الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

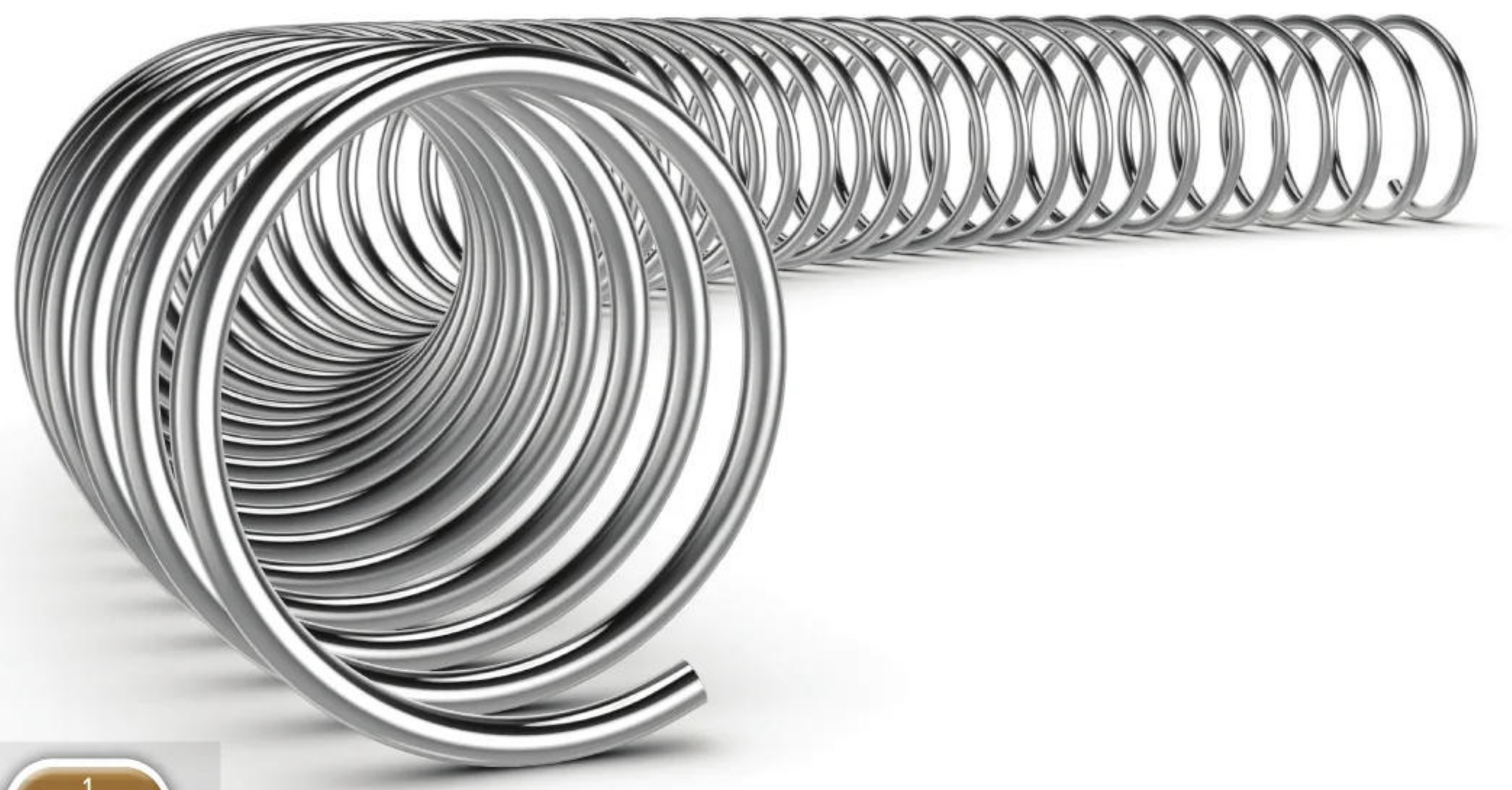
عام المجتمع
YEAR OF COMMUNITY

نحن الإمارات
WE THE UAE 2031

2025-2026

العلوم المتكاملة

نسخة الإمارات العربية المتحدة



الصف 9 عام

Mc Graw Hill

McGraw-Hill Education

العلوم المتكاملة

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للصف 9

Project: McGraw-Hill Education United Arab Emirates Edition Grade 9 General

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

1. A Physics Toolkit, Chapter 1, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

2. Representing Motion, Chapter 2, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

3. Accelerated Motion, Chapter 3, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

4. Forces in One Dimension, Chapter 4, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

5. Displacement and Force in Two Dimensions, Chapter 5, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

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

7. Vibrations and Waves, Chapter 14, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

8. Solids, Liquids, and Gases, Chapter 14, from Physical Science ©2017

9. Matter—Properties and Changes, Chapter 3, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017

mheducation.com/prek-12

جميع الحقوق محفوظة © للعام 2025 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: 978-1-39-896271-2 (نسخة الطالب)
MHID: 1-39-896271-6 (نسخة الطالب)

النسخة الإلكترونية

رقم النشر الدولي: 978-1-39-896355-9 (نسخة الطالب)
MHID: 1-39-896355-0 (نسخة الطالب)

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

موجز المحتويات

1 مدخل إلى علم الفيزياء
2 تمثيل الحركة
3 الحركة المتسارعة
4 القوى في بُعد واحد
5 الإزاحة والقوة في بُعدين
6 الشغل والطاقة والآلات
7 الاهتزازات والموجات
8 المواد الصلبة والسائلة والغازية
9 المادة – الخواص والتغيرات

يتم تعريف المحتوى على تطبيق التعلم الذكي

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

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
الفيزياء إنه شيء ممتع! الرسوم المتحركة 24

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

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 متجهات
متجهات السرعة المتجهة
مختبرات الفيزياء مخططات الحركة
السرعة الثابتة
قياس السرعة المتجهة

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 3

الحركة المتسارعة 58

القسم 1 التسارع 60
القسم 2 الحركة بتسارع ثابت 68
القسم 3 السقوط الحر 75
الفيزياء إنه شيء ممتع! ألعاب الإثارة بمدينة الملاهي 80

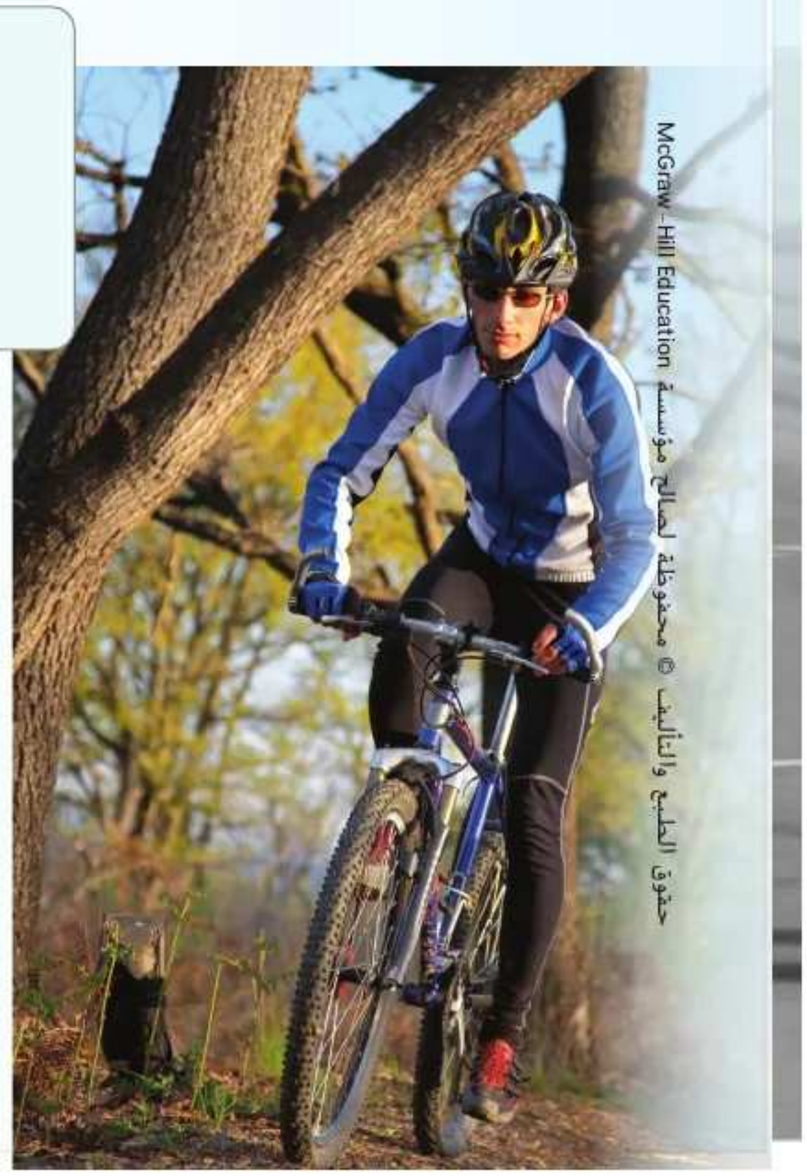
تجربة استهلالية الرسم البياني للحركة
تجارب مصغرة سباق الكرة الفولاذية
السقوط الحر
مختبرات الفيزياء التسارع
حركة الكرة المقذوفة
قياس التسارع
تسارع السقوط الحر

الوحدة 4

القوى في بُعد واحد 88

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

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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

الوحدة 5

الإزاحة والقوة في بُعدين 120

القسم 1 المتجهات 122
القسم 2 الاحتكاك 130
القسم 3 القوى في بُعدين 136
أثناء العمل المجازفة 142

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

الوحدة 6

الشغل والطاقة والآلات 150

القسم 1 الشغل والطاقة 152
القسم 2 الآلات 162
نظرة عن كثب الأطراف الاصطناعية 170

تجربة استهلالية الطاقة والسقوط
تجارب مصغرة القوة المطبقة بزاوية
العجلة والمحور
مختبرات الفيزياء صعود السلالم والقدرة
الرفع باستخدام البكرات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 7

الاهتزازات والموجات 178
القسم 1 الحركة الدورية 180
القسم 2 خصائص الموجات 186
القسم 3 سلوك الموجات 192
كيف تعمل؟ المباني المقاومة للزلازل 198

تجربة استهلالية تفاعل الموجات
تجارب مصغرة انعكاس الموجة
تفاعل الموجات
مختبرات الفيزياء اهتزازات البندول
التداخل والحيود
الانعكاس والانكسار

الوحدة 8

المواد الصلبة والسائلة والغازية 206
القسم 1 المادة والطاقة الحرارية 208
القسم 2 خصائص الموائع 217
القسم 3 سلوك الغازات 223

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

الوحدة 9

المادة – الخواص والتغيرات **236**

القسم 1 خصائص المادة **238**
القسم 2 التغيرات فى المادة **244**
القسم 3 المخاليط **248**
القسم 4 العناصر والمركبات **252**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

موارد الطالب

دليل الألوان RH-1

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

التجربة الاستهلالية

الكتلة والأجسام الساقطة

هل تؤثر كتلة الجسم في معدل سقوطه؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Pearson Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From: A Physics Toolkit, Chapter 1, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

القسم 1 المنهج العلمي

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.

