحب الأرض إلى المدار حول الشمس.
- **الاستخدام الشائع**
  الإجبار بوسائل مادية أو معنوية أو عقلية
  أجبرت إيمان أخاها الأصغر على غسل الأطباق.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التسارع والقوة

لاستكشاف كيفية تأثير القوى في حركة أحد الأجسام، فكّر في إجراء مجموعة من التحققات. تأمل الحالة البسيطة المعروضة في الشكل العلوي من **الشكل 5** وفيها نؤثر بقوة في أحد الأجسام أفقيًا. سيكون البدء بالاتجاه الأفقي مفيدًا لأن الجاذبية لا تؤثر أفقيًا. لتقليل التعقيدات الناتجة عن احتكاك الجسم بالسطح، ينبغي أن تجري التحققات على سطح أملس مثل طاولة مصقولة جيدًا. وسنستخدم، أيضًا، عربة بعجلات تدور بسلاسة.

التأثير بقوة ثابتة كيف يمكنك التأثير بقوة ثابتة غير متوازنة؟ يمكنك استخدام جهاز يُسمى الميزان الزنبركي. يوجد زنبرك داخل المقياس يمتد بشكل متناسب مع مقدار القوة المؤثرة. يتم تدريج الجزء الأمامي من المقياس لقراءة القوة بوحدات النيوتن. إذا سحبت المقياس بحيث تظل القراءة على الجزء الأمامي ثابتة، فستكون القوة المؤثرة ثابتة. يعرض الشكل الفوتوغرافية العلوية من **الشكل 5** ميزانًا زنبركيًا يسحب عربة ذات مقاومة منخفضة بقوة ثابتة غير متوازنة.

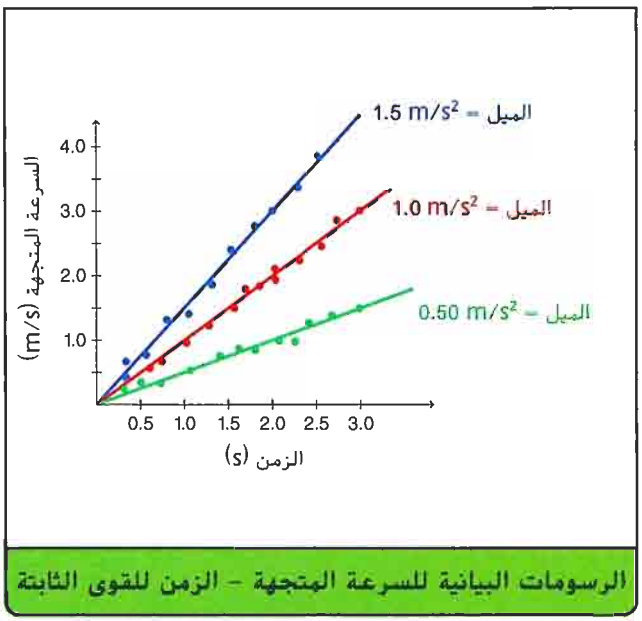
إذا كنت تجري هذا التحقق وتقيس السرعة المتجهة للعربة لفترة من الزمن، فإنّه من الممكن أن ترسم رسمًا بيانيًا مثل الخط الأخضر الموضح في الرسومات البيانية للسرعة المتجهة - الزمن التي تمثل القوى الثابتة في الشكل الأوسط من **الشكل 5**. يشير الميل الثابت للخط المستقيم في الرسم البياني السرعة المتجهة - الزمن إلى زيادة السرعة المتجهة بمعدل ثابت. المعدل الثابت لتغير السرعة المتجهة يعني أن التسارع ثابت. ويكون هذا التسارع الثابت نتيجة القوة الثابتة غير المتوازنة التي يؤثر بها الميزان الزنبركي في العربة.

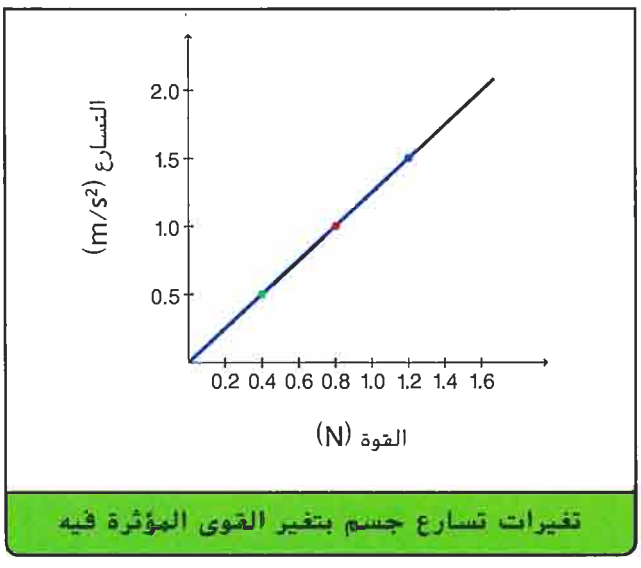
كيف يعتمد التسارع على القوة؟ كرّر التحقق باستخدام قوة ثابتة أكبر. ثم كرّره مرة أخرى باستخدام قوة أكبر كثيرًا. ارسم الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن لكل قوة مثل الخطوط المستقيمة الأحمر والأزرق في الشكل الأوسط من **الشكل 5**. تذكّر أن ميل الخط المستقيم يمثل تسارع العربة. احسب ميل كل خط مستقيم ومثّل النتائج لكل قوة لترسم الرسم البياني للتسارع - القوة كما هو موضح في الشكل السفلي من **الشكل 5**.

يوضح الرسم البياني أن العلاقة بين القوة والتسارع علاقة خطية. ونظرًا لأن العلاقة خطية، يمكنك تطبيق معادلة الخط المستقيم:

$$y = kx + b$$

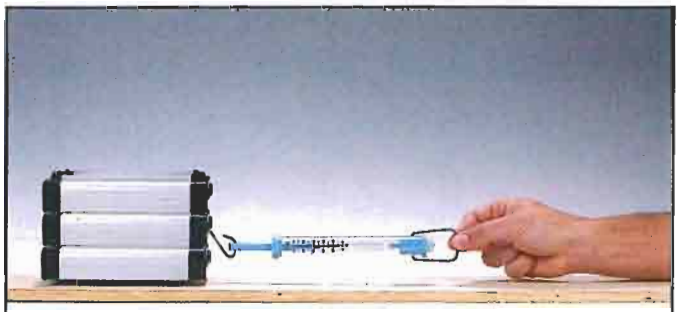
مقطع y يساوي 0. لذلك يتم تبسيط المعادلة الخطية إلى $y = kx$. ويمثل المتغير y التسارع في حين يمثل المتغير x القوة. ومن ثمّ يساوي التسارع ناتج ضرب ميل الخط المستقيم في القوة المحصلة المؤثرة.



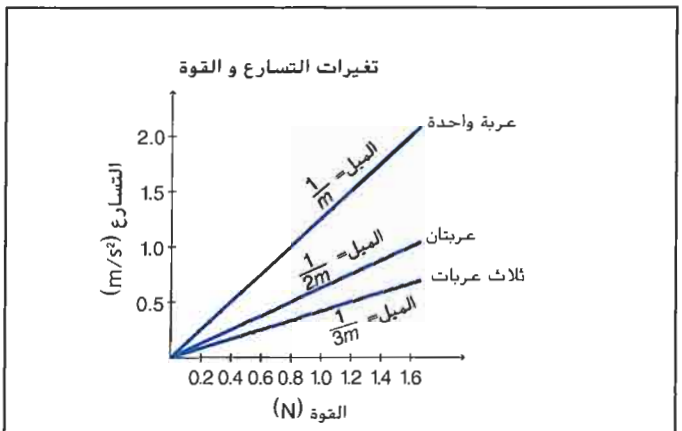


الشكل 5 يؤثر الميزان الزنبركي بقوة ثابتة غير متوازنة في العربة. ينتج عن تكرار التحقق باستخدام قوى مختلفة رسومات بيانية للسرعة المتجهة - الزمن ذات ميول مختلفة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



تغيير كتلة النظام



التأثير بالقوة نفسها في كتل مختلفة

الشكل 6 يؤثر تغيير كتلة الجسم في تسارع ذلك الجسم.

قارن بين تسارع عربة واحدة وتسارع عربتين عند التأثير بقوة قدرها 1 N.

تفسير الميل ما المعنى الفيزيائي للميل في الرسم البياني للتسارع - القوة؟ هل يصف شيئًا ما عن الجسم الذي يتسارع؟ لمعرفة ذلك، غيِّر الجسم. افترض أنه يتم وضع عربة ثانية مماثلة فوق العربة الأولى ثم تتم إضافة عربة ثالثة كما في **الشكل 6**. سيسحب الميزان الزنبركي عربتين ثم ثلاث عربات. يعرض **الشكل 6** التمثيل البياني للقوة مقابل التسارع للعربة الواحدة والعربتان والثلاث عربات.

يوضح الرسم البياني أنه إذا تم التأثير بالقوة نفسها في كل حالة، فإن تسارع العربتين يساوي $\frac{1}{2}$ تسارع العربة الواحدة.

في حين يساوي تسارع العربات الثلاث $\frac{1}{3}$ تسارع العربة الواحدة. وهذا يعني أنه كلما زاد عدد العربات، نقص التسارع. أي أنه يلزم وجود قوة أكبر لإحداث التسارع نفسه. تتوقف ميول الخطوط المستقيمة في **الشكل 6** على عدد العربات، أي أن الميل يتوقف على الكتلة الكلية للعربات. في الواقع، يساوي الميل معكوس الكتلة (الميل $= \frac{1}{\text{الكتلة}}$). وباستخدام هذه القيمة للميل، تصبح المعادلة الرياضية $y = kx$ المعادلة الفيزيائية $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$.

ما المعلومات الموجودة في المعادلة $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$؟ وهذا يدل على أن القوة المحصلة المؤثرة في أحد الأجسام تتسبّب في تغير حركة ذلك الجسم - تتسبّب القوة في تسارع الجسم. ويدل أيضًا على أنه في حالة مضاعفة القوة المؤثرة في الجسم نفسه، يتضاعف تسارعه. وأخيرًا، إذا أثرت بالقوة نفسها في أجسام ذات كتل مختلفة، فسوف يكتسب الجسم ذو الكتلة الأكبر التسارع الأقل، ويكتسب الجسم ذو الكتلة الأقل التسارع الأكبر.

تأكد من فهمك **حدّد** إلى أي مدى يجب أن يتم تغيير القوة المؤثرة في أحد الأجسام لتقليل تسارعه بمقدار النصف.

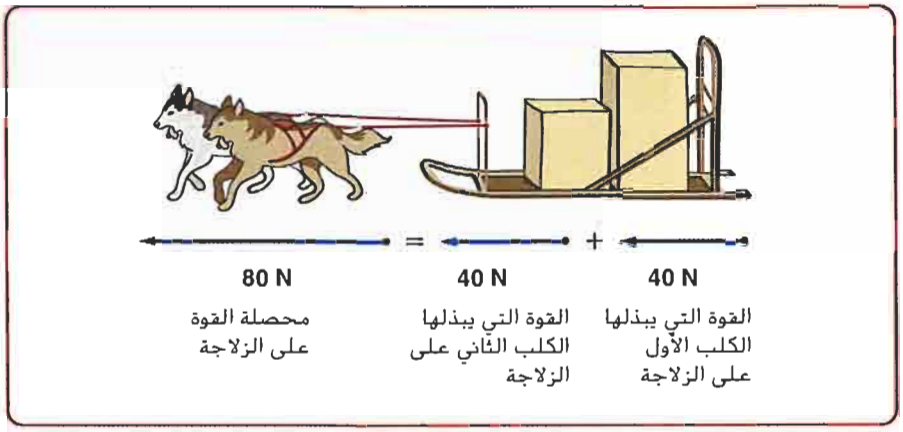
تذكّر أنه يتم قياس القوى بوحدة تُسمى النيوتن. نظرًا لأن $F_{\text{المحصلة}} = ma$، فإن النيوتن يساوي وحدة الكتل مضروبة في وحدة التسارع. لذلك، نيوتن واحد يساوي $1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2$. للحصول على فكرة مقاربة عن مقدار 1 N، فكّر في القوة المؤثرة إلى أسفل التي تشعر بها عندما تمسك تفاحة في يدك. تساوي القوة التي تؤثر بها التفاحة في يدك نيوتن واحدًا تقريبًا. يُبيّن **الجدول 1** مقادير بعض القوى الأخرى الشائعة.

الجدول 1 القوى الشائعة

الوصف	F (N)
قوة الجاذبية المؤثّرة في قطعة نقد	0.05
قوة الجاذبية المؤثّرة في كيس من السكر كتلته 0.45 kg	4.5
قوة الجاذبية المؤثّرة في شخص كتلته 70 kg	686
القوة التي يؤثر بها الطريق في سيارة أثناء تسارعها	3000
قوة محرك صاروخ	5,000,000

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 7 تمثل القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما مجموع متجهات كل القوى المؤثرة في ذلك الجسم.



القانون الثاني لنيوتن

يوضح **الشكل 7** كلبين يسحبان مزلجة. يسحب كل كلب بقوة قدرها 40 N. من التحقق الذي أُجري بالعربة والميزان الزنبركي، تعرف أن المزلجة تتسارع نتيجةً للقوة غير المتوازنة المؤثرة فيها. هل سيتغير التسارع إذا أثّر كلب واحد أكبر وأقوى بقوة مفردة قدرها 80 N في العربة بدلًا من الكلبين اللذين يؤثر كل منهما بقوة قدرها 40 N؟ عند التفكير في القوى والتسارع، من المهم إيجاد مجموع كل القوى التي تُسمى القوة المحصلة المؤثرة في النظام.

ينص القانون الثاني لنيوتن على أنه يتناسب تسارع الجسم تناسبًا طرديًا مع القوة المحصلة ويتناسب تناسبًا عكسيًا مع كتلة الجسم. يقوم هذا القانون على الملاحظات حول كيفية تأثير القوى في الكتل ويتم تمثيله بالمعادلة التالية.

القانون الثاني لنيوتن

تسارع الجسم يساوي ناتج قسمة محصلة القوى المؤثرة فيه على كتلته.

$$a = \frac{F}{m}$$

حل المسائل باستخدام القانون الثاني لنيوتن يعد تحديد القوة المحصلة المؤثرة في الجسم إحدى الخطوات الأكثر أهمية في تطبيق قانون نيوتن الثاني بطريقة صحيحة. وكثيرًا ما تؤثر أكثر من قوة في الجسم. لذا يجب أن تجمع متجهات القوى لتحديد القوة المحصلة. ارسم مخطط الجسم الحر موضحًا الاتجاه والقوة النسبية لكل قوة تؤثر في النظام. ثم اجمع متجهات القوى لإيجاد القوة المحصلة. بعد ذلك، استخدم القانون الثاني لنيوتن لحساب التسارع. وأخيرًا، إذا لزم الأمر، يمكنك استخدام ما تعرفه عن الحركة المتسارعة لإيجاد السرعة المتجهة أو موضع الجسم.

تطبيق

6. يتم التأثير بقوتين أفقيتين مقداراهما 225 N و165 N في قارب. وفي الاتجاه نفسه، أوجد القوة المحصلة الأفقية المؤثرة في القارب.
7. إذا أثّرت نفس القوتان في المسألة السابقة في القارب في اتجاهين متعاكسين، فما القوة المحصلة الأفقية المؤثرة في القارب؟ تأكد من توضيح اتجاه القوة المحصلة.
8. **مسألة تحفيزية** تحاول ثلاثة كلاب سحب مزلجة على الجليد في ألاسكا. يسحب الأول إلى الشرق بقوة مقدارها 35 N. ويسحب الثاني إلى الشرق أيضًا بقوة مقدارها 42 N. ويسحب الثالث الضخم إلى الغرب بقوة مقدارها 53 N. فما القوة المحصلة التي تؤثر في المزلجة ؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

التنازع على الوسادة تمسك مريم بوسادة كتلتها 0.30 kg في حين تقرر سارة أنها تريدها وتحاول أن تنتزعها من مريم. إذا سحبت سارة الوسادة أفقيًا بقوة قدرها 10.0 N وسحبت مريم بقوة أفقية قدرها 11.0 N. فما التسارع الأفقي للوسادة؟

1 حلّل المسألة وارسمها

- رسم مخطط القوى المؤثرة على الوسادة.
- حدّد الوسادة كنظام وأن الاتجاه الذي تسحب فيه مريم موجب.

المعلوم	المجهول
$m = 0.30\ \text{kg}$	$a = ?$
$F_{\text{مريم في الوسادة}} = 11.0\ \text{N}$	
$F_{\text{سارة في الوسادة}} = 10.0\ \text{N}$	

2 إيجاد المجهول

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{مريم في الوسادة}} + (-F_{\text{سارة في الوسادة}})$$

استخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$$

$$= \frac{F_{\text{مريم في الوسادة}} + (-F_{\text{سارة في الوسادة}})}{m}$$

بالتعويض عن $m = 0.30\ \text{kg}$، $F_{\text{سارة في الوسادة}} = 10.0\ \text{N}$، $F_{\text{مريم في الوسادة}} = 11.0\ \text{N}$

$$= \frac{11.0\ \text{N} - 10.0\ \text{N}}{0.30\ \text{kg}}$$

$$= 3.3\ \text{m/s}^2$$

$\boldsymbol{a} = 3.3\ \text{m/s}^2$ في اتجاه مريم

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** m/s^2 هي الوحدة الصحيحة للتسارع.
- هل الإشارة منطقية؟ يكون التسارع في اتجاه مريم نظرًا لأن ريمان تسحب في اتجاه نفسها بقوة أكبر من القوة التي تسحب بها سارة في الاتجاه المعاكس.
- **هل المقدار واقعي؟** تساوي القوة المحصلة 1 N وتساوي الكتلة 0.3 kg. ومن ثَمَّ يكون التسارع واقعيًا.

تطبيق

9. يُستخدم الميزان الزنبركي للتأثير بقوة محصلة قدرها 2.7 N في عربة. إذا كانت كتلة العربة 0.64 kg. فما تسارعها؟
10. تتعلم كريمة كيفية التزحلق على الجليد. وترغب في أن تسحبها أمها حتى يكون تسارعها $0.80\ \text{m/s}^2$. إذا كانت كتلة كريمة 27.2 kg. فما القوة التي يجب على أمها أن تسحبها بها؟ (تجاهل أي مقاومة بين الثلج وزلاجات كريمة).
11. **مسألة تحفيزية** يتم التأثير بقوتين أفقيتين في صندوق كبير. القوة الأولى مقدارها 317 N تجاه اليمين. والقوة الثانية مقدارها 173 N تجاه اليسار.
    - **A.** رسم مخطط القوى المؤثرة في الصندوق.
    - **B.** ما القوة المحصلة التي تؤثر في الصندوق؟
    - **C.** يكون الصندوق ساكناً في البداية. وتكون سرعته المتجهة 6.5 m/s تجاه اليمين بعد خمس ثوان. فما كتلة الصندوق؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القانون الأول لنيوتن

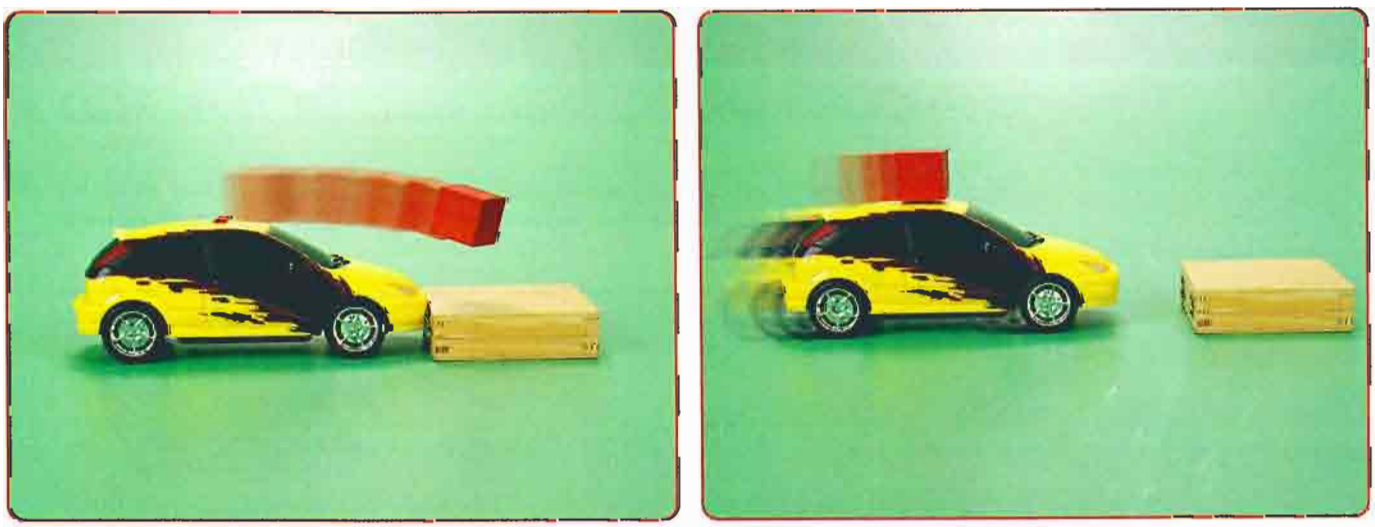
كيف يتحرك جسم ما عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا؟ ينص القانون الثاني لنيوتن على أنه إذا كانت $F_{\text{المحصلة}} = 0$، فإن التسارع يساوي صفرًا. تذكّر أنه إذا كان التسارع يساوي صفرًا، فلن تتغير السرعة المتجهة. ومن ثَمَّ يظل الجسم الثابت الذي لا تؤثر فيه قوة محصلة في حالة السكون. ماذا عن جسم متحرك مثل كرة تتدحرج على سطح ما؟ إلى أي مدى ستتدحرج الكرة؟ سيتوقف ذلك على السطح. إذا كانت الكرة تتدحرج على سجادة سميكة تؤثر بقوة في الكرة، فستصل إلى السكون سريعًا. وإذا كانت تتدحرج على جسم صلب أملس يؤثر فيها بقوة ضئيلة للغاية مثل حارة البولينج، فسوف تتدحرج الكرة لفترة طويلة مع تغير قليل في السرعة المتجهة. أجرى جاليليو العديد من التجارب، واستنتج أنه إذا أمكنه التخلص من كل القوى التي تعوق الحركة، فلن تتوقف الحركة الأفقية. كان جاليليو أول من أدرك أن المبادئ العامة للحركة يمكن اكتشافها بتقدير النتائج التجريبية للحالة المُثلى.

في غياب القوة المحصلة، لا تتغير السرعة المتجهة للكرة المتحركة وعدم الحركة للجسم الساكن. وأدرك نيوتن هذا وعمّم نتائج جاليليو في عبارة واحدة. هذه العبارة هي "يظل الجسم الساكن ساكنًا ويظل الجسم المتحرك متحركًا في خط مستقيم بسرعة ثابتة فقط إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في ذلك الجسم تساوي صفرًا." وتُسمى **القانون الأول لنيوتن.**

القصور الذاتي يُسمى القانون الأول لنيوتن أحيانًا بقانون القصور الذاتي نظرًا لأن **القصور الذاتي** هو ميل الجسم إلى مقاومة التغيرات في السرعة المتجهة. توضح السيارة والمكعب الأحمر في **الشكل 8** قانون القصور الذاتي. في الشكل الأيمن، يتحرك كلا الجسمين ناحية اليمين. في الشكل الأيسر، يؤثر الصندوق الخشبي بقوة في السيارة مما يؤدي إلى توقفها. لا يخضع المكعب الأحمر للقوة التي يؤثر بها الصندوق الخشبي. ويستمر في التحرك إلى اليمين بالسرعة المتجهة نفسها كما في الشكل اليسرى.

هل يُعد القصور الذاتي قوة؟ لا. تنتج القوى من التفاعلات بين جسمين؛ وليست خصائص للأجسام المفردة. لذا لا يمكن أن يكون القصور الذاتي قوة. تذكّر أنه بسبب تضمُّن السرعة المتجهة كلًا من مقدار السرعة واتجاهها (اتجاه الحركة)، يلزم وجود قوة محصلة لتغيير مقدار السرعة أو اتجاه الحركة. إذا كانت القوة المحصلة تساوي صفرًا، فإنه وفقًا للقانون الأول لنيوتن سيظل الجسم يتحرك بالسرعة نفسها وفي الاتجاه نفسه.

الشكل 8 تقترب السيارة والقالب من الصندوق الخشبي بالسرعة نفسها. بعد التصادم، يستمر القالب في الحركة بالسرعة الأفقية نفسها.



الشكل 9 يكون الجسم في حالة اتزان إذا لم تتغير سرعته المتجهة. في كلتا الحالتين المصورتين هنا، لا تتغير السرعة المتجهة. لذا من المؤكد أن القوة المحصلة تساوي صفرًا.

الاتزان وفقًا للقانون الأول لنيوتن، تسبّب القوة المحصلة تغيرًا في السرعة المتجهة للجسم. إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفرًا، فإن الجسم في حالة **اتزان**. يكون الجسم متّزناً إذا كان يتحرك بسرعة متجهة ثابتة. لاحظ أن البقاء في حالة السكون يمثل حالة خاصة للسرعة المتجهة الثابتة حيث $v = 0$. يعرف القانون الأول لنيوتن القوة المحصلة بأنها شيء ما يغير حالة الاتّزان. إذا لم توجد قوة محصلة مؤثرة في الجسم، فإن الجسم لا يكتسب تغيرًا في السرعة أو الاتجاه ويكون في حالة اتّزان. كما يوضح **الشكل 9**. على الأقل من حيث القوى المحصلة المؤثرة، لا يوجد فرق بين الجلوس على كرسي والسقوط بسرعة متجهة ثابتة أثناء القفز الحر بالمظلات - السرعة المتجهة لا تتغير، لذلك تكون القوة المحصلة صفرًا.

عند تحليل القوى والحركة، من المهم أن نضع في الحسبان أن العالم الواقعي مليء بالقوى التي تقاوم الحركة والتي تُسمى قوى الاحتكاك. وليس من السهل الحصول على عالَم نيوتن المثالي الخالي من الاحتكاك. إذا حلّلت حالة، واكتشفت أن النتيجة مختلفة عن تجربة مشابهة أجريتها سابقًا، فاسأل نفسك هل هذا بسبب وجود قوى الاحتكاك. على سبيل المثال، إذا دفعت كتابًا على طاولة، فسيتوقف سريعًا. للوهلة الأولى، يبدو أن القانون الأول لنيوتن خاطئًا في هذه الحالة بسبب تغير السرعة المتجهة للكتاب بالرغم من عدم وجود قوة واضحة تؤثر في الكتاب. ومع ذلك، فإن القوة المحصلة المؤثرة في الكتاب هي قوة الاحتكاك بين الطاولة والكتاب في الاتجاه المعاكس للحركة.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الاتزان (Equilibrium)

- **الاستخدام العلمي**
  الحالة التي تكون فيها القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفرًا.
  عندما يكون أحد الأجسام متوازنًا، تكون سرعته المتجهة ثابتة.
- **الاستخدام العام**
  حالة الاتزان
  أفسد التلوث توازن النظام البيئي.

القسم 1 مراجعة

12. **الفكرة الرئيسة** حدّد كلًا مما يلي بحرف **A أو B** أو **C**: الكتلة والقصور الذاتي ودفع اليد والاحتكاك ومقاومة الهواء وقوة ارجاع الزنبرك والجاذبية والتسارع.
    A. قوة تلامس
    B. قوة مجال
    C. ليست قوة
13. **مخطط الجسم الحر** ارسم مخطط الجسم الحر لكيس من السكر يتم رفعه بيدك بسرعة متزايدة. حدّد النظام بصفة خاصةً. استخدم النصوص السفلية لوضع تسميات لكل القوى ومسبّباتها. تذكّر أن ترسم الأسهم بالأطوال الصحيحة.
14. **مخطط الجسم الحر** ارسم مخطط الجسم الحر لدلو ماء يتم رفعه بحبل بسرعة متناقصة. حدّد النظام بصفة خاصةً. ضع تسميات لكل القوى بمسبّباتها وارسم الأسهم بالأطوال الصحيحة.
15. **التفكير الناقد** لا يؤثر في قالب ما إلا قوة أفقية قدرها 1 N. ويتم قياس التسارع الأفقي للقالب. عندما تؤثر القوة الأفقية نفسها في قالب ثانٍ، يكون التسارع الأفقي ثلاثة أمثال الأول. ماذا يمكنك استنتاجه عن كتلتي القالبين؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 الوزن والقوة المعيقة

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 مقاومة المائع للتدفق

مفردات جديدة

weight	الوزن
gravitational field	مجال الجاذبية
apparent weight	الوزن الظاهري
weightlessness	انعدام الوزن
drag force	القوة المعيقة
terminal velocity	السرعة الحدية

الفيزياء في حياتك

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

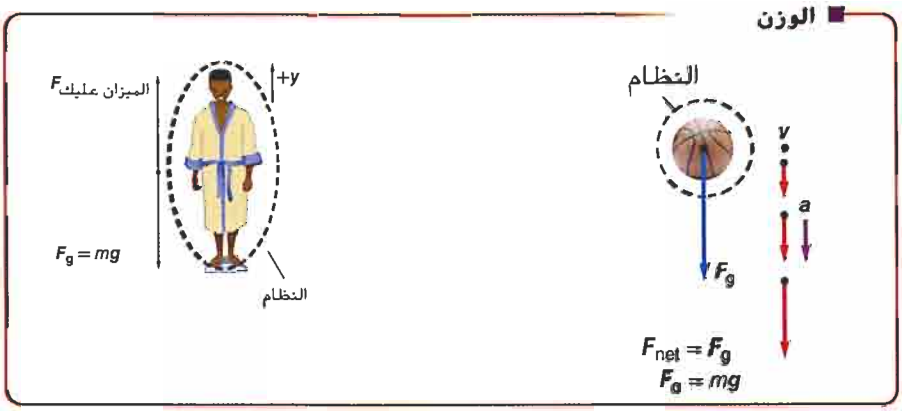
الوزن

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. ونظرًا لأنك لا تتسارع، يجب أن تساوي القوة المحصلة التي تؤثر فيك صفرًا. ومن ثمَّ 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.