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

ما الفيزياء؟

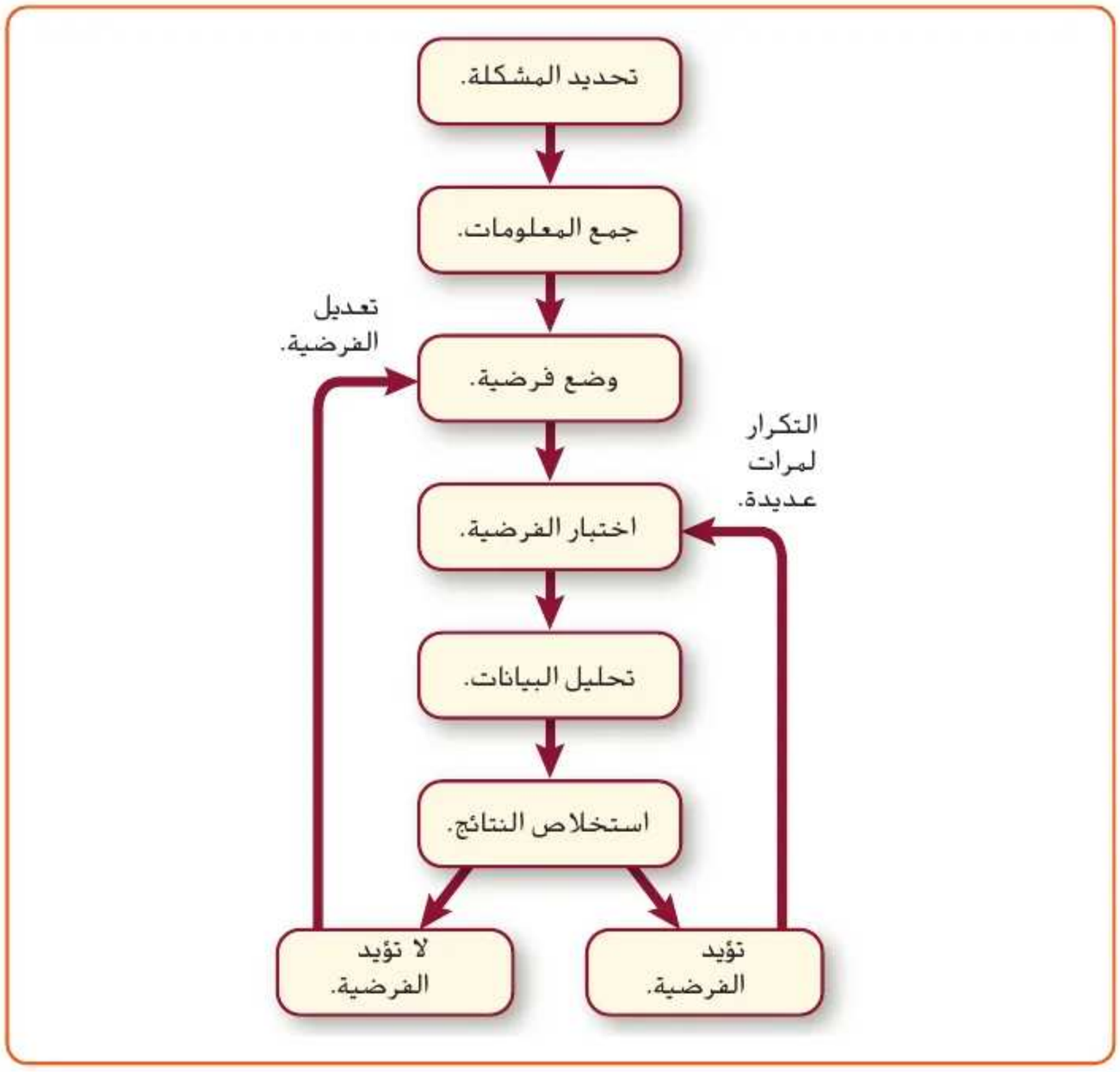
لا يقتصر العلم على كونه مادة ندرسها في المدرسة. بل هو طريقة لدراسة العالم الطبيعي. فكلمة science (العلم) مأخوذة من اللفظة اللاتينية scientia وتعني "المعرفة". والعلم عملية تقوم على الاستقصاء الذي يساعدنا على وضع تفسيرات للأحداث التي تجري في الطبيعية. **والفيزياء** فرع من فروع العلم يُعنى بدراسة العالم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

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.

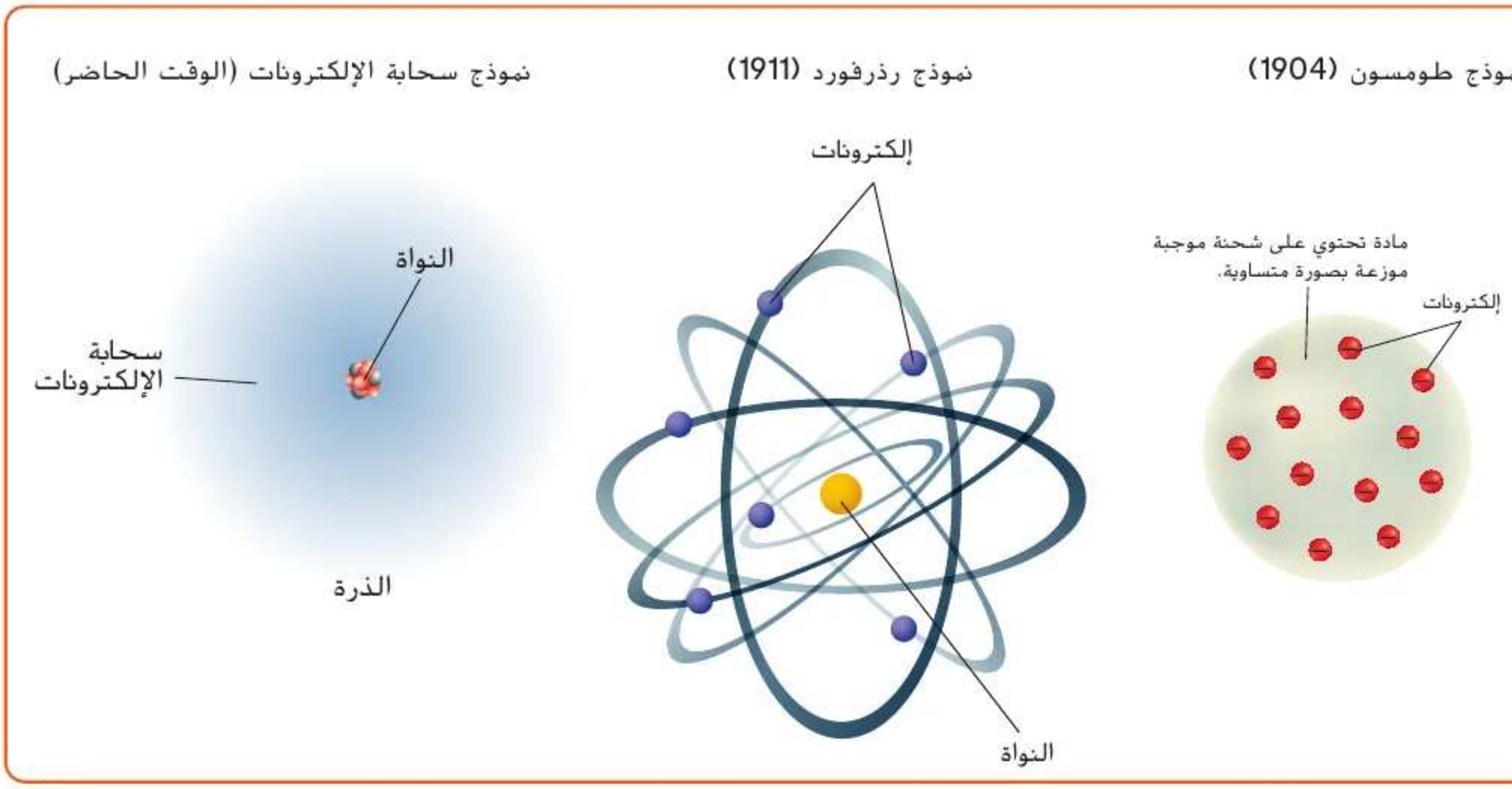
النماذج

يتعذر على العلماء أحيانًا مشاهدة كل شيء يقومون باختباره. فقد تكون أجسامًا كبيرة أو صغيرة للغاية، أو قد تكون عملية تستغرق زمنًا 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.

☑ **تاكد 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

اقترح فلاسفة اليونان أن الأجسام تسقط لتستقر في أماكنها الطبيعية. وكلما زادت كتلة الجسم، زادت سرعة سقوطه.

مراجعة

بيّن جاليليو أن سرعة سقوط الجسم تتوقف على مقدار الزمن الذي استغرقه الجسم في السقوط وليس على كتلة الجسم.

مراجعة

قدّم نيوتن تفسيرًا لسبب سقوط الأجسام. فاقترح أن الأجسام تسقط بسبب وجود قوة تجاذب بينها وبين الأرض. كما ذكر نيوتن أيضًا أنه توجد قوة تجاذب بين أي جسمين لهما كتلة.

مراجعة

اقترح أينشتين أن سبب وجود قوة التجاذب بين جسمين هو أن الكتلة تؤدي إلى انحناء المكان حولها.

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)

تاكد 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؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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

المسافة = 434 km

الزمن = 4.5 h

المجهول

السرعة = ؟ km/h

2 إيجاد المجهول

اذكر العلاقة في شكل معادلة.

المسافة = **السرعة** × الزمن

أوجد معادلة السرعة.

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

عوّض عن المسافة 434 km والزمن = 4.5 h

$$\text{السرعة} = \frac{434\ \text{km}}{4.5\ \text{h}} = 96.4\ \text{km/h}$$

اقسم الوحدات واحسبها.

السرعة = 96 km/h

3 تقييم الإجابة

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

المسافة = السرعة × الزمن = $96.4\ \text{km/h} \times 4.5\ \text{h} = 434\ \text{km}$

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 قِستَ 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 الزنبرك 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.

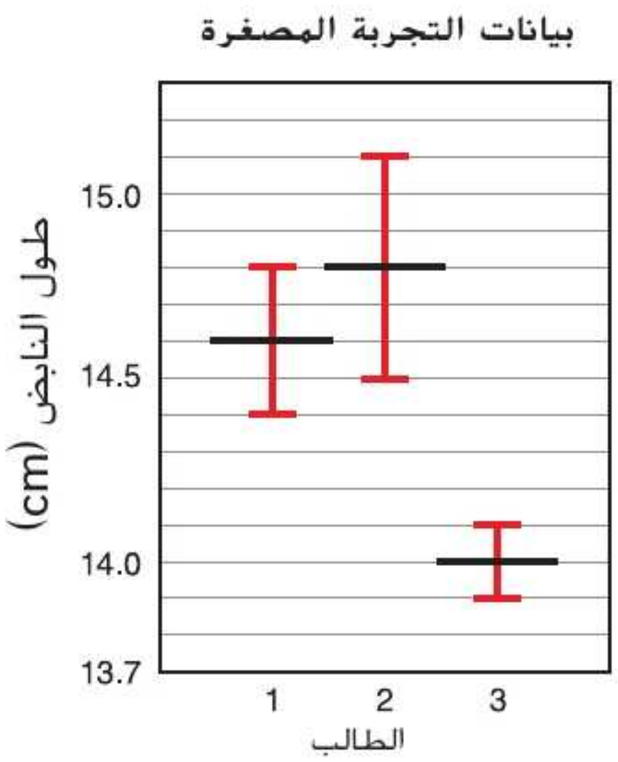
على سبيل المثال، يستخدم علماء الآثار التأريخ بالكربون المشع لتحديد عمر الرسومات الموجودة في الكهوف، كتلك الموجودة في كهف لاسكو الموضح في **الشكل 9** وكهف شوفيه. وتُسجل جميع التواريخ المقيسة بالكربون المشع بهامش خطأ. هناك ثلاثة أعمار مقيسة بالكربون المشع تم تحديدها من لوحة في كهف شوفيه وهي

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

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. ويُقدّر العلماء أن هذه الرسومات رُسمت منذ 17,000 سنة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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؟

افترض أن ثلاثة طلاب نفذوا التجربة المصغرة الواردة في القسم 1 عدة مرات، مستخدمين زنبركات لها الطول نفسه، مع تعليق حلقتين على الزنبرك. 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. وسجَّل 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 يساوي50 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 أقرب10 mL.

الأسهم المتجمعة عند المركز تمثّل قياسات دقيقة ومضبوطة.

الأسهم المتجمعة بعيدًا عن المركز تمثّل 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

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

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 بالمليمتر.

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.

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 وتظهِر 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 زنبرك 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 الزنبرك على الكتلة. ومن ثَم كان مقدار التمدد هو المتغير التابع. إلى جانب ذلك، قد يدرس أحد العلماء كيفية تغيّر الإشعاع مع مرور الزمن 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.