الشكل 10 قوة الجاذبية التي تؤثر بها كتلة الأرض في الجسم تساوي كتلة الجسم مضروبة في مجال الجاذبية. ($F_g = mg$).

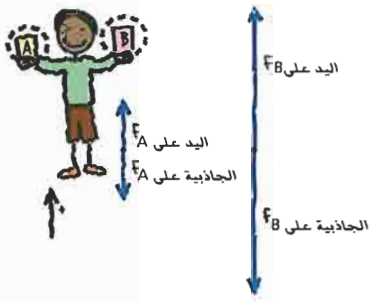
حدّد القوى التي تؤثر فيك عندما تكون متزنا أثناء الوقوف على الميزان.



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

مثال 2

مقارنة الأوزان يمسك أمجد أسطوانة نحاسية في كل يد. تبلغ كتلة الأسطوانة A 100.0 g وتبلغ كتلة الأسطوانة B 300.0 g. فما القوى المتجهة إلى أعلى التي تؤثر بها يداه للحفاظ على الأسطوانتين في حالة السكون؟ إذا أسقط الأسطوانتين بعد ذلك، فما التسارع الذي تسقطان به؟ (تجاهل مقاومة الهواء)



1 تحليل المسألة

- ارسم رسما تخطيطيا لحركة النظامين وضع تسميات القوى.
- حدّد الأسطوانتين باعتبارهما نظامين واختر الاتجاه إلى أعلى باعتباره موجبًا.

المعلوم	المجهول
$m_A = 0.1000\ \text{kg}$	$F_{\text{اليد في A}} = ?$
$m_B = 0.3000\ \text{kg}$	$F_{\text{اليد في B}} = ?$
$g = -9.8\ \text{N/kg}$	$a_A = ? \quad a_B = ?$

2 إيجاد المجهول

بالنسبة إلى الأسطوانة A:

$F_{\text{الجاذبية في A}} + F_{\text{اليد في A}} = F_{\text{المحصلة في A}}$

$0 = F_{\text{الجاذبية في A}} + F_{\text{اليد في A}}$

$F_{\text{اليد في A}} = -F_{\text{الجاذبية في A}}$

$F_{\text{اليد في A}} = -m_A g$

$= -(0.1000\ \text{kg})(-9.8\ \text{N/kg})$

$= 0.98\ \text{N}$ لأعلى

بالنسبة إلى الأسطوانة B:

$F_{\text{الجاذبية في B}} + F_{\text{اليد في B}} = F_{\text{المحصلة في B}}$

$0 = F_{\text{الجاذبية في B}} + F_{\text{اليد في B}}$

$F_{\text{اليد في B}} = -F_{\text{الجاذبية في B}}$

$F_{\text{اليد في B}} = -m_A g$

$= -(0.3000\ \text{kg})(-9.8\ \text{N/kg})$

$= 2.9\ \text{N}$ لأعلى

بعد إسقاط الأسطوانتين، تكون القوة الوحيدة المؤثرة في كل منهما قوة الجاذبية.
استخدم القانون الثاني لنيوتن.

$a_B = \dfrac{F_{\text{المحصلة في B}}}{m_B}$ $\quad a_A = \dfrac{F_{\text{المحصلة في A}}}{m_A}$ ◄ بالتعويض عن $F_{\text{المحصلة في A}} = m_A g$ و $F_{\text{المحصلة في B}} = m_B g$

$a_A = \dfrac{m_B g}{m_B} = g$ $\quad a_B = \dfrac{m_A g}{m_A} = g$ ◄ بالتعويض عن $g = -9.8\ \text{N/kg} = -9.8\ \text{m/s}^2$.

$= -9.8\ \text{m/s}^2$ $\quad = -9.8\ \text{m/s}^2$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** N هي الوحدة الصحيحة للقوة. m/s^2 هي الوحدة الصحيحة للتسارع.
- **هل الإشارة منطقية؟** يكون اتجاه السقوط إلى أسفل، وهو الاتجاه السالب، ويتسارع الجسم. لذلك ينبغي أن يكون التسارع سالبًا.
- **هل المقدار واقعي؟** يقع مقدار القوة بين 0.5N – 1، وهي القوى المعتادة التي تؤثر بها الأجسام التي تبلغ كتلتها 1 kg أو أقل. يساوي تسارع كل منهما تسارع السقوط الحر.

تطبيق

16. وضعت بطيخة على ميزان زنبركي مدرج للقياس بوحدات النيوتن. إذا كانت كتلة البطيخة 4.0 kg، فما قراءة الميزان؟
17. وضعت جهاز تليفزيون كتلته 22.50 kg على ميزان زنبركي. إذا كانت قراءة الميزان 235.2 N، فما مجال الجاذبية في ذلك المكان؟
18. يُرفع حجر كتلته 0.50 kg من الأرض. ما أقل قوة لازمة لرفعه؟ صِف الحركة الناتجة من هذه القوة.
19. **مسألة تحفيزية** يمكن لكيس بقالة أن يتحمل حدًا أقصى من الوزن قدره 230 N قبل أن ينقطع. فهل يتحمل كيس يحتوي على 15 kg من مواد البقالة ويتم رفعه من فوق كاونتر الدفع بتسارع قدره $7.0\ \text{m/s}^2$؟

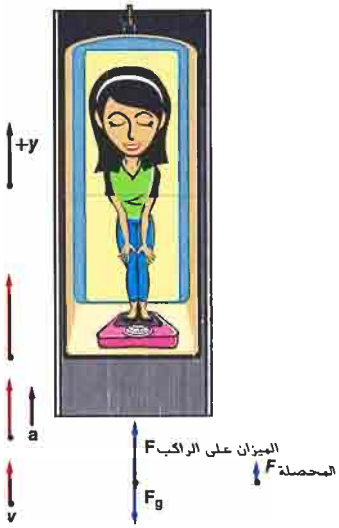
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوزن الظاهري ما الوزن؟ نظرًا لأن قوة الوزن يتم تعريفها كالتالي $F_g = mg$، F_g تتغير عندما تتغيّر g. تكون g ثابتة تقريبًا على سطح الأرض أو بالقرب منه. لذلك لا يختلف وزن الجسم بشكل ملحوظ عندما يتحرك بالقرب من سطح الأرض. إذا كان الميزان المنزلي لا يوفر إلا القوة المؤثرة فيك إلى أعلى، فإنه يقرأ وزنك. ماذا يقرأ الميزان إذا وقفت بقدم واحدة عليه والأخرى على الأرض؟ ماذا لو ضغط صديق على كتفيك إلى أسفل أو دفع مرفقيك إلى أعلى؟ إذًا توجد قوى تلامس أخرى تؤثر فيك، ولن يقرأ الميزان وزنك.

ماذا يحدث إذا وقفت على الميزان داخل مصعد؟ طالما أنك لا تتسارع، فسيقرأ الميزان وزنك. ماذا يقرأ الميزان إذا تسارع المصعد إلى أعلى؟ يوضح **الشكل 11** النموذجين التصويري والفيزيائي لهذه الحالة. فأنت تمثل النظام، والاتجاه إلى أعلى هو الاتجاه الموجب. لأن اتجاه تسارع النظام يكون إلى أعلى، من المؤكد أن القوة المحصلة ستكون إلى أعلى. يجب أن تكون القوة التي يؤثر بها الميزان إلى أعلى أكبر من قوة وزنك إلى أسفل. ومن ثمّ تكون قراءة الميزان أكبر من وزنك.

إذا استقللت مصعدًا يتسارع إلى أعلى، فسوف تشعر كما لو كنت أثقل لأن أرضية المصعد تضغط بدرجة أقوى على قدميك. ومن ناحية أخرى، إذا كان المصعد يتسارع إلى أسفل، حينها ستشعر أنك أخف وزنًا وسيقرأ الميزان أقل من وزنك. تُعد القوة التي يؤثر بها الميزان مثالًا على **الوزن الظاهري**، الذي يمثل قوة الدعم المؤثرة في الجسم.

☑ **تأكد من فهمك** **صِف** قراءة الميزان عندما يتسارع المصعد إلى أعلى من السكون وعندما يصل إلى سرعة ثابتة ثم يتوقف.



الشكل 11 إذا كنت تتسارع إلى أعلى، فمن المؤكد أن القوة المحصلة المؤثرة فيك ستكون إلى أعلى. يجب أن يؤثر الميزان بقوة إلى أعلى أكبر من قوة وزنك إلى أسفل.

تخيل أن الحبل الذي يمسك المصعد انقطع. ماذا يقرأ الميزان عندئذٍ؟ تتسارع أنت والميزان بمقدار $a = g$. ووفقًا لهذه الصيغة، يقرأ الميزان صفرًا ويكون وزنك الظاهري صفرًا. بمعنى أنك تكون عديم الوزن. ومع ذلك، لا يعني **انعدام الوزن** أن وزن الجسم يساوي صفرًا بالفعل، بل يعني عدم وجود قوى تلامس تؤثر في دعم الجسم وأن الوزن الظاهري يساوي صفرًا. بطريقة مشابهة للمصعد الذي يسقط، يخضع رواد الفضاء لانعدام الوزن في المدار نظرًا لأنهم ومركبتهم الفضائية في حالة سقوط حر. ستدرس الجاذبية وانعدام الوزن بتفاصيل أكثر في وحدة لاحقة.

استراتيجيات حل المسائل

القوة والحركة

عند حل مسائل القوة والحركة، استخدم الإستراتيجيات التالية.

1. اقرأ المسألة بتمعّن وارسم نموذجًا مصورًا.
2. ضع دائرة حول النظام واختر نظام إحائيات.
3. حدّد الكميات المعلومة والمجهولة.
4. أنشئ نموذجًا فيزيائيًا برسم الحركة مع توضيح اتجاه التسارع.
5. صمم مخطط الجسم الحر موضحًا كل القوى المؤثرة في الجسم.
6. استخدم قوانين نيوتن للربط بين التسارع والقوة المحصلة.
7. أعد ترتيب المعادلة لإيجاد الكمية المجهولة.
8. عوّض عن الكميات المعلومة بوحداتها في المعادلة وحل المعادلة.
9. تحقق من نتائجك لتتبين ما إذا كانت منطقية.

مختبر الفيزياء

القوى في المصعد

كيف يتغير الوزن الظاهري عند استقلال المصعد؟

تجربة مصغرة

الكتلة والوزن

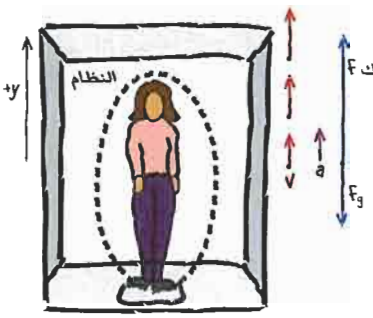
ما العلاقة بين الكتلة والوزن؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 3

الوزن الحقيقي والظاهري إذا كانت كتلتك 75.0 kg. وتقف على ميزان منزلي داخل مصعد. بدايةً من السكون. يتسارع المصعد إلى أعلى بمقدار $2.00\ m/s^2$ لمدة 2.00 s ثم يستمر بسرعة ثابتة. هل تكون قراءة الميزان أثناء التسارع أكبر من قراءة الميزان عندما يكون المصعد في حالة السكون أو مساوية لها أو أقل منها؟

1 تحليل المسألة



- ارسم رسما تخطيطيا للقوى المؤثرة على النظام.
- اختر نظامًا إحداثيًا بحيث يكون الاتجاه الموجب إلى أعلى.
- ارسم مخطط الحركة لكل من v وa.
- ارسم مخطط الجسم الحر. يكون اتجاه القوة المحصلة هو اتجاه التسارع. وبالتالي تكون القوة للأعلى أكبر من القوة للأسفل

المعلوم	المجهول
$m = 75.0\ kg$	$F_{\text{الميزان}} = ?$
$a = 2.00\ m/s^2$	
$t = 2.00\ s$	
$g = 9.8\ N/kg$	

2 إيجاد المجهول

$$F_{\text{المحصلة}} = ma$$

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الميزان}} + (-F_g)$$

► تكون F_g سالبة نظرًا لأنها في الاتجاه السالب الذي يحدده النظام الإحداثي.

أوجد قيمة $F_{\text{الميزان}}$.

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$$

المصعد في حالة السكون:

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$$

► لا يتسارع المصعد. لذلك، $F_{\text{المحصلة}} = 0.00\ N$.

$$= F_g$$

► بالتعويض عن $F_{\text{المحصلة}} = 0.00\ N$.

$$= mg$$

► بالتعويض عن $F_g = mg$.

$$= (75.0\ kg)(9.8\ N/kg)$$

► بالتعويض عن $m = 75.0\ kg$ $g = 9.8\ N/kg$.

$$= 735\ N$$

المصعد يتسارع إلى أعلى:

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$$

► بالتعويض عن $F_{\text{المحصلة}} = ma$، $F_g = mg$

$$= ma + mg$$

► بالتعويض عن $m = 75.0\ kg$، $a = 2.00\ m/s^2$، $g = 9.8\ N/kg$

$$= (75.0\ kg)(2.00\ m/s^2) + (75.0\ kg)(9.8\ N/kg)$$

$$= 885\ N$$

تكون قراءة الميزان أكبر عندما يتسارع المصعد (885 N) من قراءته عندما يكون المصعد في حالة السكون (735 N).

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** $kg \cdot m/s^2$ هي وحدة القوة، وتعادل N.
- **هل الإشارة منطقية؟** تتوافق الإشارة الموجبة مع النظام الإحداثي.
- **هل المقدار واقعي؟** تكون $F_{\text{الميزان}} = 885\ N$ أكبر مما هي عليه في حالة السكون عندما تكون $F_{\text{الميزان}}$ تساوي 735 N. ويكون مقدار الزيادة 150 N. الذي يمثل 20 في المئة تقريبًا من الوزن في حالة السكون. والتسارع إلى أعلى يساوي 20% تقريبًا من التسارع الناتج عن الجاذبية. لذلك يكون المقدار منطقيًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

20. يوضح ميزان موضوع على الأرض أنك تزن 585 N.