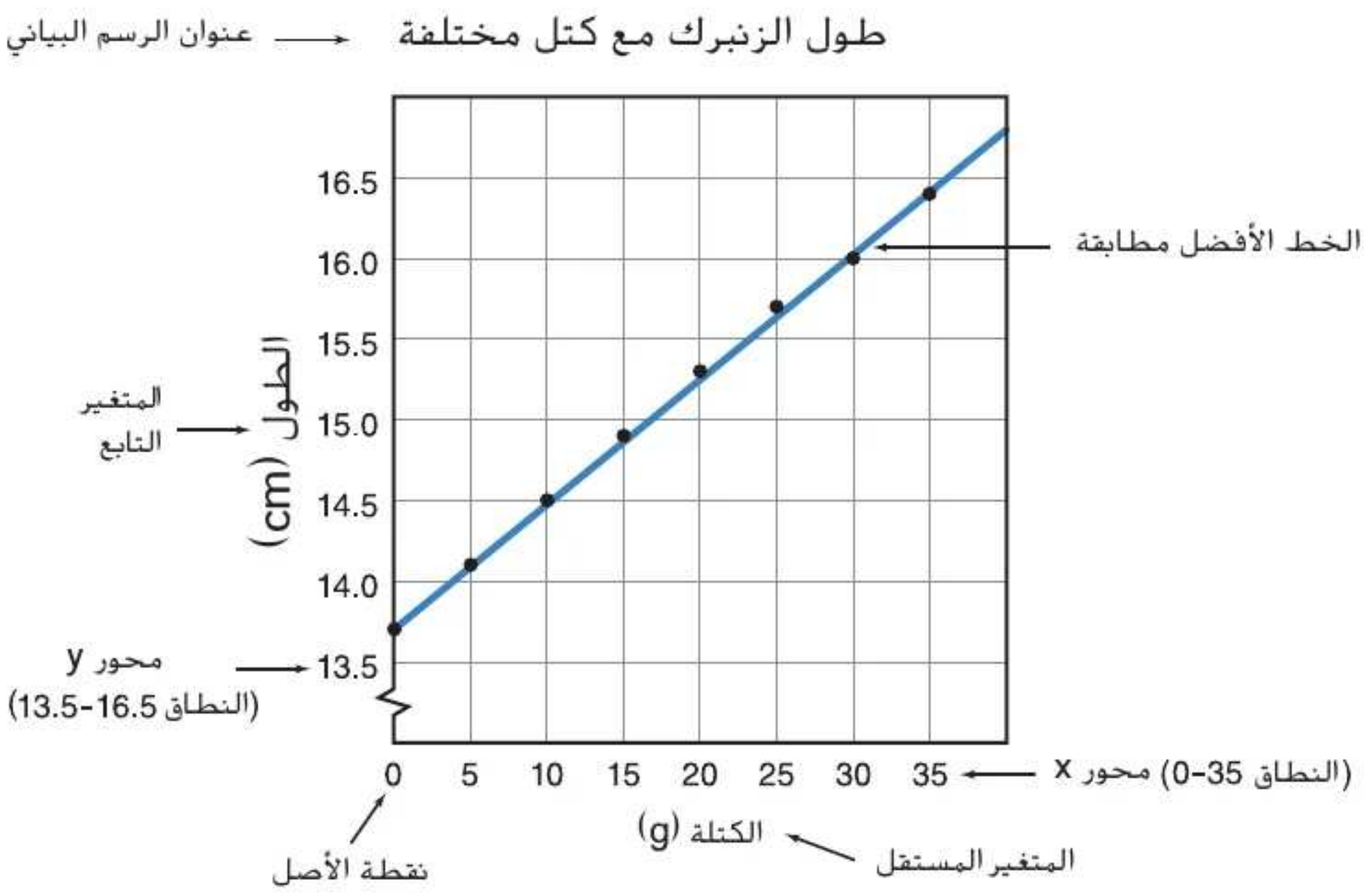
إن الرسم البياني جيد التصميم يوفر الأنماط التي لا يمكن رؤيتها بسرعة وسهولة في قائمة من الأرقام. يوضح الرسم البياني في **الشكل 15** أن طول الزنبرك يزيد كلما زادت الكتلة المعلَّقة في الزنبرك.

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). ورُسم 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.

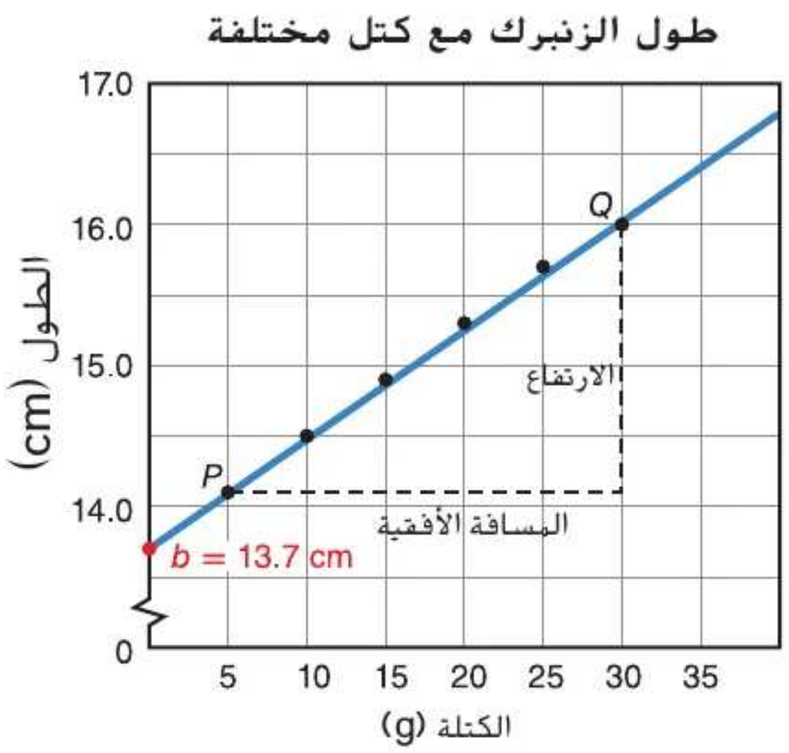
7. مثِّل نقاط البيانات على الرسم البياني.

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.

صِف ماذا يحدث لطول الزنبرك عندما تزيد الكتلة؟

تجربة مصغرة

إلى أي مدى تقريبًا؟

ما العلاقة بين المحيط والقطر؟

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

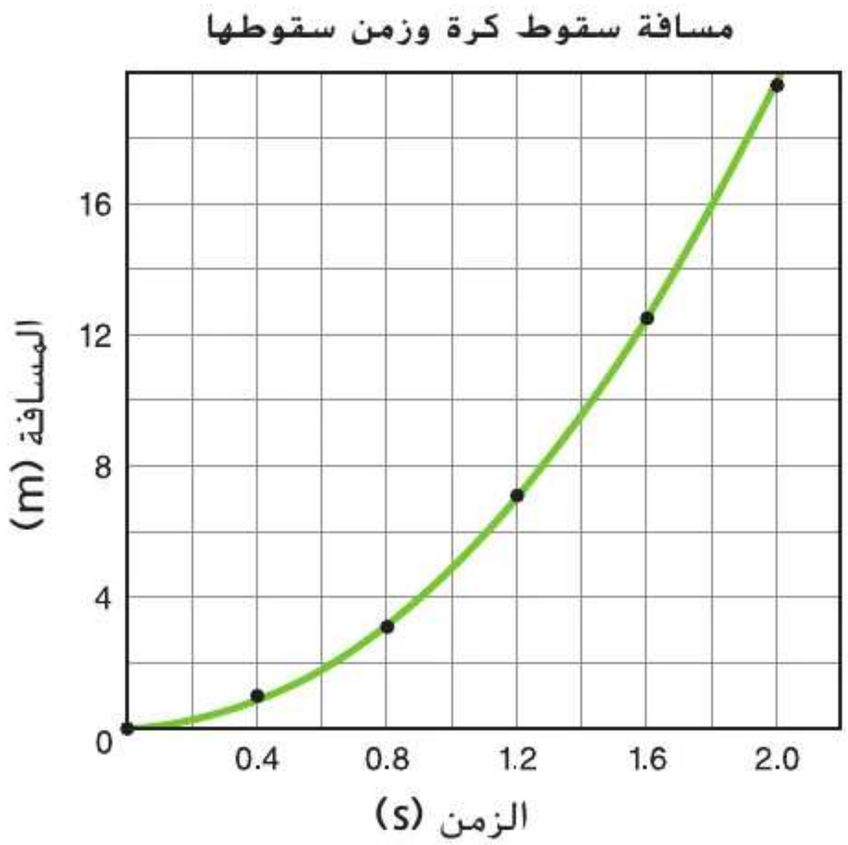
ميل الخط يساوي الارتفاع مقسومًا على المسافة الأفقية، ويمكن التعبير عنه أيضًا بالتغير الرأسي مقسومًا على التغير الأفقي.

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

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 قلَّت قيمة y عند زيادة قيمة x، فستكون $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ سالبة ويميل 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 معلَّقة بالزنبرك، 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.

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

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

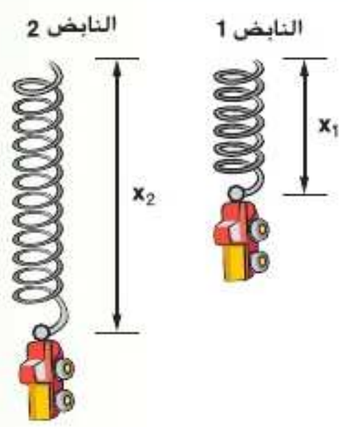
يستطيع برنامج كمبيوتر أو آلة حاسبة رسومية إيجاد قيم الثوابت a وb و c في هذه المعادلة بسهولة. في **الشكل 17**، المعادلة هي $d = 5t^2$. راجع كتيب الرياضيات الموجود في كتيّب الأنشطة أو عبر الإنترنت للاطلاع على المزيد حول إنشاء الرسومات البيانية الخطية واستخدامها.

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

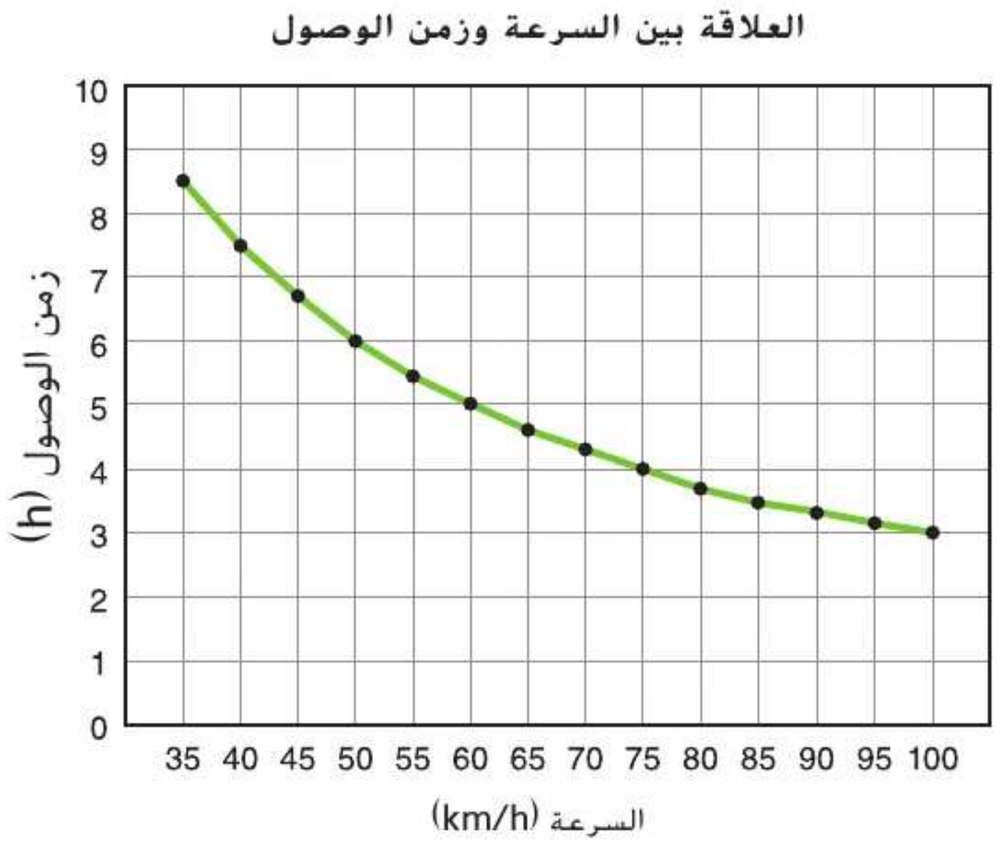
مسألة تحفيزية

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

1. ارسم الرسومات البيانية للكتلة مقابل الاستطالة لكلا الزنبركين، 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.

صِف 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.

تطبيقات

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.