A. ما كتلتك؟

B. كم يقرأ الميزان على القمر $(g = 1.60\ N/kg)$؟

21. مسألة تحفيزية استخدم النتائج من مثال المسألة 3 للإجابة عن الأسئلة عن ميزان داخل مصعد على الأرض. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص في الحالات التالية؟

A. يتحرك المصعد إلى أعلى بسرعة ثابتة.

B. يتباطأ المصعد بمقدار $2.0\ m/s^2$ أثناء التحرك إلى أسفل.

C. يتسارع المصعد بمعدل $2.0\ m/s^2$ أثناء التحرك إلى أسفل.

D. يتحرك المصعد إلى أسفل بسرعة ثابتة.

E. في أي اتجاه تكون القوة المحصلة عندما يتباطأ المصعد ليتوقف أثناء تحركه إلى أسفل؟

مختبر الفيزياء

السرعة الحدية

PROBEWARE LAB **ما تأثير مقاومة الهواء في الأجسام في حالة السقوط الحر؟**

تجربة مصغرة

مظلة مقلوبة

كيف تتوقف السرعة الحدية على الكتلة؟

القوة المعيقة

من الصحيح أن الجزيئات الموجودة في الهواء حول الجسم تؤثر بقوى في ذلك الجسم. في الواقع، يؤثر الهواء بقوى ضخمة، ولكن في معظم الحالات يؤثر بقوى متوازنة في كل الجوانب، ولذلك لا يوجد له أثر كلي. هل يمكنك التفكير في أي تجارب تساعد على إثبات أن الهواء يمكنه التأثير بقوة؟ أحد الأمثلة أن تمسك بورقة على طول الذراع وتنفخ فيها بقوة. تتسارع الورقة استجابة للهواء الذي يصطدم بها، مما يعني أن الهواء يؤثر بقوة محصلة في الورقة.

حتى الآن، تجاهلت القوة التي يؤثر بها الهواء في جسم يتحرك فيه. في الواقع، عندما يتحرك جسم عبر أي مائع مثل الهواء أو الماء يؤثر المائع بقوة في الجسم المتحرك في الاتجاه المعاكس لحركة الجسم. **القوة المعيقة** القوة التي يؤثر بها المائع في جسم وتعوق الحركة خلال المائع. وتتوقف هذه القوة على حركة الجسم وخصائصه وخصائص المائع الذي يتحرك الجسم خلاله. على سبيل المثال، كلما زادت سرعة الجسم، زاد مقدار القوة المعيقة. ويؤثر حجم الجسم وشكله في القوة المعيقة أيضًا. كما تؤثر خصائص المائع مثل كثافته ولزوجته في القوة المعيقة أيضًا.

مسألة تحفيزية

يتم إسقاط حاوية طعام وماء كتلتها 415 kg من طائرة على ارتفاع 300 m. أولًا، فكّر في **الحالة** مع تجاهل مقاومة الهواء. احسب الحالة الأكثر واقعية مع تضمين القوة المعيقة التي تؤثر بها **مظلة**.

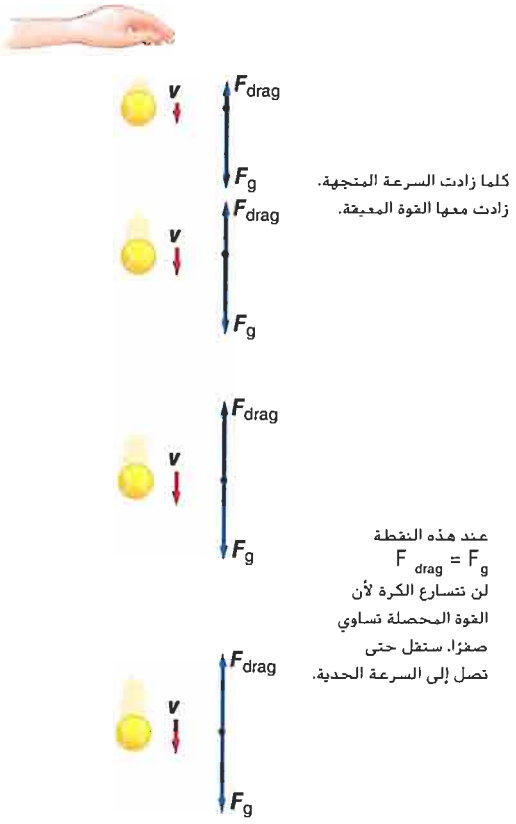
1. إذا تجاهلت مقاومة الهواء، فما المدة التي ستستغرقها الحاوية لتسقط مسافة 300 m إلى الأرض؟
2. مرة أخرى، بتجاهل مقاومة الهواء، ما سرعة الحاوية قبل الارتطام بالأرض مباشرة؟
3. تتصل الحاوية بمظلة مصمّمة لإحداث القوة المعيقة التي تسمح للحاوية بالوصول إلى سرعة متجهة ثابتة إلى أسفل مقدارها 6 m/s. ما مقدار القوة المعيقة عندما تسقط الحاوية بسرعة ثابتة 6 m/s إلى أسفل؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

السرعة الحدية إذا أسقطت كرة التنس كما في **الشكل 12**، يكون لها سرعة متجهة قليلة جدًا في البداية لذلك توجد قوة معيقة صغيرة. وتكون قوة الجاذبية إلى أسفل أكبر بكثير من القوة المعيقة إلى أعلى، لذلك يوجد تسارع إلى أسفل. ومع تزايد السرعة المتجهة للكرة، تزيد القوة المعيقة أيضًا. وبعد فترة وجيزة، تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية. وعندما يحدث هذا، لا توجد قوة محصلة، ومن ثمَّ لا يوجد تسارع. تُسمى السرعة الثابتة التي يصل إليها الجسم عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية **بالسرعة الحدية.**

عندما تسقط الأجسام الخفيفة ذات مساحات الأسطح الكبيرة، يكون للقوة المعيقة أثر كبير في حركة هذه الأجسام، وتصل سريعًا إلى السرعة الحدية. ولا تتأثر الأجسام الأثقل ذات الأسطح الصغيرة كثيرًا بالقوة المعيقة. على سبيل المثال، تكون السرعة الحدية لكرة تنس الطاولة في الهواء 9 m/s والسرعة الحدية لكرة السلة 20 m/s والسرعة الحدية لكرة البيسبول 42 m/s. يزيد المتزلجون المتنافسون سرعاتهم الحدية بالعمل على إنقاص القوة المعيقة المؤثرة فيهم. يبقون أجسامهم في شكل بيضة، ويرتدون ملابس ملساء وخوذات انسيابية الشكل.

ويمكن للاعبي القفز الحر أن يزيدوا أو ينقصوا سرعتهم الحدية بتغيير اتجاه الجسم وشكله. يُحدث شكل النسر المجنح الأفقي السرعة الحدية الأكثر بطئًا التي تقدر بحوالي 60 m/s. وبعد فتح المظلة، يصبح لاعب القفز الحر جزءًا من جسم كبير للغاية له قوة معيقة كبيرة تتناسب مع حجمه وسرعة حدية مقدارها 5 m/s تقريبًا.



الشكل 12 تزداد القوة المعيقة المؤثرة في الجسم بزيادة سرعته المتجهة. عندما تساوي القوة المعيقة قوة الجاذبية، يكون الجسم متزنًا لذلك لا يتسارع بعد ذلك.

القسم 2 مراجعة

22. **الفكرة الرئيسة** يسقط لاعب القفز الحر في **الشكل 13** بسرعة ثابتة في وضع النسر المجنح. بعد فتح المظلة مباشرةً، هل يتسارع لاعب القفز الحر؟ إذا كان الأمر كذلك، ففي 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. **حركة المصعد** تستقل 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. **الوزن الظاهري** تستقل مصعدًا سريعًا إلى أعلى بناء عالٍ ثم تستقله للنزول. في أي فترة من استقلالك المصعد سيتساوى وزنك الظاهري مع وزنك الحقيقي؟ في أي فترات من استقلالك المصعد سيكون وزنك الظاهري أقل من وزنك الحقيقي؟ أو أكثر من وزنك الحقيقي؟ ارسم مخطط الجسم الحر لدعم إجاباتك.

26. **التسارع** يقف خالد الذي تبلغ كتلته 65.0 kg في حلبة التزحلق على الجليد. يؤثر صديقه فيه بقوة قدرها 9.0 N. ما التسارع الناتج لخالد؟

27. **التفكير الناقد** تعمل في وظيفة في مستودع لحوم حيث تحمل المخزون إلى الشاحنات لشحنه إلى متاجر البقالة. ولكل شاحنة حد للوزن قدره 10,000 N للحمولة. تدفع كل صندوق لحم على سير متحرك منخفض المقاومة إلى الميزان وتزنه قبل وضعه في الشاحنة. وذات ليلة، بعد أن وزنت صندوقًا وزنه 1000 N، انكسر الميزان. صِف طريقة يمكنك بها تطبيق قوانين نيوتن لتحديد الكتل التقريبية للصناديق المتبقية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

القانون الثالث لنيوتن

الفيزياء في حياتك

إذا دفعت الحائط أثناء الجلوس على كرسي ذي عجلات، فستتسارع عبر الأرضية. ما الذي يؤثر بالقوة غير المتوازنة التي تسبّب تسارعك؟ يساعد القانون الثالث لنيوتن على الإجابة عن هذا السؤال.

الفكرة الرئيسة

توجد كل القوى في أزواج تأثير متبادل.

الأسئلة الرئيسة

- **ما هو القانون الثالث لنيوتن؟**
- **ما المقصود بالقوة العمودية؟**

مراجعة المفردات

التناظر symmetry التوافق بين الأجزاء على الجانبين المتضادين للخط الفاصل.

مفردات جديدة

زوجا التأثير المتبادل
interaction pair
القانون الثالث لنيوتن
Newton's third law
الشد **tension**
القوة العمودية **normal force**

أزواج التأثير المتبادل

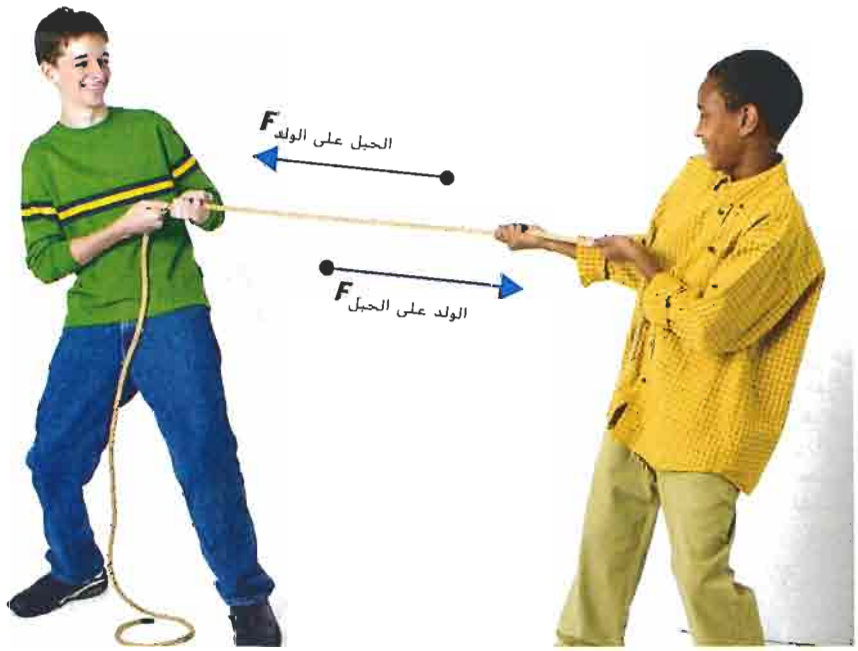
يوضح الشكل 14 فكرة القوى باعتبارها أزواج تأثير متبادل. توجد قوة يؤثر بها الولد على الحبل، وتوجد قوة تؤثر بها الحبل على الولد. تنشأ القوى، دائمًا، في أزواج مشابهة لهذا المثال. اعتبر الولد (A) نظامًا والحبل (B) نظامًا آخر. ما القوى التي تؤثر في كل من النظامين؟ بالنظر في رسمي القوة في **الشكل 14**، يمكنك رؤية أن كل نظام يؤثر بقوة في الآخر. القوتان F_A في B وF_B في A، هما قوتا التأثير المتبادل بين النظامين. لاحظ التناظر في النصوص السفلية: A في B و B في A.

تمثل القوتان F_A في B وF_B في A **زوجي التأثير المتبادل**، اللذين يكونان مجموعة من قوتين متضادتين في الاتجاه ومتساويتين في المقدار وتؤثران في جسمين مختلفين. أحيانًا، يُسمى زوجا التأثير المتبادل زوجي الفعل ورد الفعل. قد يوحي هذا بأن أحدهما يتسبّب في الآخر. ومع ذلك، هذا الأمر ليس صحيحًا. مثلًا، لا تتسبّب القوة التي يسحب بها الولد الحبل في سحب الحبل للولد. توجد القوتان معًا أو لا توجدان على الإطلاق.

تأكد من فهمك **توقع مقدار القوة التي تؤثر فيك واتجاهها إذا دفعت شجرة بقوة قدرها 15 N في اتجاه اليسار.**

تعريف القانون الثالث لنيوتن في **الشكل 14**، القوة التي يؤثر بها الولد في الحبل مساوية في المقدار للقوة التي تؤثر بها الحبل في الولد ومضادة لها في الاتجاه. يُعد زوجا التأثير المتبادل هذين مثالًا على **القانون الثالث لنيوتن**، الذي ينص على أن كل القوى تكون في شكل أزواج. تؤثر القوتان في زوج التأثير المتبادل في جسمين مختلفين وتكون القوتان متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه.

الشكل 14 تُعد القوة التي يؤثر بها الحبل في الولد والقوة التي يؤثر بها الولد في الحبل زوجي التأثير المتبادل.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القانون الثالث لنيوتن

القوة التي تؤثر بها A في B مساوية للقوة التي تؤثر بها B في A في المقدار ومضادة لها في الاتجاه.

$$F_{\text{A في B}} = -F_{\text{B في A}}$$

استخدام القانون الثالث لنيوتن فكّر في حالة الإمساك بكتاب في يدك. يمكنك رسم مخطط القوى لكل من يدك والكتاب. هل توجد أزواج تأثير متبادل؟ عند تحديد أزواج التأثير المتبادل، ضع في الحسبان أنها توجد في رسمي جسمين حرين مختلفين. وأنه سيكون هناك تناظر في النصوص السفلية دائمًا كما هو مُلاحظ في الصفحة السابقة. في هذه الحالة، يكون زوجا التأثير المتبادل الكتاب في اليد F واليد في الكتاب F.

تتفاعل الكرة في **الشكل 15** مع الطاولة ومع الأرض. أولًا، حلّل القوى المؤثرة في نظام واحد، وهو الكرة. تؤثر الطاولة بقوة إلى أعلى في الكرة، وتؤثر كتلة الأرض بقوة الجاذبية إلى أسفل في الكرة. وبالرغم من أن هاتين القوتين في اتجاهين متضادين، فإنهما لا تمثلان زوجي تأثير متبادل لأنهما تؤثران في الجسم نفسه. والآن، فكّر في الكرة والطاولة معًا. بالإضافة إلى القوة إلى أعلى التي تؤثر بها الطاولة في الكرة، تؤثر الكرة بقوة إلى أسفل في الطاولة. ويمثل هذا زوجي تأثير متبادل.