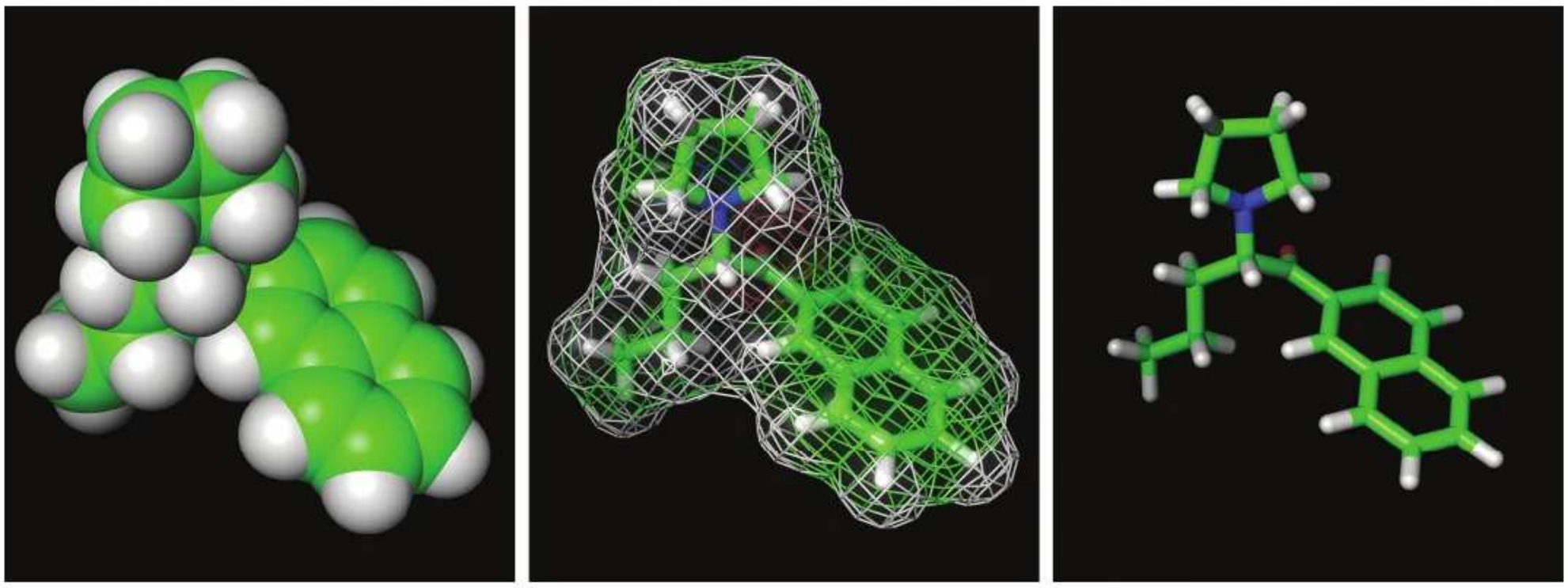
e. اكتب معادلة توضح الكتلة كدالة لحجم الذهب.

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 الزنبرك 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 الزنبرك 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 بيانيًّا 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 الزنبرك 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 الزنبرك 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 تجرّد 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 زمنًا 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 خطيًّا 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

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

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

إتقان حل المسائل

36. حوِّل 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. $5.80\times10^{9}\ \text{s} + 3.20\times10^{8}\ \text{s}$.

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

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

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

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. $78.05\ \text{cm}^2 - 32.046\ \text{cm}^2$

d. 15.07 kg − 12.0 kg

41. اضرب أو اقسم حسب المطلوب.

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

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

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

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

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

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 $1\text{Pa} = = \text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^2)$. هل تعرض العبارة التالية قياس الضغط بوحدات صحيحة؟ $\frac{(0.55\ \text{kg})(2.1\ \text{m/s})}{9.8\ \text{m/s}^2}$

القسم 3 القياس

إتقان المفاهيم

44. ما الذي يحدد دقة القياس؟

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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. قدّر 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 خطيًّا 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؟

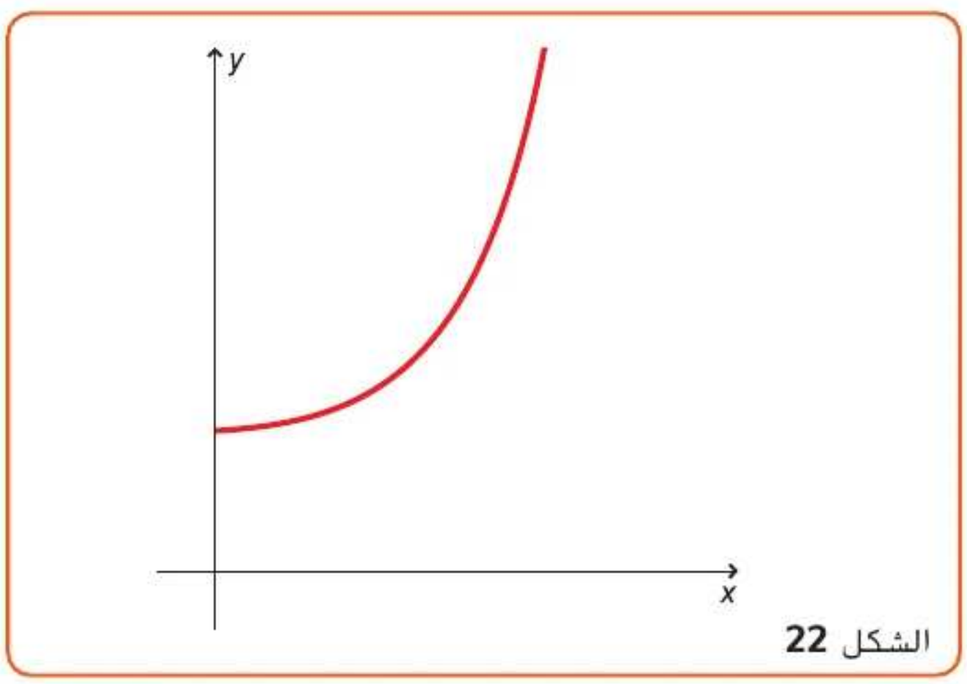
54. أثناء القيادة، تسمى المسافة المقطوعة بين رؤية ضوء التوقف والضغط على الفرامل مسافة رد الفعل. وتعتمد مسافة رد الفعل خطيًّا بالنسبة إلى السائق والمركبة على السرعة.

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

b. السائق المشتت الذهن يستغرق زمنًا 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. F و R

b. F و m

c. F و v

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

إتقان حل المسائل

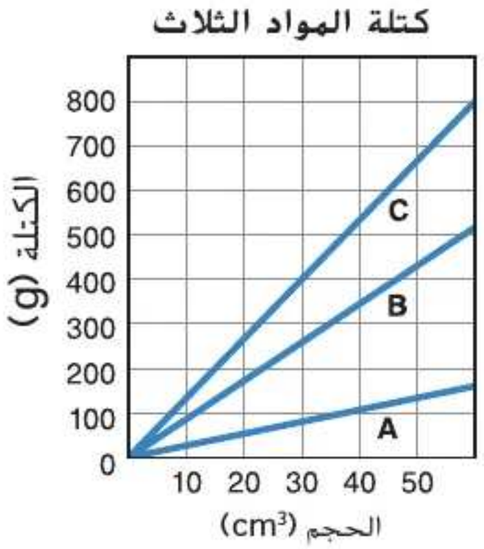
58. يعرض الشكل 23 كتل ثلاث مواد لأحجام تتراوح بين 0 و $60\ cm^3$.

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. مثّل بيانيًّا 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. مثّل بيانيًّا 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. مثّل بيانيًّا 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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

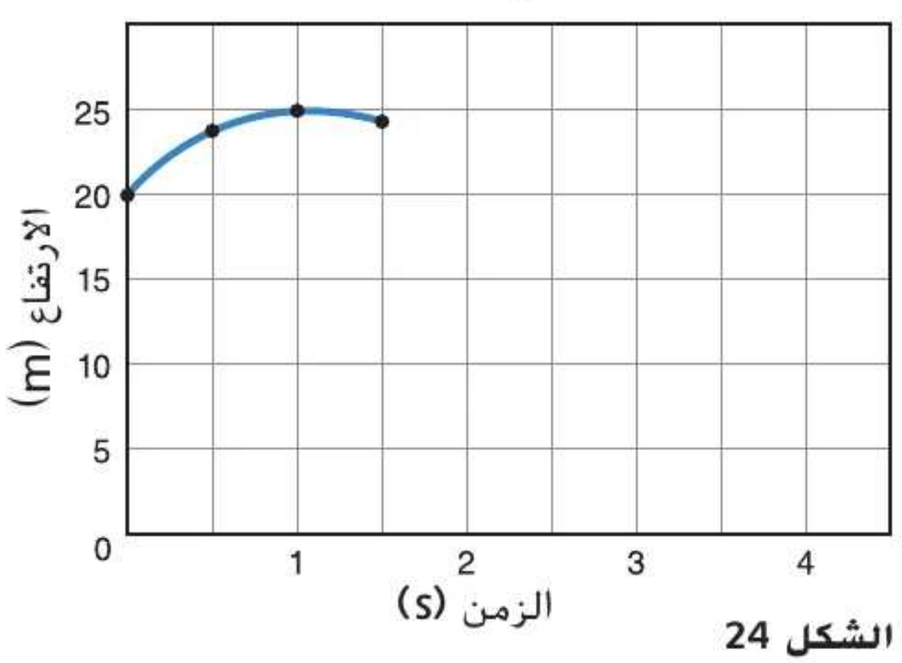
تطبيق المفاهيم

62. هل هل طريقة المنهج العلمي مجموعة من الخطوات المعرَّفة 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 $t = 0$؟ توَّقع 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 صمِّم 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 صمِّم 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 $8.3 \times 10^5\ cm^3$. 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؟

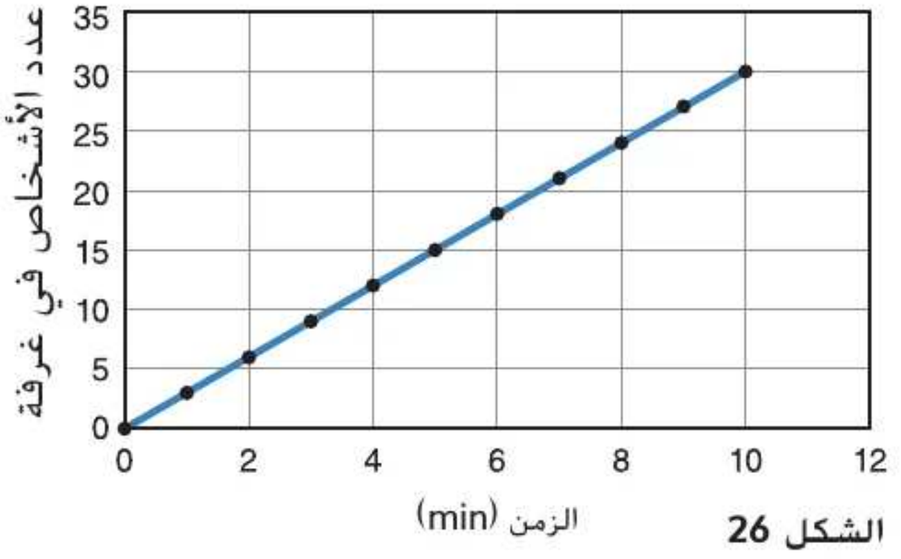
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

78. توجد علامة على المخبار المدرَّج 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.

عدد الأشخاص في غرفة ما خلال الزمن



الشكل 26

مراجعة عامة

80. رتِّب 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 مدرَّج 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 مرجعيًّا 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 عكسيًّا مع الحجم.

89. الفكرة الرئيسة صمِّم 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 الزمن. 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.

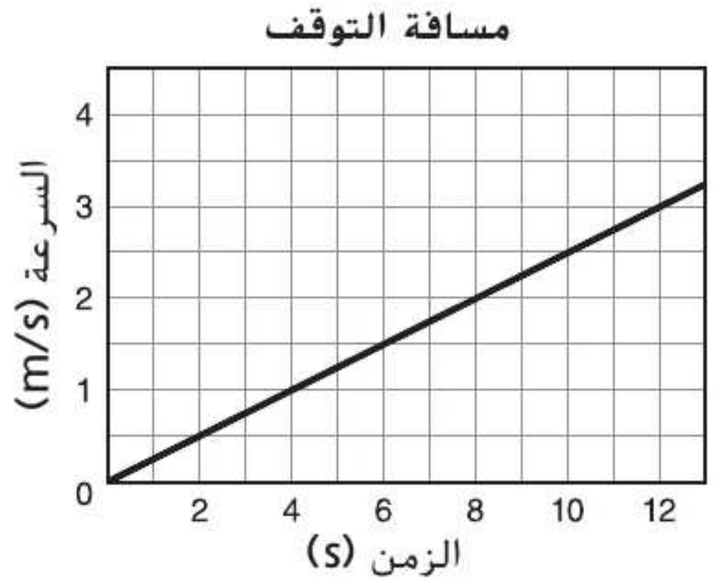
4. ما الميل في الرسم البياني؟

a. 0.25 m/s^2

b. 0.4 m/s^2

c. 2.5 m/s^2

d. 4.0 m/s^2



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

أسئله ذات إجابات مفتوحة

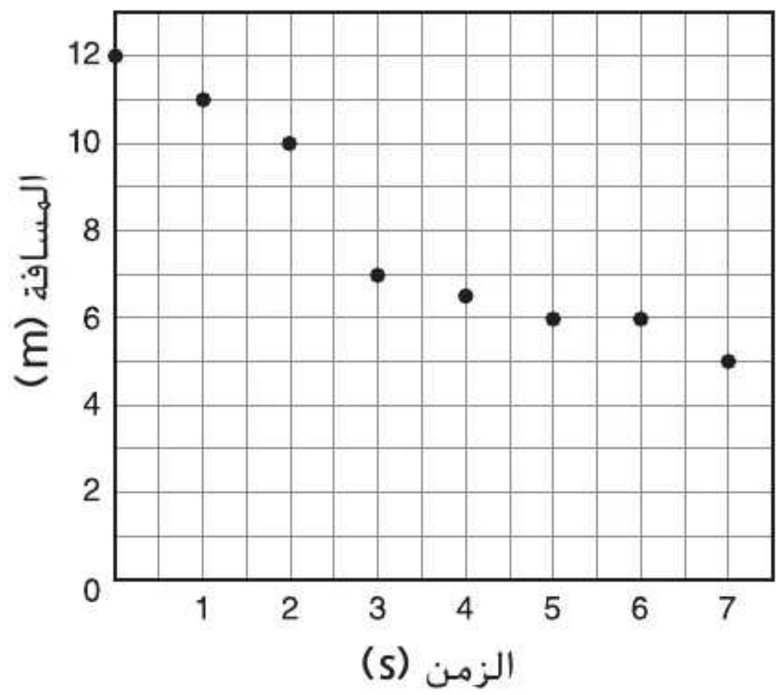
7. تريد أن تحسب التسارع – بوحدات m/s^2 , مع وجود قوة بوحدة N. وكتلة بوحدة g للجسم الذي تؤثر فيه القوة $(1\ N = 1\ kg \cdot m/s^2)$

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

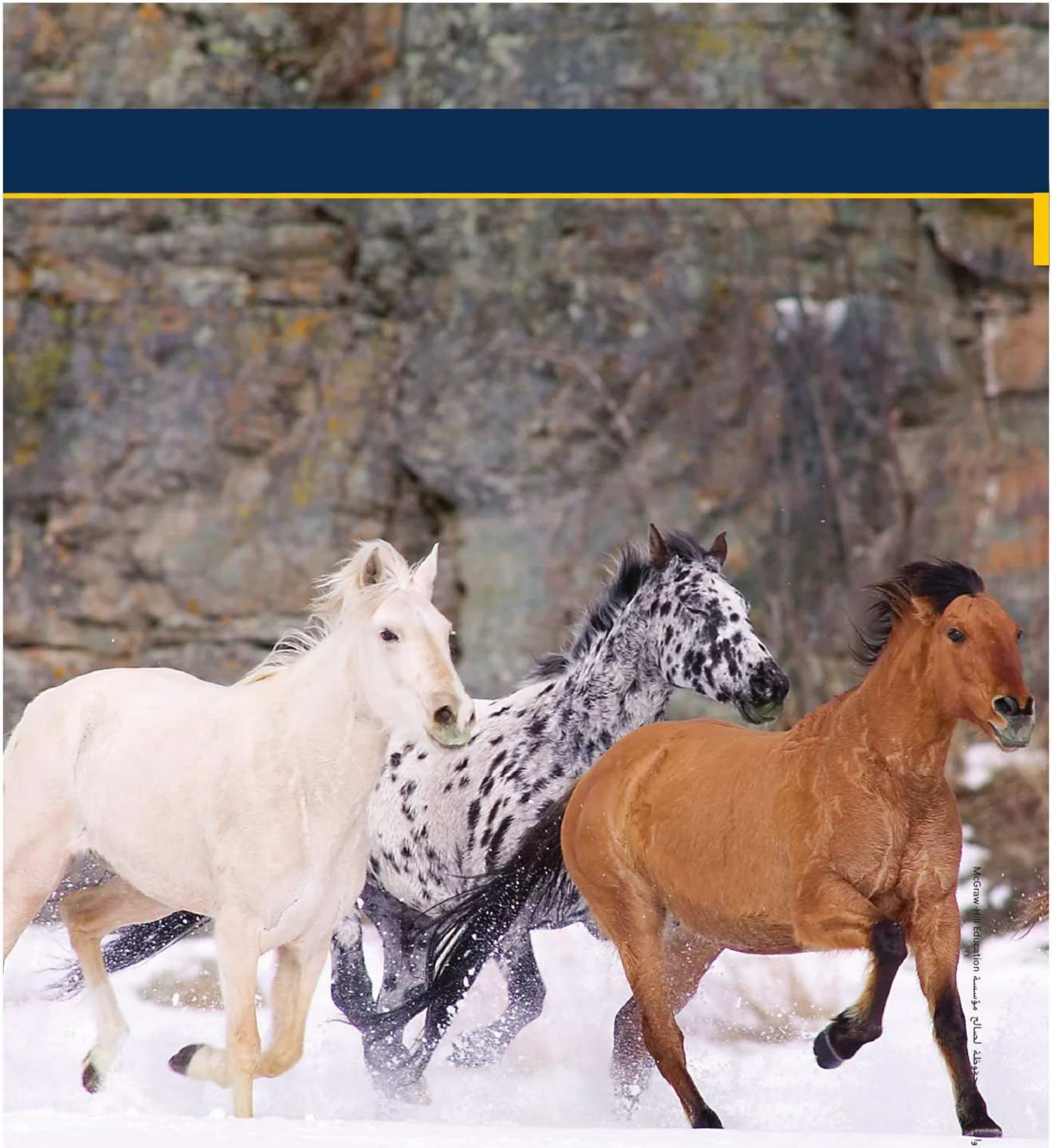
4 السرعة

التجربة الاستهلالية

سباق السيارات اللعبة

ما العوامل التي تحدد سرعة الجسم؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



حقوق الطبع والنشر محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From: Representing Motion, Chapter 2, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

القسم 1 تصوير الحركة

الفيزياء في حياتك

انظر إلى شكل العرض المتعدد هذه التي توضح حركة طائر. يمكن أن يستخدم علماء الفيزياء هذه الصور لتقييم تغييرات الموقع والسرعة المتجهة.

الفكرة الرئيسة

يمكنك استخدام مخططات الحركة لبيان كيف يتغير موقع جسم ما بمرور الزمن.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تُستخدم مخططات الحركة في تمثيل الحركة؟
- كيف يمكنك استخدام نموذج جسيم لتمثيل جسم متحرك؟

مراجعة المفردات

نموذج (model) تمثيل فكرة أو حدث أو شكل أو جسم لكي يتسنى للمرء فهمه جيدًا

المفردات الجديدة

مخطط الحركة motion diagram

نموذج جسيم particle model

جميع أنواع الحركة

لقد تعرفت على العمليات العلمية التي ستكون مفيدة في دراستك لعلم الفيزياء. ستبدأ الآن في استخدام هذه الأدوات لتحليل الحركة. في الوحدات التالية، ستطبق هذه العمليات على العديد من أنواع الحركة. ستستخدم مفردات ومخططات ورسومات تخطيطية ورسومات بيانية ومعادلات. ستساعدك هذه المفاهيم على تحديد مقدار سرعة حركة الجسم ومدى بعده واتجاه حركة الجسم وهل تزداد سرعة هذا الجسم أم تنقص وما إذا كان هذا الجسم ساكن أم يتحرك بسرعة ثابتة.

تغير الموقع ما الذي يخطر ببالك عندما تسمع كلمة الحركة؟ ركوب الطبق الدوار في الملاهي؟ ارتفاع كرة البيسبول التي يضربها المهاجم أعلى السياج؟ توجد الحركة في كل شيء حولك، بدءًا من القطارات السريعة والمتزلجين الذين يتسمون بالسرعة إلى النسائم البطيئة والسحاب المتثاقل. تتحرك الأجسام بطرق عديدة ومختلفة، مثل مسار الخط المستقيم لكرة البولينج في مسار مضمار البولينج والمسار المنحني لسيارة تنعطف وهبوط الطائرة الورقية بشكل حلزوني ودوامات الماء حول المصارف. عندما يكون الجسم في حالة حركة، مثل قطار المترو الموضح في **الشكل 1**، فإن موقعه يتغير.

بعض أنواع الحركة تعتبر أكثر تعقيدًا من غيرها. عند البدء في مجال دراسة جديد، يُنصح بأن نبدأ بالحالة الأقل تعقيدًا ونتعلمها قدر الإمكان ثم نضيف تدريجيًا المزيد من التعقيد إلى هذا النموذج البسيط. في حالة الحركة، ستبدأ دراستك بالحركة على طول خط مستقيم.

الشكل 1 يظهر المترو باهتًا في الشكل لأن موقعه يتغير خلال الزمن الذي كان فيه غالق الكاميرا مفتوحًا.

صِف إلى كيف سيبدو الشكل مختلفًا إذا كان المترو ثابتًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الحركة على طول خط مستقيم بصفة عامة، يمكن أن يتحرك الجسم على طول العديد من أنواع المسارات المختلفة، إلا أن الحركة في خط مستقيم تتبع مسارًا مباشرًا بين نقطتين من دون الاتجاه يمينًا أو يسارًا. على سبيل المثال، يمكنك أن تصف حركة الجسم بأنه يتحرك للأمام والخلف أو لأعلى وأسفل أو باتجاه الشمال والجنوب. في كل حالة من هذه الحالات، يتحرك الجسم على طول خط مستقيم.

لنفترض أنك تقرأ هذا الكتاب المدرسي في المنزل. عندما بدأت القراءة، وقعت عينك على الأرنب الموجود لديك ورأيته جالسًا في ركن من القفص. ثم وقعت عينك عليه في وقت لاحق ورأيته جالسًا بجانب طبق الطعام في الركن المقابل من القفص. يمكنك استنتاج أن الأرنب تحرك من مكان لآخر في الفترة ما بين ملاحظتيك. ما العوامل التي ساعدتك على تكوين هذا الاستنتاج عن حركة الأرنب؟

يتعلق وصف الحركة بوصف المكان والزمن. يجب أن تجيب عن الأسئلة المتعلقة بمكان الجسم والزمن الذي كان فيه على هذا الوضع لكي تتمكن من وصف حركته بوضوح. بعد ذلك، ستبحث عن بعض الأدوات التي تساعدك على تحديد زمن وجود الجسم في مكان ما.

تأكد من فهمك حدد عاملين يجب معرفتهما لوصف حركة جسم على طول خط مستقيم.

مخططات الحركة

فكّر في مثال الحركة في خط مستقيم التالي: يركض عدّاء على طول طريق مستقيم. ثمة طريقة لتمثيل حركة العدّاء وهي التقاط مجموعة من الصور توضح موقع العدّاء على فترات زمنية متساوية. يمكنك القيام بذلك عن طريق تصوير العدّاء أثناء الحركة للحصول على مجموعة متتالية من الصور. ستوضح كل شكل العدّاء وهو في نقطة أبعد على طول الطريق المستقيم.

الصور المتتالية لنفترض أنك وضعت كاميرا في اتجاه معين وقطع العدّاء مجال الرؤية الخاص بالكاميرا. ثم التقطت مجموعة من الصور للعدّاء على فترات زمنية متساوية من دون تحريك الكاميرا. توضح **الشكل 2** ما تبدو عليه مجموعة الصور المتتالية التي التُقطت للعدّاء. لاحظ أن العدّاء في موقع مختلف في كل شكل. ولكن يظل كل شيء في الخلفية موجودًا في الموقع نفسه. يثبت ذلك أن العدّاء هو مَن يتحرك فقط بالنسبة إلى الكاميرا والأرض.