لاحظ أيضًا أن للكرة وزنًا. إذا كانت الكرة تخضع لقوة بسبب كتلة الأرض، فمن المؤكد وجود قوة تؤثر في كتلة الأرض بسبب الكرة. بمعنى آخر، يمثلان زوجي تأثير متبادل.

$$F_{\text{الكرة في كتلة الأرض}} = -F_{\text{كتلة الأرض في الكرة}}$$

تسبّب القوة غير المتوازنة التي تؤثر في الأرض تسارع الأرض. ولكن التسارع يتناسب عكسيًا مع الكتلة. ونظرًا لأن كتلة الأرض ضخمة جدًا عند مقارنتها بكتل الأجسام الأخرى التي نفكر فيها، فإن تسارع الأرض ضئيل جدًا إلى درجة أنه يمكن إهماله. بمعنى آخر، كثيرًا ما يمكن معاملة الأرض كجزء من المحيط الخارجي بدلًا من كونها نظامًا ثانيًا. تلخص استراتيجيات حل المسائل أدناه كيفية التعامل مع أزواج التأثير المتبادل.

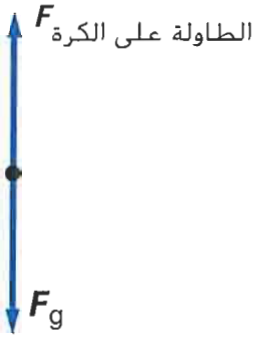
تأكد من فهمك **اشرح** لماذا يكون تسارع الأرض عادةً صغيرًا للغاية مقارنةً بتسارع الجسم الذي يتفاعل مع الأرض.

استراتيجيات | حل المسائل

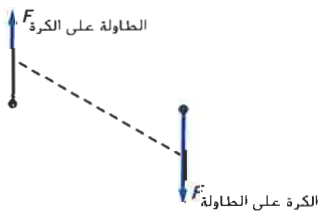
استخدم هذه الاستراتيجيات لحل المسائل التي يوجد فيها تأثير متبادل بين جسمين في نظامين مختلفين.

1. اعزل النظام أو الأنظمة عن المحيط الخارجي.
2. ارسم نموذجًا مصورًا يتضمن الأنظمة الإحداثية لكل نظام.
3. ارسم نموذجًا فيزيائيًا يتضمن مخطط الجسم الحر لكل نظام.
4. صل بين أزواج التأثير المتبادل بخطوط متقطعة.
5. لتحسب إجابتك، استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد العلاقة بين القوة المحصلة والتسارع لكل نظام.
6. استخدم القانون الثالث لنيوتن لوضع معادلة لمقادير أزواج التأثير المتبادل وتوضيح الاتجاه النسبي لكل قوة.
7. حلّ المسألة وتحقق من صحة وحدات الإجابات وإشاراتها ومقاديرها.

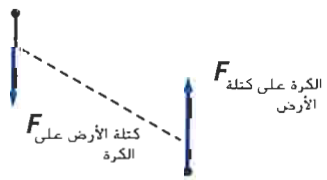
القانون الثالث لنيوتن



القوتان اللتان تؤثران في الكرة هما الطاولة في الكرة F وكتلة الأرض في الكرة F. لا تمثل هاتان القوتان زوجي تأثير متبادل.



زوجا قوة التأثير المتبادل بين الكرة والطاولة.



زوجا قوة التأثير المتبادل بين الكرة وكوكب الأرض.

الشكل 15 تمثل الكرة المستقرة فوق الطاولة جزءًا من زوجي التأثير المتبادل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 4

تسارع الأرض تبلغ كتلة كرة لينة 0.18 kg. ما قوة الجاذبية التي تؤثر بها الكرة في الأرض، وما تسارع الأرض الناتج؟ كتلة الأرض تساوي 6.0×10^{24} kg.

1 تحليل المسألة

- رسم مخطط القوى المؤثرة على كل من الكرة والارض.
- صل بين زوجي التأثير المتبادل بخط متقطع.

المعلوم	المجهول
$m_{\text{الكرة}} = 0.18\ \text{kg}$	$F_{\text{الأرض في الكرة}} = ?$
$m_{\text{الأرض}} = 6.0\times10^{24}\ \text{kg}$	$a_{\text{الأرض}} = ?$
$g = 9.8\ \text{N/kg}$	

2 إيجاد المجهول

استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد وزن الكرة.

$$F_{\text{الأرض في الكرة}} = m_{\text{الكرة}}g$$

$$= (0.18\ \text{kg})(-9.8\ \text{N/kg})$$

$$= -1.8\ \text{N}$$

◀ بالتعويض عن $m_{\text{الكرة}} = 0.18\ \text{kg}$، $g = -9.8\ \text{N/kg}$.

استخدم القانون الثالث لنيوتن لإيجاد الكرة في الأرض F.

$$F_{\text{الكرة في الأرض}} = -F_{\text{الأرض في الكرة}}$$

$$= -(-1.8\ \text{N})$$

$$= +1.8\ \text{N}$$

◀ بالتعويض عن $F_{\text{الأرض في الكرة}} = -1.8\ \text{N}$.

استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد الأرض a.

$$a_{\text{الأرض}} = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m_{\text{الأرض}}}$$

$$= \frac{1.8\ \text{N}}{6.0\times10^{24}\ \text{kg}}$$

$$= 2.9\times10^{-25}\ \text{m/s}^2 \text{ نحو مركز الأرض}$$

◀ بالتعويض عن $m_{\text{الأرض}} = 6.0\times10^{24}\ \text{kg}$، $F_{\text{المحصلة}} = 1.8\ \text{N}$.

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس القوة بوحدات N والتسارع بوحدات m/s^2.
- **هل الإشارات لها معنى؟** ينبغي أن تكون إشارة القوة والتسارع موجبة.
- **هل المقدار واقعي؟** المقدار واقعي لأن تسارع الأرض ينبغي أن يكون متناهيًا في الصغر نظرًا لضخامة كتلة الأرض.

تطبيق

28. **ترفع** بيدك كرة بولينج خفيفة نسبيًا، وتجعلها تتسارع إلى أعلى. ما القوى التي تؤثر في الكرة؟ ما القوى التي تؤثر بها الكرة؟ ما الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى؟

29. **يسقط** قالب من القرميد من أعلى سقالة بناء. حدّد أي قوى تؤثر في القرميد. وأيضا، حدّد أي قوى يؤثر بها القرميد والأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى. (يمكن تجاهل مقاومة الهواء).

30. **تستقر** حقيبة سفر في عربة أمتعة المطار في وضع السكون كما في **الشكل 16**. ارسم رسم الجسم الحر الذي يمثل كل جسم ووضّح أي زوجي تأثير متبادل بينهما.

31. **مسألة تحفيزية** قذفت كرة إلى أعلى في الهواء. ارسم مخطط الجسم الحر الذي يمثل الكرة بعد ارتفاعها عن يدك وأثناء حركتها إلى أعلى. حدّد أي قوى تؤثر في الكرة. وأيضًا، حدّد أي قوى تؤثر بها الكرة والأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى. بفرض تجاهل مقاومة الهواء.

الشكل 16

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشد

الشد اسم محدد للقوة التي يؤثر بها خيط أو حبل. وللتبسيط في هذا الكتاب المدرسي سنعتبر أن كل الخيوط والحبال عديمة الكتلة. في **الشكل 17**، يوشك الحبل أن ينقطع في المنتصف. إذا انقطع الحبل، فسيسقط الدلو. ولكن قبل أن ينقطع، من المؤكد أنه توجد قوى تمسك جزأي الحبل معًا. تمثل القوة التي يؤثر بها الجزء العلوي من الحبل في الجزء السفلي $F_{\text{العلوي في السفلي}}$. ينص القانون الثالث لنيوتن على أنه من المؤكد أن هذه القوة جزء من زوجي التأثير المتبادل. والعضو الآخر من الزوجين هو القوة التي يؤثر بها الجزء السفلي من الحبل في الجزء العلوي، وهي $F_{\text{السفلي في العلوي}}$. وتتضح هذه القوى المتساوية في المقدار والمتضادة في الاتجاه في **الشكل 17**.

الشكل 17 يساوي الشد في الحبل وزن كل الأجسام المعلقة به.

فكّر في هذه الحالة بطريقة أخرى. قبل انقطاع الحبل، يكون الدلو في حالة توازن. وهذا يعني أنه يجب أن تساوي قوة وزنه إلى أسفل قوة الشد في الحبل إلى أعلى في المقدار وتعاكسها في الاتجاه. وبالمثل، إذا نظرت إلى النقطة في الحبل فوق الدلو مباشرة، فستجد أنها في حالة توازن أيضًا. ومن ثمَّ يجب أن تكون قوة الشد في الحبل أدناها التي تسحب إلى أسفل مساوية في المقدار لقوة الشد في الحبل أعلاها التي تسحب إلى أعلى. يمكنك التحرك على طول الحبل إلى أعلى والتفكير في أي نقطة. لترى أن قوى الشد في أي نقطة في الحبل تسحب بالتساوي في كلا الاتجاهين. لذلك، يساوي الشد في الحبل وزن كل الأجسام أدناه.

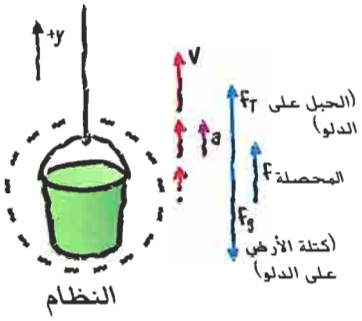
تفحص قوى الشد الموضحة في **الشكل 18**. إذا كان الفريق A يؤثر بقوة قدرها 500 N، ولا يتسارع الحبل، فمن المؤكد حينها أن الفريق B يسحب بقوة قدرها 500 N. ما مقدار الشد في الحبل؟ إذا كان كل فريق يسحب بقوة قدرها 500 N، فهل يكون مقدار الشد 1000 N؟ لتحديد ذلك، فكّر في الحبل باعتباره مقسومًا إلى نصفين. لا يتسارع الجانب الأيسر، لذلك تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفرًا. لذلك، $F_{\text{الجانب الأيمن في الجانب الأيسر}}$ = 500 N = $F_{\text{في الجانب الأيسر A}}$. وبطريقة مشابهة، $F_{\text{الجانب الأيسر في الجانب الأيمن}}$ = 500 N = $F_{\text{في الجانب الأيمن B}}$. ولكن تمثل قوتا الشد $F_{\text{الجانب الأيمن في الجانب الأيسر}}$ و$F_{\text{الجانب الأيسر في الجانب الأيمن}}$، زوجي التأثير المتبادل، ومن ثمَّ تكونان متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه. لذلك، يساوي الشد في الحبل القوة التي يسحب بها كل فريق أو 500 N. وللتحقق من هذا، يمكنك قطع الحبل من المنتصف وربط النهايتين في ميزان زنبركي. يقرأ الميزان 500 N.

الشكل 18 لا يتسارع الحبل، لأن قوتي الشد متساوية للفريقين على جانبي الحبل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 5

رفع الدلو يتم رفع دلو كتلته 50.0 kg بحبل. لن ينقطع الحبل إذا كان الشد 525 N أو أقل. بدأ الدلو من حالة السكون وبعد رفعه مسافة 3.0 m، بلغت سرعته 3.0 m/s. إذا كان التسارع ثابتًا، فهل يكون الحبل معرضًا للانقطاع؟



1 تحليل المسألة

- ارسم رسما تخطيطيا لجسم، وحدّد القوى المؤثرة في النظام.
- ارسم نظامًا إحداثيًا يشير المحور الموجب فيه إلى أعلى.
- ارسم مخطط الحركة مع تحديد v وa.

المعلوم	المجهول
$m = 50.0\ kg$ $v_f = 3.0\ m/s$	$F_T = ?$
$v_i = 0.0\ m/s$ $d = 3.0\ m$	

2 إيجاد المجهول

تمثل $F_{المحصلة}$ مجموع القوة الموجبة للحبل التي تسحب إلى أعلى (F_T) وقوة الوزن السالبة ($-F_g$) التي تسحب إلى أسفل كما هو محدد بالنظام الإحداثي.

$$F_{المحصلة} = F_T + (-F_g)$$

$$F_T = F_{المحصلة} + F_g$$

$$= ma + mg$$

بالتعويض عن $F_g = mg$ ، $F_{المحصلة} = ma$ ◀

v_i وv_f وd معلومة.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}$$

$$= \frac{v_f^2}{2d}$$

بالتعويض عن $v_i = 0.0\ m/s^2$. ◀

$$F_T = ma + mg$$

$$= m\left(\frac{v_f^2}{2d}\right) + mg$$

بالتعويض عن $a = v_f^2 / (2d)$. ◀

$$= (50.0\ kg)\left(\frac{(3.0\ m/s)^2}{2(3.0\ m)}\right) + (50.0\ kg)(9.8\ N/kg)$$

بالتعويض عن $m = 50.0\ kg$، $v_f = 3.0\ m/s$، $d = 3.0\ m$، $g = 9.8\ N/kg$. ◀

$$= 560\ N$$

الحبل معرض للانقطاع نظرًا لأن الشد يتجاوز 525 N.