تأكد من فهمك حدد هل يجب أن تكون المساحات بين موقع الجسم المتحرك متساوية إذا التُقطت صور للجسم على فترات زمنية متساوية. اشرح.

الشكل 2 يمكنك أن تقول إن العدّاء في حالة حركة لأن موقعه يتغير بالنسبة إلى الشجرة والأرض.

حقوق الطبع والتأليف © 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 لمخططات الحركة وحركة الجسيم.

مختبر الفيزياء

مخططات الحركة

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

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.

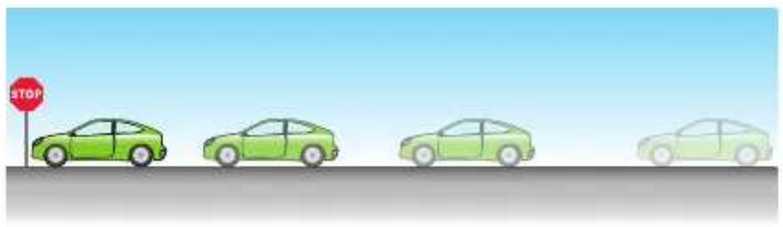
لاستخدام نموذج الجسيم، يجب أن يكون حجم الجسم أقل بكثير من المسافة التي يقطعها. تصبح حركات الجسم الداخلية، مثل حركة ذراعي العدّاء أو حركة ساقيه، مهملة في نموذج الجسيم. في مخطط الحركة المصور، يمكنك تحديد نقطة مركزية واحدة على العدّاء، مثل النقطة التي توجد في منتصف محيط خصره، ورسم نقطة على موقعها في فترات 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.

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

الفكرة الرئيسة

النظام الإحداثي مفيد عندما تصف الحركة.

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بالنظام الإحداثي؟
- كيف يؤثر النظام الإحداثي المحدد في علامة مواقع الأجسام؟
- كيف تُقاس الفترات الزمنية؟
- ما المقصود بالإزاحة؟
- ما فائدة مخططات 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

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

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.

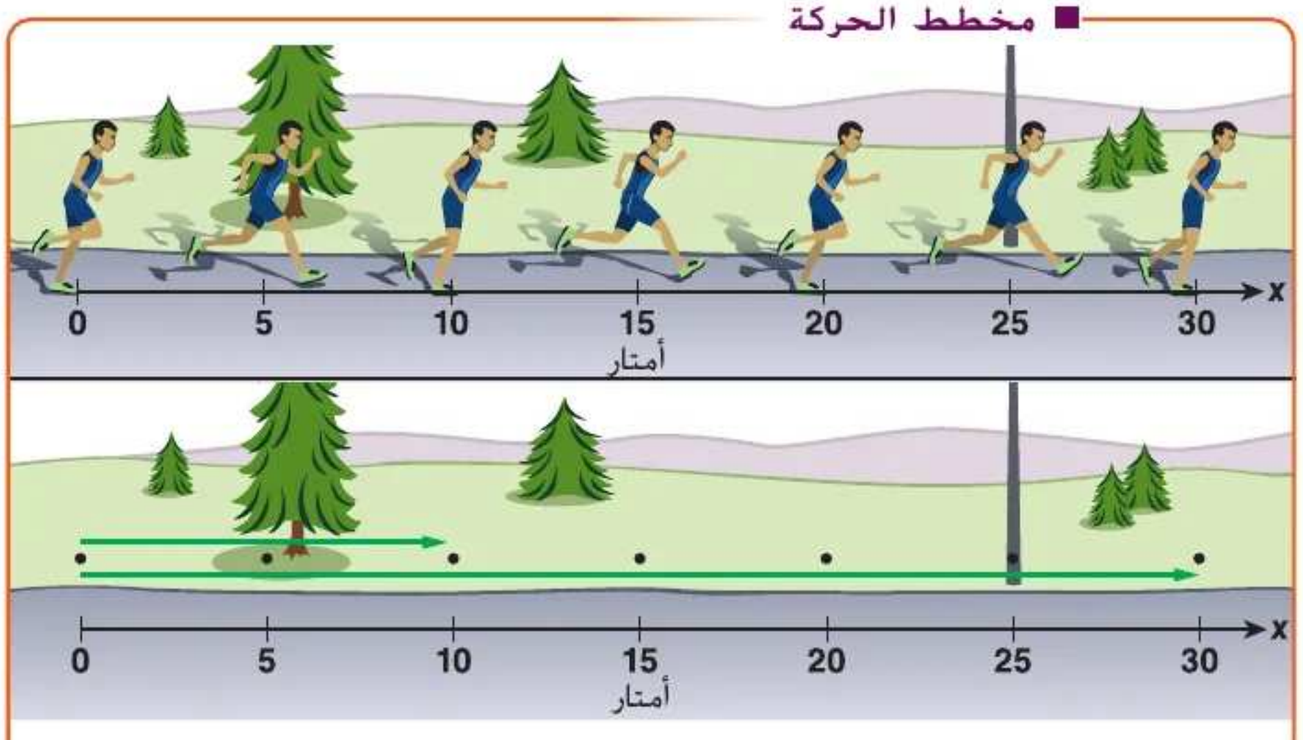
الأنظمة الإحداثية

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.

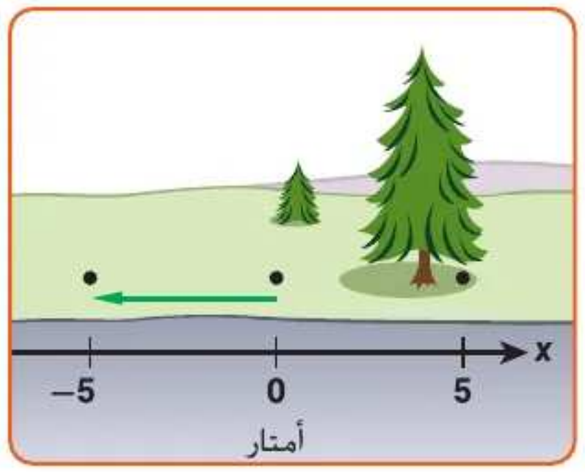
يمكنك أن توضح المسافة التي يبعُدها العدّاء في **الشكل 6** عن نقطة الأصل في زمن معين على مخطط الحركة عن طريق رسم سهم من نقطة الأصل إلى النقطة التي تمثّل العدّاء، كما هو موضح أسفل الشكل. يمثّل هذا السهم **موقع** العدّاء، والمسافة والاتجاه من نقطة الأصل إلى الجسم. بوجه عام، تُعرف **المسافة** بأنها الطول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

■ مخطط الحركة



الشكل 6 مخطط حركة مُبسَّط يستخدم النقاط لتمثيل حركة الجسم ويستخدم الأسهمَ لتوضيح مقدار واتجاه مسافات حركة الجسم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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 اخترتَ 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 كمياتٍ 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 $t_f - t_i = 5.0\ s - 0.0\ s = 5.0\ s$.

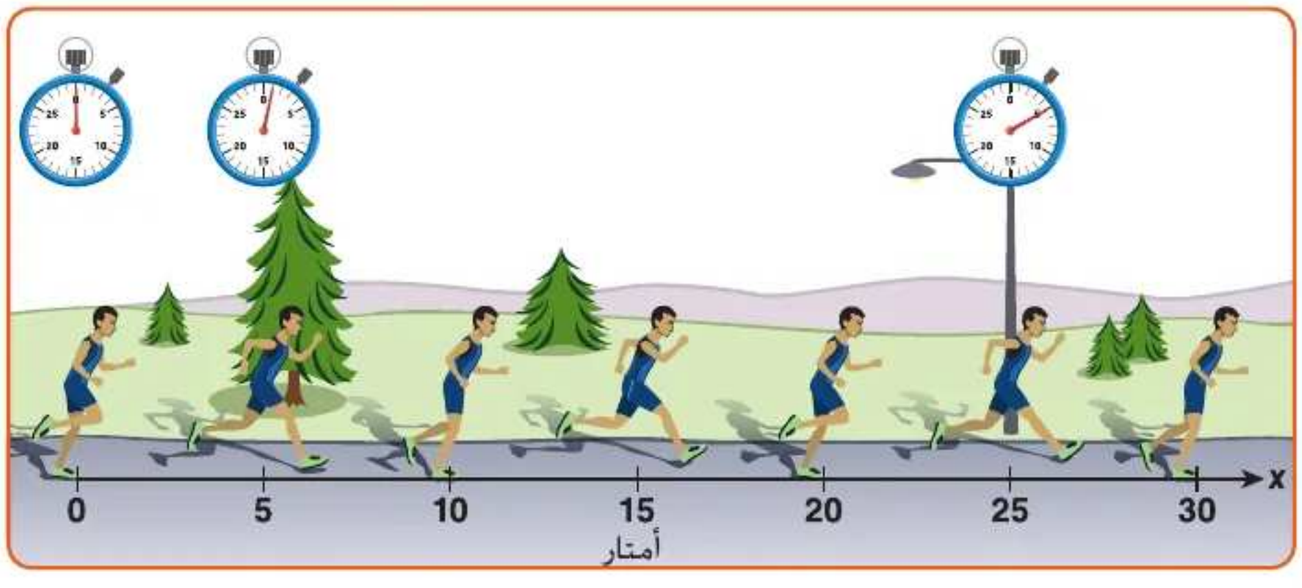
الفترة الزمنية كمية عددية لأنها لا اتجاه لها. لكن ماذا عن موقع العدّاء؟ هل هو كمية عددية أيضًا؟

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

تجربة مصغرة

نماذج متجهات

كيف يمكنك نمذجة جمع المتجهات باستخدام ألعاب التركيب؟

الازاحات 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 أيضًا أن الإزاحة من الشجرة إلى عمود الإنارة (Δx) تساوي قيمة الموقع عند عمود الإنارة (x_f) مطروحًا منها قيمة الموقع عند الشجرة (x_i). هذه حقيقة عامة؛ فالإزاحة تساوي الموقع النهائي مطروحًا منه الموقع الابتدائي.

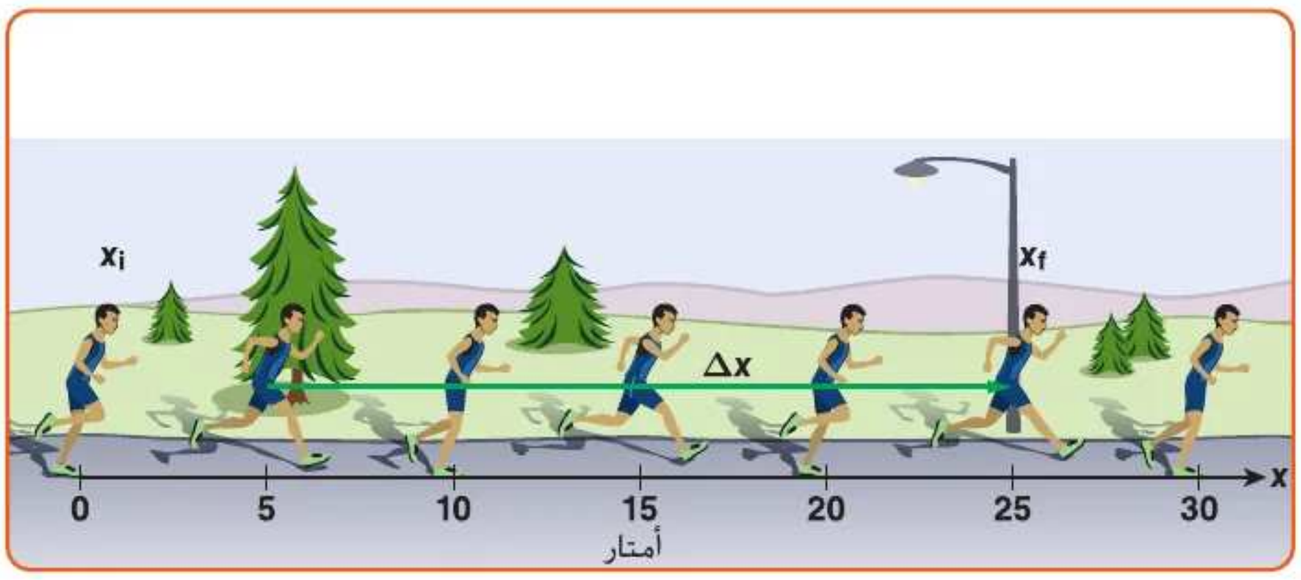
الإزاحة

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.



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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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.