3 تقييم الإجابة

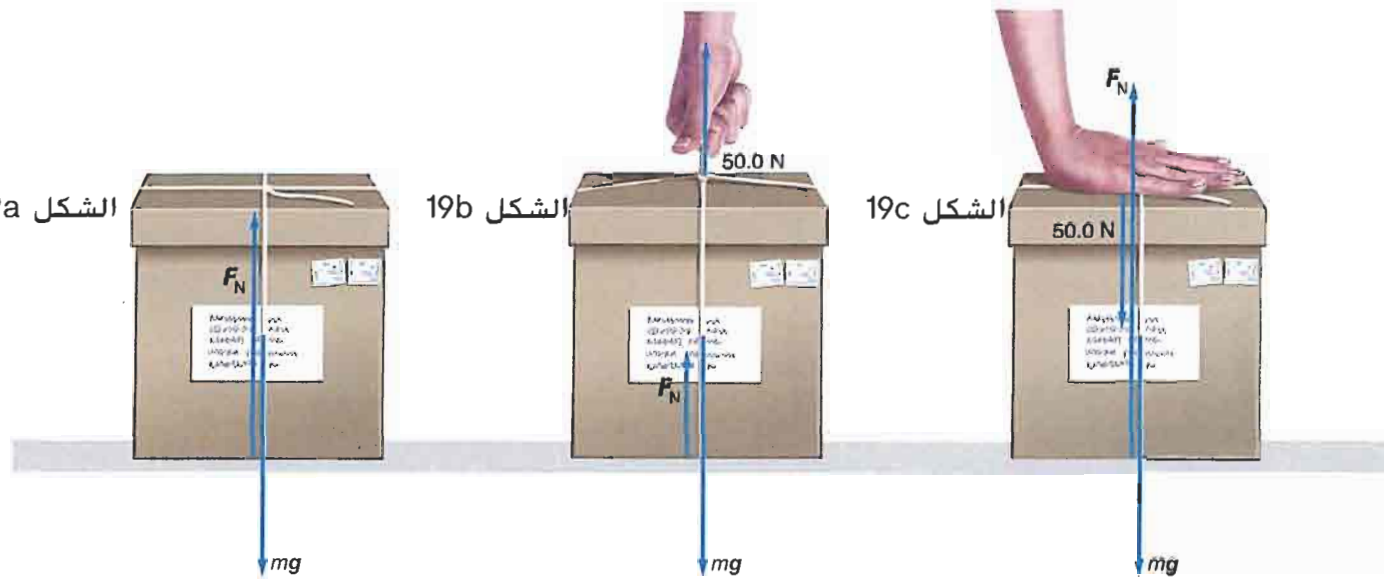
- **هل الوحدات صحيحة؟** يثبت التحليل البُعدي صحة $kg \cdot m/s^2$، وهي N.
- **هل الإشارة منطقية؟** ينبغي أن تكون القوة إلى أعلى موجبة.
- **هل المقدار واقعي؟** يُعد المقدار أكبر بقليل من 490 N، وهو وزن الدلو.
$F_g = mg = (50.0\ kg)(9.8\ N/kg) = 490\ N$

تطبيق

32. يحاول علي ومالك إصلاح إطار في سيارة علي، لكنهما يواجهان صعوبة في فك الإطار. عندما يسحبان معًا في الاتجاه نفسه، مالك بقوة قدرها 23 N وعلي بقوة قدرها 31 N، أمكنهما بالكاد نزع الإطار من العجلة. ما مقدار القوة بين الإطار والدولاب؟

33. مسألة تحفيزية وضعت معدات في دلو بحيث اصبحت كتلته 45Kg فأذا رفع الدلو فوق سطح منزل بواسطة حبل يتحمل شدا لا يتجاوز 450 N، فما أقصى تسارع يمكن أن يكتسبه الدلو أثناء سحبه إلى أعلى السطح؟؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 19 لا تساوي القوة العمودية وزن الجسم دائمًا.

القوة العمودية

عندما يتلامس جسمان في أي وقت، يؤثر كل منهما في الآخر بقوة. فكّر في صندوق مستقر على طاولة. توجد قوة إلى أسفل تؤثر في الصندوق بسبب الجاذبية الأرضية. وأيضًا، توجد قوة إلى أعلى تؤثر بها الطاولة في الصندوق. يجب أن توجد هذه القوة نظرًا لأن الصندوق في حالة توازن. تمثل **القوة العمودية** قوة التلامس المتعامدة التي يؤثر بها سطح ما في سطح آخر.

تكون القوة العمودية متعامدة على مستوى التلامس بين الجسمين دائمًا، لكن هل تساوي وزن الجسم دائمًا؟ يوضح **الشكل 19** ثلاث حالات تتضمن صندوقًا بالوزن نفسه. ماذا لو ربطت خيطًا بالصندوق وسحبته إلى أعلى قليلًا، ولكن ليس بدرجة كافية ليتسارع الصندوق كما هو موضح في الشكل b من **الشكل 19**؟ عندما تطبق القانون الثاني لنيوتن على الصندوق والقوى المؤثرة في الصندوق، نجد أن $F_N + F_{\text{الخيط في الصندوق}} - F_g = ma = 0$ N. ويمكن إعادة ترتيبها لتصبح $F_N = F_g - F_{\text{الخيط في الصندوق}}$.

يمكنك أن تلاحظ أنه في هذه الحالة تكون القوة العمودية التي تؤثر بها الطاولة في الصندوق أقل من وزن الصندوق (F_g). وبالمثل، إذا ضغط على الصندوق الموجود على الطاولة إلى أسفل كما هو موضح في الشكل c من **الشكل 19**، فسوف تكون القوة العمودية أكبر من وزن الصندوق. سيكون إيجاد القوة العمودية مهمًا عند دراسة الاحتكاك بالتفصيل.

الاستقصاء

القانون الثالث لنيوتن ما أزواج التأثير المتبادل بين عربات القطار؟

القسم 3 مراجعة

34. الفكرة الرئيسة أمسك كرة ساكنة في يدك في الهواء كما في **الشكل 20**. حدّد كل قوة تؤثر في الكرة وزوجي التأثير المتبادل.

الشكل 20

35. القوة تخيل أنك تخفض الكرة لأسفل في **الشكل 20** بسرعة متزايدة. هل تتغير أي من القوى أو القوة الأخرى المقابلة لها في زوجي التأثير المتبادل؟ وضح ذلك.

36. الشد يتدلى من السقف ثقل مربوط بحبل عديم الكتلة. ويتم ربط ثقل ثان بالثقل الأول ويتدلى أسفله بقطعة حبل أخرى عديمة الكتلة. إذا كانت كتلة كل ثقل تساوي 5.0 kg، فما الشد في كل حبل؟

37. الشد يتدلى من السقف ثقل مربوط بحبل عديم الكتلة. ويتم ربط ثقل كتلته 3.0 kg بالثقل الأول ويتدلى أسفله بقطعة حبل أخرى مهملة الكتلة. مقدار الشد في الحبل العلوي يساوي 63.0 N. أوجد الشد في الحبل السفلي وكتلة الثقل العلوي.

38. التفكير الناقد توضع ستارة بين فريقي شد الحبل بحيث لا يرى كل فريق الآخر. ربط أحد الفريقين طرف الحبل من جهته بشجرة. إذا سحب الفريق الآخر بقوة قدرها 500 N، فما مقدار الشد في الحبل؟ اشرح.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

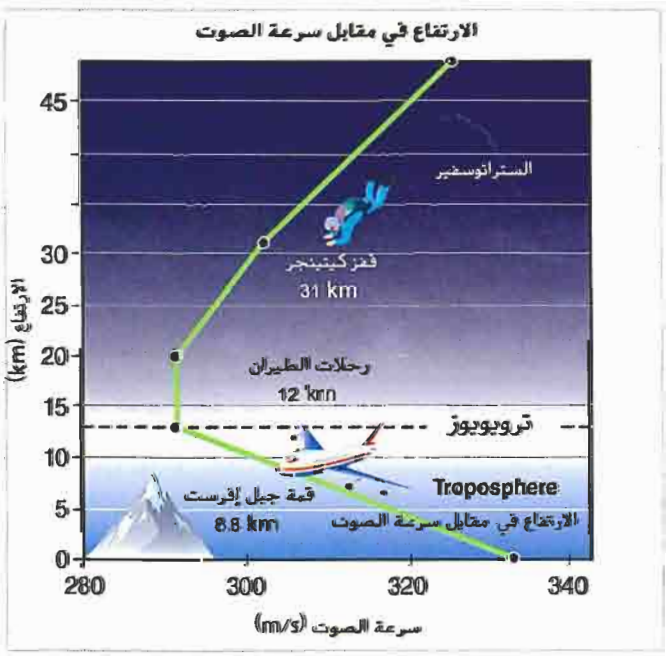
أسرع من الصوت؟

في 16 من أغسطس 1960، صعد جو كيتينجر مسافة 31.3 km في الغلاف الجوي (الستراتوسفير) داخل كبسولة متدلية من منطاد مملوء بالهيليوم...وخرج منها. وسقط لمدة 4 min 36 s ليصل إلى سرعة قدرها 274 m/s قبل فتح مظلته والنزول بأمان بعد 11 min أخرى.

خطوة واحدة صغيرة وصف كيتينجر التجربة فوق الواقعية للخروج لأول مرة من الكبسولة. حيث تملكه شعور بأنه يطفو في الفضاء. ولكن لم يكن ذلك إلا بسبب عدم وجود نقطة مرجعية يمكن لعينيه أن تقيس بها سرعته الفعلية. وكأن يسقط أسرع من أي شخص سقط من قبل في الحقيقة. سجلت القفزة رقمًا قياسيًا لأسرع سقوط حر وأطول سقوط حر وأعلى قفزة مظلية. هيّأت قفزة كيتينجر الساحة للبرامج المعدة على المركبات الفضائية بإثبات أن البشر المزودين بالمعدات المناسبة يمكنهم البقاء على قيد الحياة في الظروف القاسية في هذه الارتفاعات الشاهقة.

السرعة الحدية تحدث السرعة الحدية عندما تساوي القوة المعيقة إلى أعلى قوة الجاذبية إلى أسفل. تتغير السرعة الحدية وفقًا لدرجة الحرارة وكثافة الهواء في ارتفاعات محددة. في القفزة العادية من ارتفاع قدره 3500 m تقريبًا. تكون أسرع سرعة يمكن للاعب القفز الحر تحقيقها 90 m/s تقريبًا (حوالي 200 mph). لكن بسبب كثافة الهواء المنخفضة التي يواجهها لاعب القفز في الارتفاعات الشاهقة. يمكنهم الوصول إلى سرعات قدرها 300 m/s (680 mph) أو أكثر.

السقوط بسرعة أكبر من سرعة الصوت كانت أقصى سرعة سقوط حر لكيتينجر تقدر بـ 274 m/s (614 mph) سريعة بدرجة كافية لاختراق حاجز الصوت. ولا تعد سرعة الصوت في الهواء ثابتة. بل إنها تعتمد على درجة حرارة الهواء في الارتفاع المحدد. عند سطح البحر. حيث تكون درجة الحرارة 15°C تقريبًا. ينتقل الصوت بسرعة 340 m/s. **توضح الشكل 1** أنه في الارتفاعات الشاهقة. حيث يكون الهواء أقل كثافة وأكثر برودة. ينتقل الصوت ببطء أكبر. يمثل تجاوز سرعة الصوت أثناء السقوط الحر أحد أهداف من يحاولون تحطيم الرقم القياسي الذي حققه كيتينجر.



الشكل 1 تتغير سرعة الصوت مع الارتفاع بسبب التغيرات في درجة حرارة الهواء وكثافته. تحمي البدل المشابهة لما يرتديه رواد الفضاء لاعبي القفز الحر المثير الذين يحاولون تجاوز حاجز الصوت أثناء السقوط الحر.

لمزيد من التعمق <<<

البحث مشاركة العقيد كيتينجر في مشروع إكسيلسيور ومشروع مانهاي. يُعد مشروع إكسيلسيور مثيرًا للاهتمام بصفة خاصة بسبب المشكلات الفنية أثناء القفزات التي تمت في المرحلة الأولى والثالثة من هذا المشروع.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4 دليل الدراسة

الفكرة **الرئيسة** تسبب القوى المحصلة تغييرات في الحركة.

القسم 1 القوة والحركة

المفردات

- القوة force
- النظام system
- مخطط الجسم الحر free-body diagram
- القوة المحصلة net force
- القانون الثاني لنيوتن Newton's second law
- القانون الأول لنيوتن Newton's first law
- القصور الذاتي inertia
- الاتزان equilibrium

الفكرة الرئيسة تكون القوة إما دفعًا أو سحبًا.

- تكون القوة إما دفعًا أو سحبًا. القوة لها اتجاه ومقدار. وتكون إما قوة تلامس أو قوة مجال.
- ينص القانون الثاني لنيوتن على أن تسارع النظام يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه مقسومة على كتلته.

$$a = \frac{F_{net}}{m}$$

- ينص القانون الأول لنيوتن على أنه يظل الجسم الساكن ساكنًا ويظل الجسم المتحرك متحركًا في خط مستقيم بسرعة ثابتة، فقط إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في ذلك الجسم تساوي صفرًا. الجسم الذي تؤثر فيه قوة محصلة تساوي صفرًا يكون في وضع اتزان.

القسم 2 الوزن والقوة المعيقة

المفردات

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

الفكرة الرئيسة يمكن استخدام القانون الثاني لنيوتن لتوضيح حركة الأجسام الساقطة.

- يعتمد وزن الجسم (F_g) على كتلته ومجال الجاذبية في موقع الجسم.

$$F_g = mg$$

- الوزن الظاهري لجسم ما يساوي مقدار قوة الدعم المؤثرة فيه. الجسم الذي ليس له وزن ظاهري يمر بحالة انعدام الوزن.
- يصل الجسم الساقط إلى سرعة متجهة ثابتة عندما تتساوى القوة المعيقة مع وزن الجسم. تسمى السرعة المتجهة الثابتة السرعة الحدية. تُحدد القوة المعيقة المؤثرة في جسم ما بحسب وزن الجسم وحجمه وشكله بالإضافة إلى المائع الذي يتحرك عبره.

القسم 3 القانون الثالث لنيوتن

المفردات

- أزواج التأثير المتبادل interaction pair
- القانون الثالث لنيوتن Newton's third law
- الشد
- القوة العمودية normal force

الفكرة الرئيسة توجد كل القوى في W أزواج تأثير متبادل.

- ينص القانون الثالث لنيوتن على أن القوتين اللتين تشكلان زوجي تأثير متبادل متساويتان في المقدار ولكنهما متضادتان في الاتجاه وتؤثران على جسمين مختلفين. في زوجي التأثير المتبادل، $F_{B \text{ في } A}$ لا يتسبب في $F_{A \text{ في } B}$. توجد القوتان معًا أو لا توجدان على الإطلاق.

$$F_{A \text{ في } B} = -F_{B \text{ في } A}$$

- القوة العمودية قوة دعم ناتجة عن التلامس بين جسمين. ودائمًا ما تكون متعامدة على سطح التلامس بين الجسمين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4 التقويم

القسم 1 القوة والحركة

إتقان المفاهيم

39. الفكرة الرئيسة عندما تركل كرة قدم عبر ملعب. فإنها تبطئ من حركتها حتى تتوقف. وعندما تطلب من أخيك الأصغر أن يشرح ماذا حدث للكرة. يقول: "انتقلت قوة قدمك إلى الكرة، مما جعلها تتحرك. عندما نفدت تلك القوة، توقفت الكرة". هل يتوافق هذا الشرح مع نيوتن؟ إذا لم يكن كذلك، ففسر كيف تشرح قوانين نيوتن هذا الأمر.

40. ركوب الدراجات تخيل أنك تركب دراجة ذات سرعة واحدة. لماذا يتعين عليك الدفع بقوة على الدواسات لتبدأ الدراجة في التحرك أكبر من القوة اللازمة لكي تظل تتحرك بسرعة متجهة ثابتة؟

إتقان حل المسائل

41. ما القوة المحصلة المؤثرة في كرة كتلتها 1.0 kg تتحرك بسرعة متجهة ثابتة؟

42. التزلج تمارس جميلة ووفاء رياضة التزلج. تدفع جميلة وفاء، البالغة كتلتها 40.0 kg، بقوة 5.0 N. ما التسارع الناتج الذي تكتسبه وفاء؟

43. تتباطأ سيارة كتلتها 2300 kg بمعدل $3.0\ m/s^2$ عندما تقترب من لوحة توقف. ما مقدار القوة المحصلة التي تتسبب في إبطائها؟

44. كسر عظمة الترقوة بعد عيد الأضحى، يستخدم راشد وعثمان عظمة ترقوة خروف الأضحية كلعبة. إذا سحبها راشد بقوة أكبر من القوة التي يسحبها بها عثمان في الاتجاه المعاكس بمقدار 0.17 N وكانت كتلة العظمة 13 g، فما هو التسارع العظمة؟

48. قبل أن تفتح لاعبة القفز الحر مظلة الهبوط قد تسقط بسرعة متجهة أكبر من السرعة الحدية التي ستسقط بها بعد فتح مظلة الهبوط.

a. صف ما يحدث لسرعتها المتجهة عندما تفتح مظلة الهبوط.

b. صف السرعة المتجهة للاعبة القفز الحر منذ أن تفتح مظلتها حتى تصبح على وشك الهبوط.