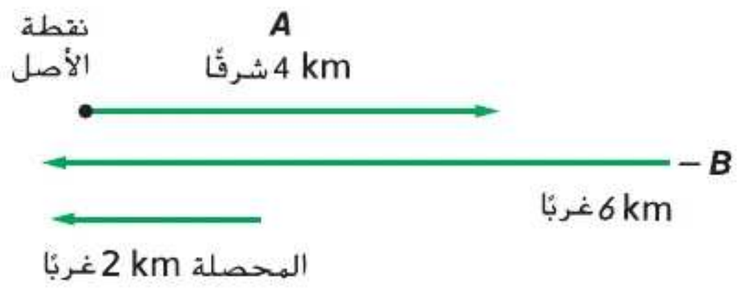
حلّل ما مجموع متجه طوله 12 m شمالاً ومتجه طوله 8 m شمالاً؟

مثال لجمع المتجهات

$R = A + B$
$= 5\ km + 2\ km$
$= 7\ km$

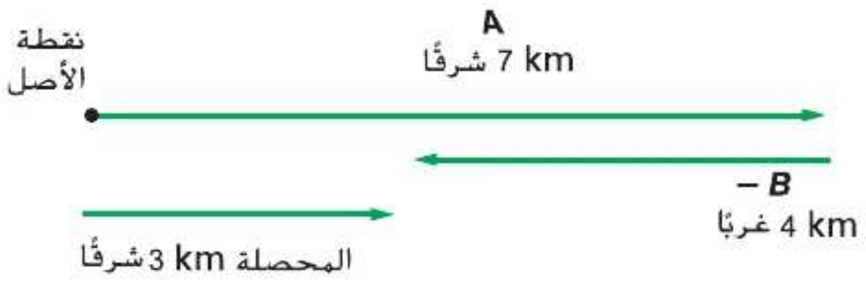
$R = A + B$
$= 7\ km$ شرقًا

مثال لطرح المتجهات



$R = A - B$
$= A + (-B)$
$= 2\ km$ غربًا

$R = A - B$
$= 4\ km - 6\ km$
$= -2\ km$



$R = A - B$
$= A + (-B)$
$= 3\ km$ شرقًا

$R = A - B$
$= 7\ km - 4\ km$
$= 3\ km$

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 • • • • • •

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 المواقع

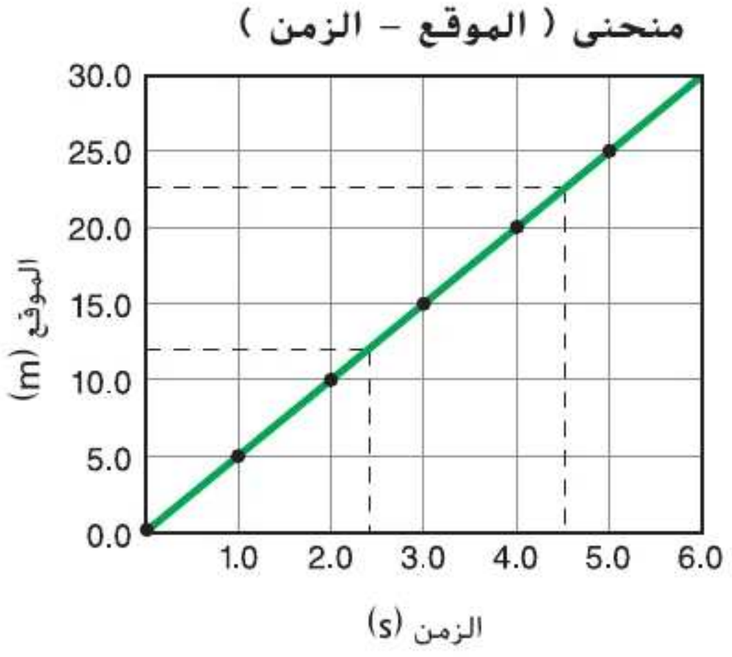
عند تحليل حركة معقدة، غالبًا ما يكون من المفيد تمثيل الحركة بعدة طرق. يحتوي مخطط الحركة على معلومات عن موقع الجسم في توقيتات زمنية مختلفة. يمكن أيضًا أن توضح هذه الجداول والرسومات البيانية هذه المعلومات نفسها. راجع مخططَي الحركة في **الشكل 8** و**الشكل 9**. يمكنك استخدام هذين المخططين لتنظيم التوقيتات الزمنية ومواقع 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 مواقع 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 مواقع 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



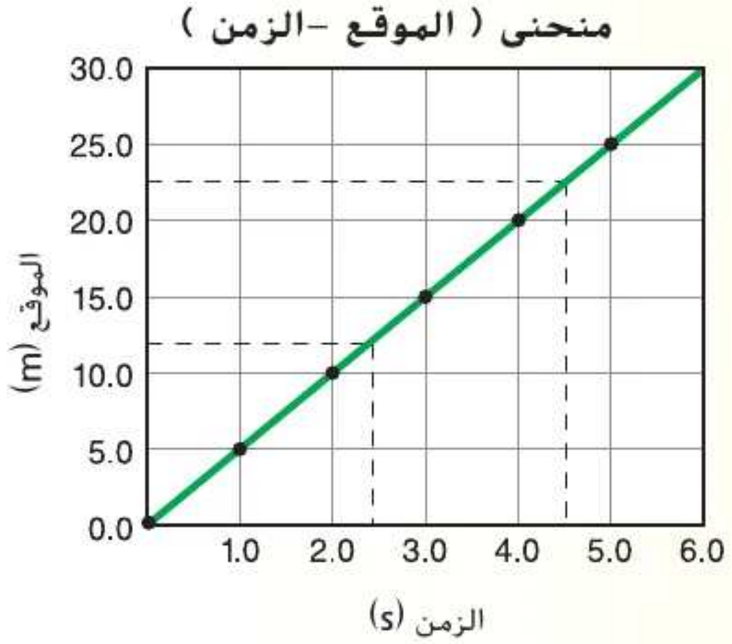
الشكل 11 يمكنك إنشاء رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن من خلال تحديد المواقع والفترات الزمنية من الجدول. وعن طريق رسم أفضل خط بياني لجميع النقاط، يمكنك تقدير الفترات الزمنية والمواقع غير الواردة في الجدول.

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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

أعد صياغة السؤالين.

السؤال 1: في أي زمن 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

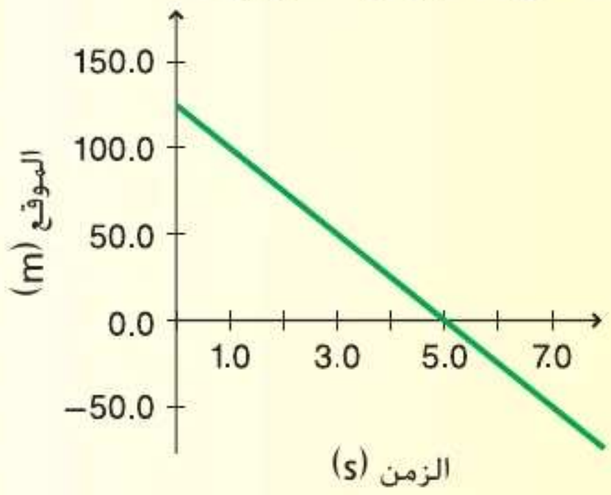
أمعن النظر في الرسم البياني لمعرفة نقطة تقاطع خط المواءمة الأفضل مع خط أفقي عند العلامة 12.0 m. ثم حدّد النقطة التي يتقاطع فيها خط رأسي قادم من تلك النقطة مع محور الزمن. فيكون الموقع t عند هذه النقطة هي 2.4 s.

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.

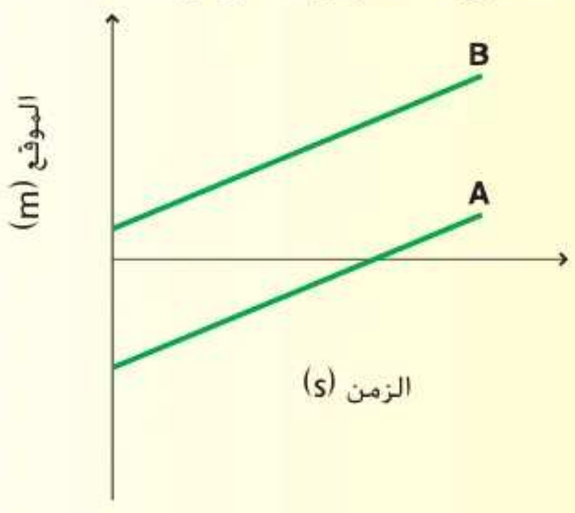
تطبيقات

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



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 = 1.0 s وt = 3.0 s؟
14. يمثل الرسم البياني الوارد في **الشكل 13** حركة شخصين يسيران في خط مستقيم على رصيف للمشاة في المدينة. صِف بالكلمات حركة الشخصين المترجّلَين 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 ويحدّدونه على رسم بياني. مع العلم أنه كان يتحرك مسافة 2.6 m كل 2.0 s. فمتى كان سالم في المواقع التالية؟
    a. 25.0 m من الكافيتريا
    b. 25.0 m من غرفة الموسيقى
    c. أنشئ رسمًا بيانيًا يوضح حركة سالم.

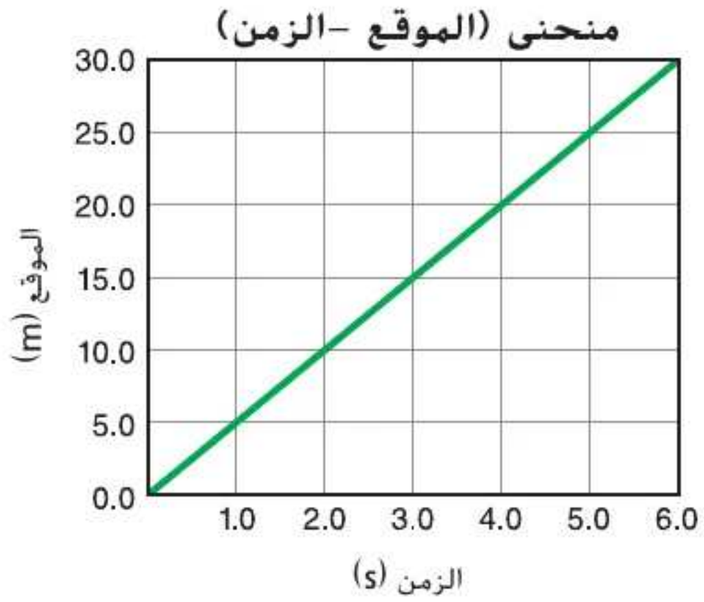


الشكل 13

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



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 استمرَّت 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 الزمن. يُمثل الرمز x **الموقع اللحظي** للعدّاء – وهو الموقع في لحظة معينة. ببساطة، عادةً ما يُسمى الموقع اللحظي بالموقع.

☑ **تأكد من فهمك** اشرح المقصود بالموقع اللحظي للعدّاء.

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.

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

حدّد ميزة واحدة يوفرها الجدول مقارنة بالرسم البياني.

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 العدّاءَين 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.

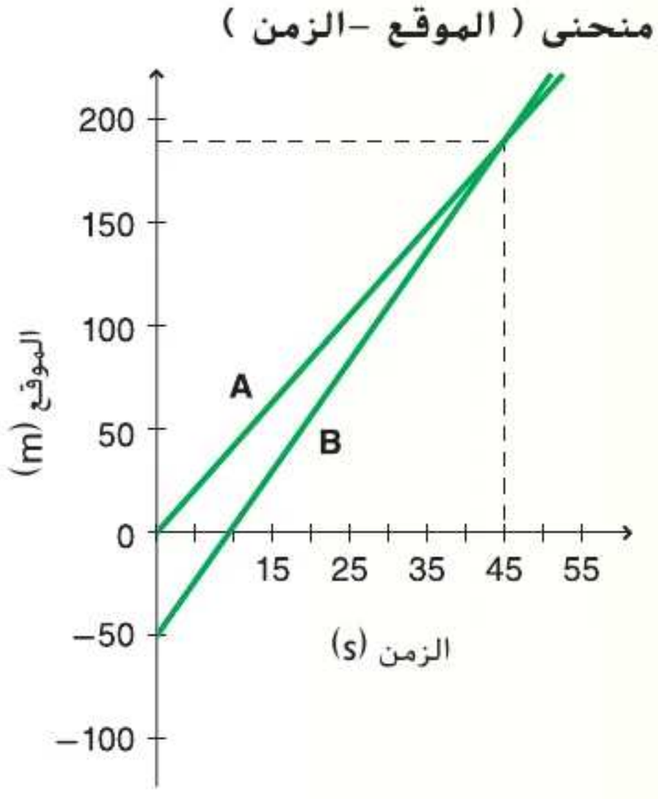
توضح لك نقطة تقاطع الخطين على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الزمن الذي يصل فيه الجسمان إلى الموقع نفسه. ولكن هل يعني ذلك أنهما سيصطدمان؟ ليس بالضرورة. على سبيل المثال، إذا كان الجسمان يمثلان عدّاءَين وكانا في طريقين مختلفين، فلن يصطدما، رغم أنهما قد يكونان على بُعد مسافة واحدة من نقطة البداية.