49. تم إسقاط ثلاثة أجسام في وقتٍ واحد من أعلى مبنى مرتفع: كرة حديدية وبالون مملوء بالهواء وكرة سلة.

a. رتب الأجسام بترتيب وصولها إلى السرعة الحدية من الأول حتى الأخير.

b. رتب الأجسام بترتيب وصولها إلى الأرض من الأول حتى الأخير.

c. ما العلاقة بين إجابتيك عن الفرعين a وb.

إتقان حل المسائل

50. ما وزنك بالنيوتن؟

51. ترفع مروحية إنقاذ شخصين باستخدام رافعة وحلقة إنقاذ كما هو موضح في **الشكل 21**.

a. بإمكان الرافعة بذل قوة بمقدار 2000 N. ما أقصى كتلة يمكنها رفعها؟

b. إذا كانت الرافعة ترفع بقوة مقدارها 1200 N، فما تسارع المنقذ والضحية؟ ارسم مخطط الجسم الحر للأشخاص الذين يتم رفعهم.

c. باستخدام التسارع من الفرع b. ما الزمن المستغرق لسحب الأشخاص إلى المروحية؟ افترض أن الأشخاص كانوا في وضع السكون في البداية.

القسم 2 الوزن والقوة المعيقة

إتقان المفاهيم

45. افترض أن تسارع جسم ما يساوي صفرًا. هل يعني هذا أنه لا توجد قوى مؤثرة في الجسم؟ اذكر مثالًا باستخدام موقف يومي لدعم إجابتك.

46. كرة السلة عندما يقوم لاعب كرة السلة تثبيت الكرة، فإنها تسقط على الأرض وترتد إلى أعلى. هل يلزم وجود قوة لجعلها ترتد؟ ولماذا؟ وإذا كانت القوة ضرورية، فما العامل المتدخل في ذلك؟

47. عربة تؤثر فيها قوة محصلة أفقية في اتجاه اليمين. يقول عمر، إنها يجب أن تتحرك إلى اليمين. ويقول أمير، لا، قد تتحرك في أي من الاتجاهين. هل كلاهما صحيح؟ وإذا كان الأمر كذلك، فاشرح السرعة المتجهة للعربة وتسارعها (إن وجد) وصفهما.

الشكل 21

Military Collection/Alamy Stock photo
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

52. وضع ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف عليه كتلته 53 kg وذلك في الحالات الآتية:

a. يتحرك المصعد إلى أعلى بسرعة ثابتة.

b. تتباطأ سرعة المصعد بمقدار $2.0\ m/s^2$ أثناء التحرك إلى أعلى.

c. يتسارع المصعد بمعدل $2.0\ m/s^2$ أثناء التحرك إلى أسفل.

d. يتحرك المصعد إلى أسفل بسرعة ثابتة.

e. تتباطأ سرعة المصعد حتى يتوقف أثناء التحرك إلى أسفل بتسارع ثابت بمقدار $2.5\ m/s^2$.

53. علم الفلك على سطح عطارد، يبلغ مجال الجاذبية 0.38 مرة بالنسبة إلى الجاذبية الأرضية.

a. كم تزن كتلة مقدارها 6.0 kg على عطارد؟

b. إذا كان مجال الجاذبية فوق سطح بلوتو يساوي 0.08 مرة بالنسبة إلى مجال الجاذبية فوق عطارد، فكم تزن كتلة مقدارها 7.0 kg فوق بلوتو؟

54. يقفز غواص كتلته 65 kg من أعلى برج يبلغ ارتفاعه 10.0 m. بفرض تجاهل مقاومة الهواء.

a. أوجد السرعة المتجهة للغواص عند اصطدامه بالماء.

b. إذا توقف الغواص على عمق 2.0 m تحت سطح الماء. فأوجد القوة المحصلة التي يؤثر بها الماء.

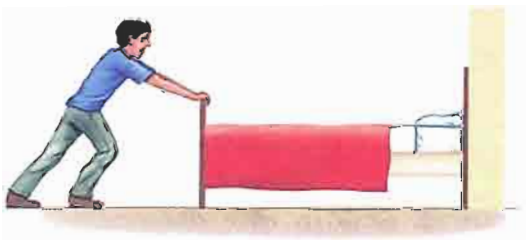
القسم 3 القانون الثالث لنيوتن

إتقان المفاهيم

55. عندما تسقط صخرة من أعلى جسر. تجذب الأرض الصخرة وتكسبها تسارعًا إلى أسفل. وفقًا لالقانون الثالث لنيوتن، تجذب الصخرة أيضًا الأرض ولكن لا يبدو أن الأرض تتسارع. اشرح.

56. اشرح لماذا يكون الشد في حبل عديم الكتلة ثابتًا في جميع أجزاء الحبل.

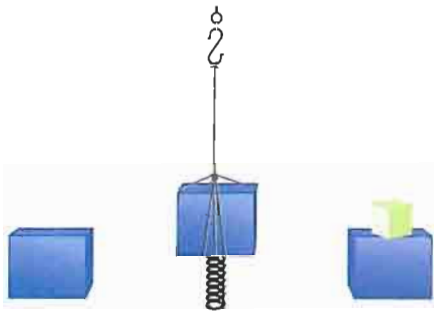
57. يدفع رامي السرير كما هو موضح في **الشكل 22**. ارسم مخطط الجسم الحر للسرير وحدد كل القوى المؤثرة فيه. اكتب قائمة منفصلة بكل القوى التي يؤثر بها السرير في الأجسام الأخرى.



الشكل 22

58. كرة البيسبول يهز اللاعب المضرب ويضرب كرة البيسبول. ارسم مخطط الجسم الحر لكرة البيسبول والمضرب في لحظة تلامسهما. وضح على نحو محدد أي أزواج تفاعل بين الرسمين.

59. مهمة الترتيب يبين **الشكل 23** ثقل في ثلاثة مواقف مختلفة. رتبها وفقًا لمقدار القوة العمودية بين الثقل (أو الزنبرك) والأرض، من الأكبر الأصغر. وضح أي روابط على وجه التحديد.



الشكل 23

إتقان حل المسائل

60. يستقر ثقل كتلته 6.0 kg فوق ثقل كتلته 7.0 kg، مستقر على طاولة أفقية.

a. ما القوة (المقدار والاتجاه) التي يؤثر بها الثقل الذي تبلغ كتلته 7.0 kg في الثقل الذي تبلغ كتلته 6.0 kg؟

b. ما القوة (المقدار والاتجاه) التي يؤثر بها ثقل كتلته 6.0 kg في ثقل كتلته 7.0 kg؟

61. المطر تسقط قطرة مطر كتلتها 2.45 mg على الأرض. أثناء سقوطها، ما مقدار القوة التي تؤثر بها في الأرض؟

62. يمكن لذكور الأسود والعدائين من البشر التسارع بمقدار $10.0\ m/s^2$. إذا كانت كتلة الأسد المتوسط 170 kg وكتلة العداء المتوسط 75 kg، فما الفرق في القوة التي تؤثر بها الأرض أثناء السباق بين هذين النوعين؟ (يجب حساب القوة للأمام والقوة العمودية).

63. تتسارع مروحية كتلتها 4500 kg إلى أعلى بمقدار $2.0\ m/s^2$. ما قوة الرفع التي يؤثر بها الهواء في المروحة؟

64. تتكدس ثلاث كتل فوق بعضها. تبلغ كتلة الكتلة العلوية 4.6 kg والوسطى 1.2 kg والسفلية 3.7 kg. حدد أي قوى عمودية بين الأجسام واحسبها.

تطبيق المفاهيم

65. إصابة الرقبة إذا كنت في سيارة تعرضت لضربة من الخلف، فقد تُصاب بإصابة خطيرة في الرقبة.

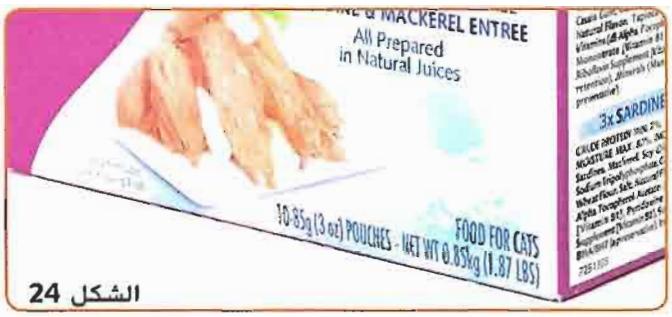
a. باستخدام قوانين نيوتن، اشرح سبب هذة الإصابة.

b. كيف يقلل مسند الرأس من إصابة الرقبة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

66. عندما تنظر إلى ملصق المنتج في **الشكل 24** لتحصل على فكرة عن مقدار ما تحتويه العلبة، هل يدلك الملصق على الكتلة أم الوزن أم كليهما؟ هل تحتاج إلى إجراء أي تغييرات على هذا الملصق ليكون مناسبًا لاستهلاكه على القمر؟



الشكل 24

67. أسقطت كرتا تنس طاولة إحداهما ممتلئة بالهواء والأخرى بالماء من أعلى مبنى مرتفع. وتتعرض كلتاهما لمقاومة الهواء أثناء السقوط. أيّ من الكرتين تصل إلى السرعة الحدية أولًا؟ هل تصطدم كلتاهما بالأرض في الوقت ذاته؟

68. يمكن أن نقول إن 1 kg يساوي 2.21 lb. ماذا تعني هذه العبارة؟ وما الطريقة الصحيحة لإجراء المقارنة؟

69. عندما ترمي كرة في خط مستقيم إلى أعلى في الهواء. بفرض تجاهل مقاومة الهواء.

a. ارسم مخطط الجسم الحر للكرة عند ثلاث نقاط: في طريقها إلى أعلى وعند أعلى نقطة وفي طريقها إلى أسفل. حدد على المخطط القوى والعوامل المؤثرة في الكرة.

b. ما السرعة المتجهة للكرة عند أعلى نقطة في حركتها؟

c. ما تسارع الكرة عند هذه النقطة؟

70. عند تلقي تمريرة في مباراة كرة السلة، لا يثبت اللاعب يديه ولكنه يحركهما في اتجاه حركة الكرة. اشرح من حيث التسارع والقانون الثاني لنيوتن لماذا يحرك اللاعب يديه بهذه الطريقة؟

مراجعة عامة

71. أكملت سيارة سباق شوطًا بمسافة 402.3 m (0.2500 mi) في 5.023 s. إذا كانت السيارة تسير بتسارع ثابت، فكم كان تسارعها وسرعتها المتجهة النهائية؟

72. محطة فضاء يزن باسل 588 N على الأرض ولكنه عديم الوزن حاليًا في محطة فضاء. إذا كان يدفع الحائط بتسارع رأسي مقداره $3.00\ m/s^2$. فحدد القوة التي يبذلها الحائط أثناء دفعه إياه.

73. طائرة نفاثة تستعد طائرة نفاثة تزن $2.75\times10^6\ N$ للإقلاع. إذا كان محرك الطائرة النفاثة يوفر قوة ثابتة نحو الأمام بمقدار $6.35\times10^6\ N$، فكم المسافة التي تحتاج إليها على مدرج الطيران لتصل إلى أدنى سرعة إقلاع لها بمقدار 285 km/h؟

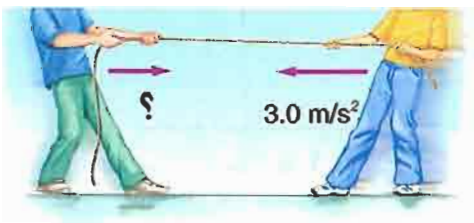
74. سيارة سباق انطلقت سيارة سباق كتلتها 873 kg من وضع السكون ووصلت سرعتها إلى 26.3 m/s خلال 0.59 s.

a. أوجد متوسّط تسارع سيّارة السباق.

b. ما مقدار متوسّط القوّة المحصّلة المؤثّرة في سيّارة السباق خلال هذا الزمن؟

c. ما القوّة الأفقيّة التي يؤثّر فيها المقعد على السائق إذا كانت كتلة السائق 68 kg؟

75. قطعت سيارة السباق في السؤال السابق مسافة 402.3 m خلال 4.936 s. وكان سرعتها عندما قطعت خطّ النهاية 126.6 m/s. هل فرضيّة التسارع الثابت صحيحة؟ ما المعلومات الضروريّة لتحديد ما إذا كانت التسارع ثابتًا؟



الشكل 25

76. افترض أن هناك صبيين كتلة أحدهما 65 kg والآخر 45 kg يستخدمان حبلًا عديم الكتلة في لعبة شد الحبل على سطح جليدي عديم الاحتكاك كما في **الشكل 25**. إذا كان تسارع الصبي ناحية اليمين تجاه الآخر يساوي $3{,}0 m/s^2$، فأوجد مقدار واتجاه تسارع الصبي ناحية اليمين.

77. كرة البيسبول أثناء التقاط كرة البيسبول، تتغير سرعتها من 30.0 m/s إلى 0.0 m/s في 0.0050 s تقريبًا. تبلغ كتلة كرة البيسبول 0.145 kg.

a. ما تسارع كرة البيسبول؟

b. ما مقدار واتجاه القوة المؤثرة فيها؟

c. ما مقدار واتجاه القوة المؤثرة في اللاعب الذي التقطها؟

78. تتسارع سيارة بانتظام من 0 إلى 24 m/s في 6.0 s. إذا كانت كتلة السيارة تبلغ $2.0\times10^3\ kg$، فما القوة التي تؤدي إلى تسارعها؟

79. الهوكي الهوائي تعمل طاولة الهوكي الهوائي عن طريق ضخ الهواء خلال آلاف الفتحات الدقيقة في الطاولة لدعم أقراص لعبة الهوكي الخفيفة. وهذا يسمح للأقراص بالتحرك على وسائد الهواء مع مقاومة ضئيلة للغاية. كتلة أحد هذه الأقراص 0.25 kg ويتم دفعه بقوة 12.0 N لمدة 0.90 s.

a. ما تسارع القرص؟

b. ما السرعة المتجهة النهائية للقرص؟

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

80. بالون الرصد الجوي الأدوات المعلقة في بالون الرصد الجوي في **الشكل 26** تبلغ كتلتها 8.0 kg. يتم إطلاق البالون ويبذل قوة نحو الأعلى تبلغ 98 N على الأدوات.

a. كم يبلغ تسارع البالون والأدوات؟

b. بعد تسارع البالون لمدة 10.0 s، يتم إطلاق الأدوات. كم تبلغ السرعة المتجهة للأدوات وقت إطلاقها؟

c. ما القوة المحصلة المؤثرة في الأدوات بعد إطلاقها؟

d. متى يصبح اتجاه السرعة المتجهة للأدوات لأسفل للمرة الأولى؟

الشكل 26

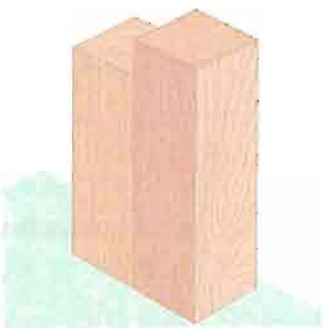
81. عندما تؤثر قوة أفقية مقدارها 4.5 N في ثقل فوق سطح عديم المقاومة، فإنها تؤدي إلى تسارع بمعدل $2.5\ m/s^2$. افترض أنه تم إسقاط ثقل آخر كتلته 4.0 kg على الثقل الأول. فما مقدار التسارع للثقلين إذا استمرت القوة نفسها في التأثير؟ مع افتراض أن الثقل الثاني لا ينزلق فوق الأول.

82. يعرض **الشكل 27** كتلتين، تبلغ كتلتاهما 4.3 kg و 5.4 kg. ويتم دفعهما على سطح عديم الاحتكاك بقوة أفقية تبلغ 22.5 N تؤثر في الكتلة البالغة كتلتها 4.3 kg.

a. ما مقدار تسارع الكتلتين؟

b. ما مقدار قوة الكتلة البالغة 4.3 kg على الكتلة البالغة 5.4kg؟

c. ما مقدار قوة الكتلة البالغة 5.4 kg على الكتلة البالغة 4.3kg؟



الشكل 27

83. يقف طالب على ميزان منزلي في مصعد في وضع السكون في الطابق 64 في أحد المباني. كانت قراءة الميزان 836 N.

a. أثناء تحرك المصعد إلى أعلى، تزيد قراءة الميزان لتصل إلى 936 N. أوجد تسارع المصعد.

b. أثناء اقتراب المصعد من الطابق 74، تنخفض قراءة الميزان لتصل إلى 782 N. فما مقدار تسارع المصعد؟

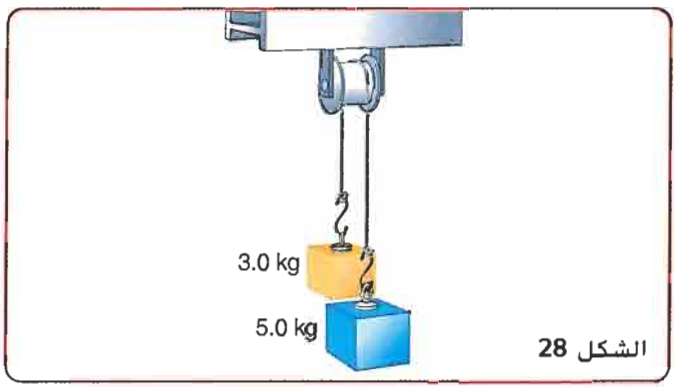
c. باستخدام النتائج التي حصلت عليها من الفرعين **a.** و**b.** اشرح أي تغير في السرعة المتجهة، البدء أو التوقف، يستغرق وقتًا أطول.

84. ثقلان، كتلة أحدهما 5.0 kg وكتلة الأخرى 3.0 kg، مربوطتان معًا بحبل عديم الكتلة كما في **الشكل 28**. وهذا الحبل مربوط على بكرة عديمة الكتلة وعديمة المقاومة. يتم إطلاق الثقلين من وضع السكون. أوجد ما يلي:

a. الشد في الحبل

b. تسارع الثقلين

تلميح: ستحتاج إلى حل معادلتين معًا.



الشكل 28

التفكير الناقد

85. مسألة عكسية اكتب مسألة فيزيائية تتضمن أجسامًا من الحياة اليومية تكون المعادلة التالية جزءًا من حلها:

$$F = (23\ kg)(1.8\ m/s^2)$$

86. صياغة النماذج كتلة مقدارها m_a = 2.0 kg وكتلة مقدارها m_b = 3.0 kg متصلتان بسلك خفيف الوزن يمر فوق بكرة عديمة الاحتكاك. تغير البكرة اتجاه القوة التي يبذلها الحبل فقط. والكتلتان المعلقتان حرتا الحركة. اختر نظامين إحداثيين للكتلتين على أن يكون الاتجاه الموجب لأعلى بالنسبة إلى الكتلة m_a. ولأسفل بالنسبة إلى الكتلة m_b.

a. ارسم مخطط القوى المؤثر على كل من الجسمين وحدد اتجاه الحركة.

b. ما مقدار تسارع الكتلة الأصغر؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجداول المرجعية

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

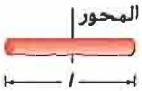
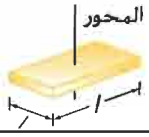
ثوابت فيزيائية

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}
بيتا	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

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}

سرعة الصوت في أوساط متنوعة	
الوسط (°C0)	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

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

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

الجداول المرجعية

بيانات النظام الشمسي

	عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ	المشترى	زحل	أورانوس	نبتون
الكتلة (10^{24}×kg)	0.330	4.87	5.97	0.642	1899	569	86.8	102
متوسط نصف القطر (10^{6}×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}×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

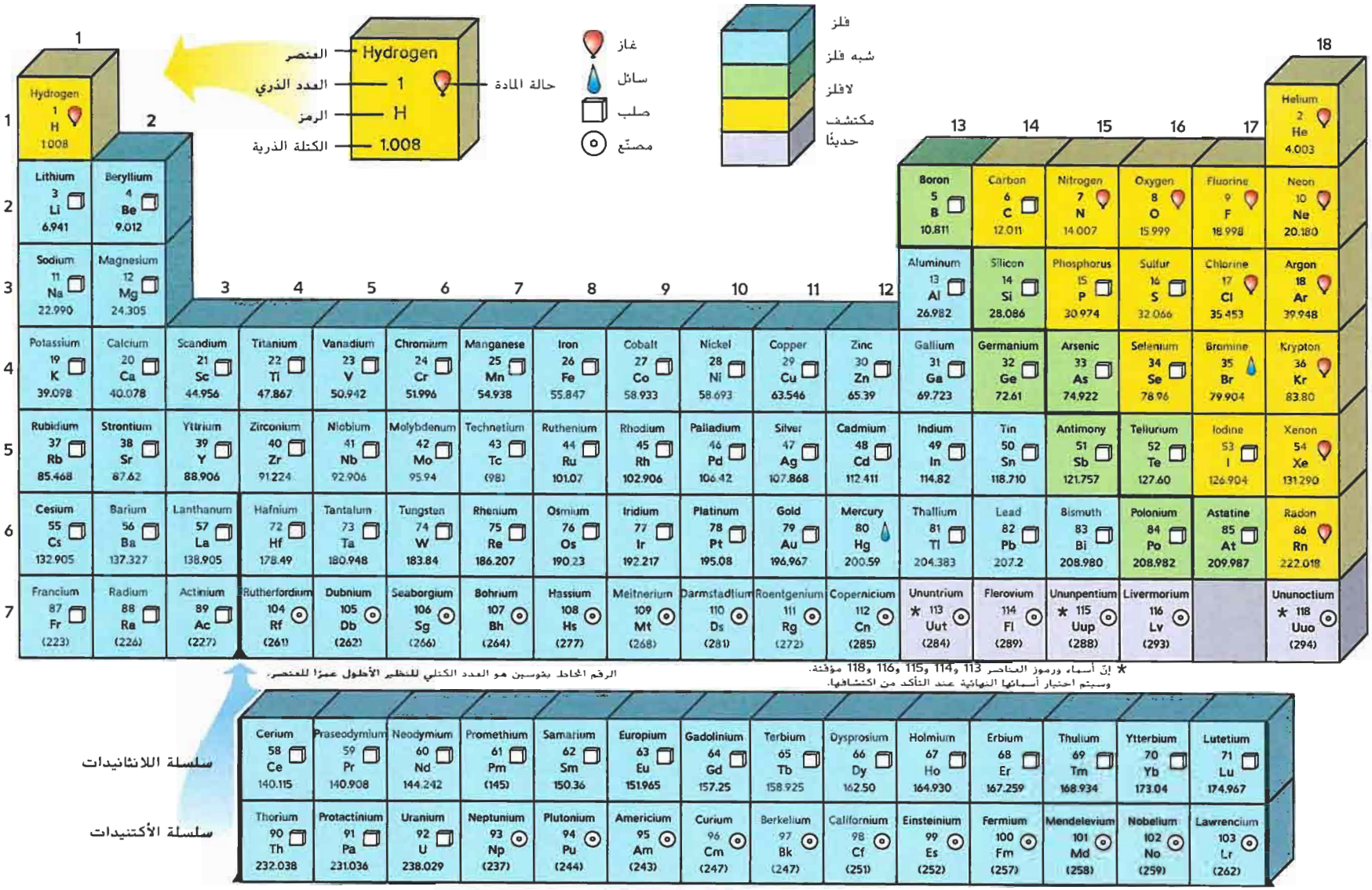
الكتلة	0.073×10^{24} kg
نصف القطر الاستوائي	1738 km
متوسط الكثافة	$3340\ kg/m^3$
الوضاءة	0.11
متوسط المسافة من الأرض	384×10^{3} km
مدة الدورة المدارية	27.3 يومًا من أيام الأرض
الدورة الاقترانية (القمرية)	29.53 يومًا من أيام الأرض
الميل المداري	5.1°
الانحراف المداري	0.055
فترة دوران القمر حول محوره	655.7 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

الجداول المرجعية

الجدول الدوري للعناصر



حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجداول المرجعية

العناصر

العنصر	الرمز	العدد الذري	الكتلة الذرية	العنصر	الرمز	العدد الذري	الكتلة الذرية
الأكتينيوم	Ac	89	(227)	الموليبديوم	Mo	42	95.96
الألمنيوم	Al	13	26.982	النيوديميوم	Nd	60	144.24
الأمريسيوم	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
الإيريديوم	Ir	77	192.217	اليورانيوم	U	92	238.029
الحديد	Fe	26	55.847	الفاناديوم	V	23	50.942
الكريبتون	Kr	36	83.798	الزينون	Xe	54	131.293
اللانثانوم	La	57	138.906	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).

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

شكر و تقدير

نسخة الطلاب

vii McGraw-Hill Education; x Glow Images; xi Roberto Caucino/Shutterstock.com; xii ©Westend61/SuperStock; xiii NASA GSFC image by Robert Simmon and Reto Stöckli; xviii (t)Fuse/Getty Images, (b)Jiro Mochizuki/Image of Sport/Newscom; xix (tr)I Dream Stock/SuperStock, (tr)Heinz Hemken/iStock/Getty Images, (tr)xiaoke ma/Getty Images, (tr)Casey Lee/E+/Getty Images, (tr)Howard Lipin/ZUMApress/Newscom, (cl)Ken Karp/McGraw-Hill Education, (cl)Ryan McVay/Getty Images, (cl) C Squared Studios/Getty Images, (cl) Richard Hutchings/Digital Light Source, (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, (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; 002-003 Image Source/SuperStock; 4 (t)manjik/Shutterstock.com, (b) VICTOR ROJAS/CHINE NOUVELLE/SIPA/Newscom; 6 hxdbzxy/123RF; 8 Angelo Giampiccolo/Shutterstock.com; 10 Digital Vision/Getty Images; 11 ©SOTK2011/Alamy; 12 Hutchings Photography/Digital Light Source; 14 (t)Stockbyte/Getty Images, (b)RIEGER Bertrand/hemis/age fotostock; 16 (t)McGraw-Hill Education, (bl)Hutchings Photography/Digital Light Source, (br)Hutchings Photography/Digital Light Source; 17 TED S. WARREN/AP Images; 23 ©Image Source/Alamy; 24 Howard Lipin/ZUMApress/Newscom, (t) Casey Lee/E+/Getty Images, (c)xiaoke ma/Getty Images, (br)Heinz Hemken/iStock/Getty Images, (bkgd)I Dream Stock/SuperStock; 27 McGraw-Hill Education; 29 Laura Sifferlin; 30 ©Steve Allen/Alamy; 032-033 John Giustina/Photodisc/Getty Images; 34 (t)Creativity+ Timothy K. Hamilton/Getty Images, (b) CK Ma/Shutterstock.com; 35 ninikas/Shutterstock.com; 36 ninikas/Shutterstock.com; 37 Oleksiy Maksymenko/age fotostock; 41 Gerard Hermand/Getty Images; 43 Roberto Caucino/Shutterstock.com; 46 IT Stock Free/Alamy; 49 Jiro Mochizuki/Image of Sport/Newscom; 52 (l to r - t to b)Ken Karp/McGraw-Hill Education, (2)Ryan McVay/Getty Images, (3)Stockbyte/Getty Images, (4)C Squared Studios/Getty Images, (5)©Ingram Publishing/Alamy, (6)Image Source/Alamy, (7)McGraw-Hill Education, (8)Dmitry Naumov/Shutterstock.com, (9)Dja65/Shutterstock.com, (10)Darren Pullman/Shutterstock.com, (11)Hutchings Photography/Digital Light Source, (12)C Squared Studios/Getty Images, (13)Ryan McVay/Getty Images; 058-059 Glow Images; 60 Andrew Barker/Shutterstock.com; 68 Judith Bicking/Alamy; 71 Patrick Behar/Vandystadt/Science Source; 75 Purestock/SuperStock; 76 McGraw-Hill Education; 78 ©Herbert Kehrer/Bridge/Corbis; 80 (l)Bill Aron/Science Source, (c)Oleksiy Maksymenko/age fotostock, (r)Robert Harding Picture Library/age fotostock; 84 McGraw-Hill Education; 85 Glow Images; 088-089 James Lauritz/Digital Vision/Getty Images; 90 Fuse/Getty Images; 94 Hutchings Photography/Digital Light Source; 95 Hutchings Photography/Digital Light Source; 96 Stefan Wackerhagen/Image Broker/Alamy; 98 Matt Meadows/McGraw-Hill Education; 99 (l)Joggie Botma/Alamy, (r)C Squared Studios/Getty Images; 100 Dynamic Graphics/SuperStock; 104 U.S. Air Force photo by Tech. Sgt. James L. Harper Jr.; 106 (t)ProStockStudio/Shutterstock.com, (b)Ken Karp/McGraw-Hill Education; 109 ©Westend61/SuperStock; 112 Military Collection/Alamy Stock Photo, (inset) Military Collection/Alamy Stock Photo; 114 US Coast Guard Photo/Alamy; 116 McGraw-Hill Education; R-0 Photodisc/Getty Images..