☑ **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 عدّاءَين 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

تطبيقات

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 العدّاءَين 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 $t = 20.0\ s$؟

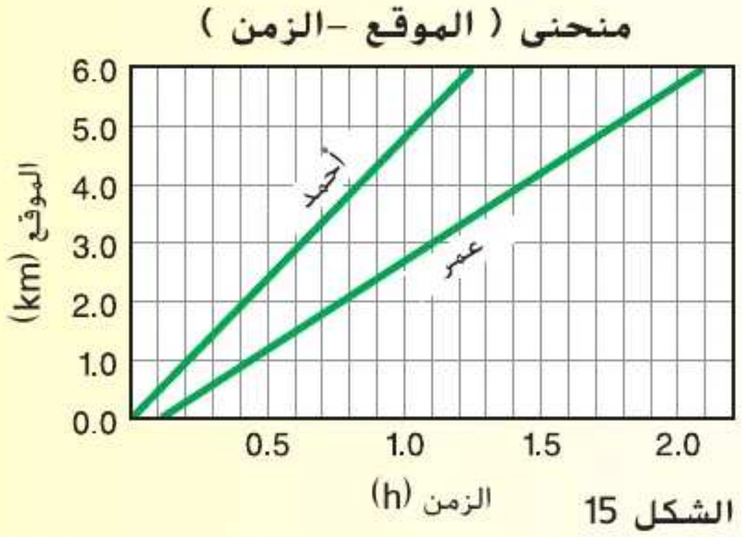
20. **التحدي** خرج أحمد في نزهة سيرًا على الأقدام. بعد فترة، خرج صديقه عمر في النزهة نفسها، وقد مُثلت الحركة لكل منهما على الرسم البياني للموقع والزمن في **الشكل 15**.

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 $t = 0.2\ h$ ؟

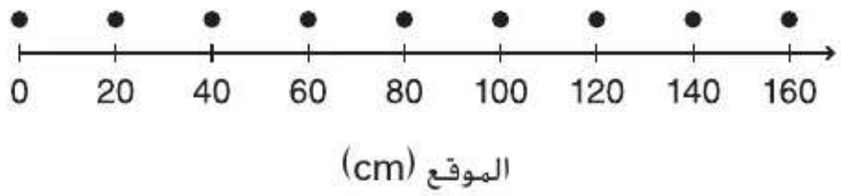
d. ما الزمن الذي استغرقه عمر ليكون على بُعد 50 km من نقطة البداية؟



الشكل 15

القسم 3 مراجعة

21. **الفكرة الرئيسة** باستخدام نموذج الجسيم النقطي لمخطط 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 المخطط هي 1 s.

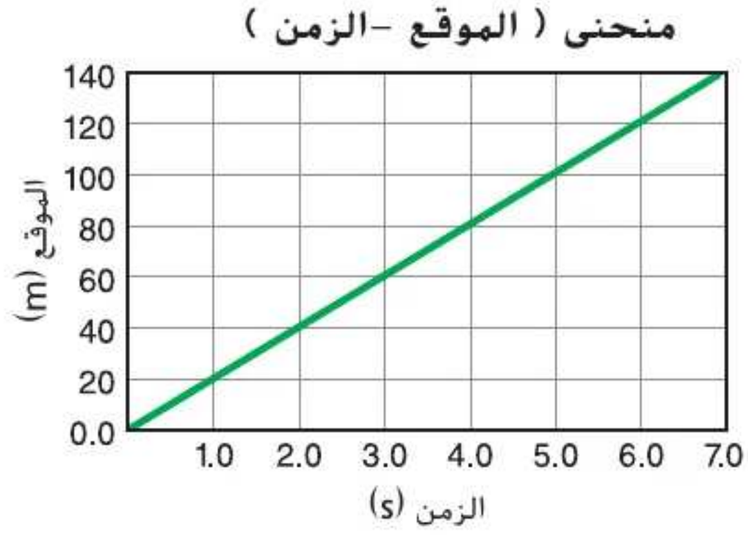


الشكل 16

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

22. **نموذج الجسيم النقطي** أنشئ مخطط 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.

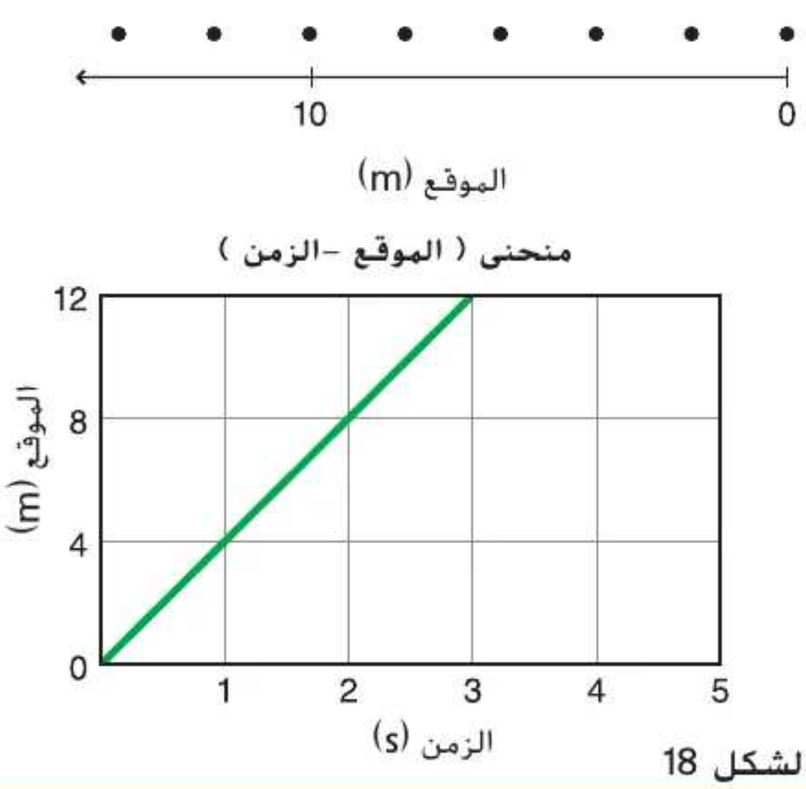


الشكل 17

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 مخطط نموذج الجسيم النقطي والرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الموضحَين 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 مخطط نموذج الجسيم النقطي هي 2 s.



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

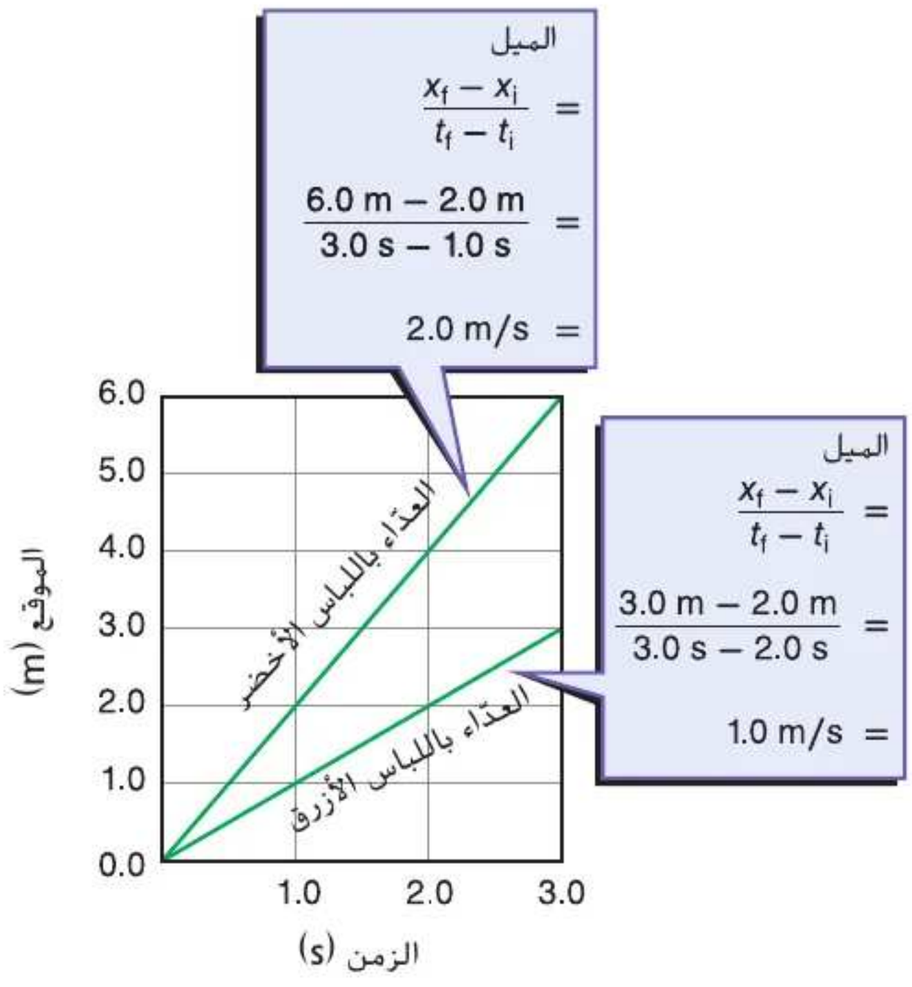
السرعة المتجهة والسرعة القياسية

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 ©

مختبر الفيزياء

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؟

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.

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

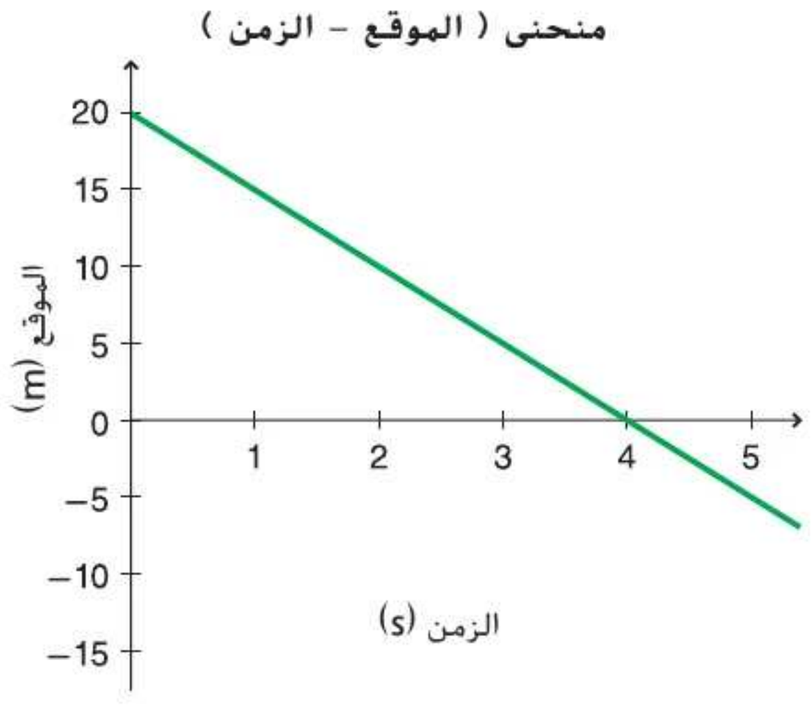
تفسير الميل ميل الخط البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 20** هو 5.0 m/s-. لاحظ أن ميل الرسم البياني يشير إلى كل من المقدار والاتجاه. بحساب الميل، تجد أن السرعة المتوسطة المتجهة للجسم الذي يمثله الرسم البياني حركته يساوي 5.0 m/s-. بدأ الجسم بموقع موجب وتحرك نحو نقطة الأصل. بعد مرور 4s، يمر بنقطة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

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

السرعة المتوسطة يساوي القيمة المطلقة للميل الجسم الذي سرعته 5.0 m/s 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.

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

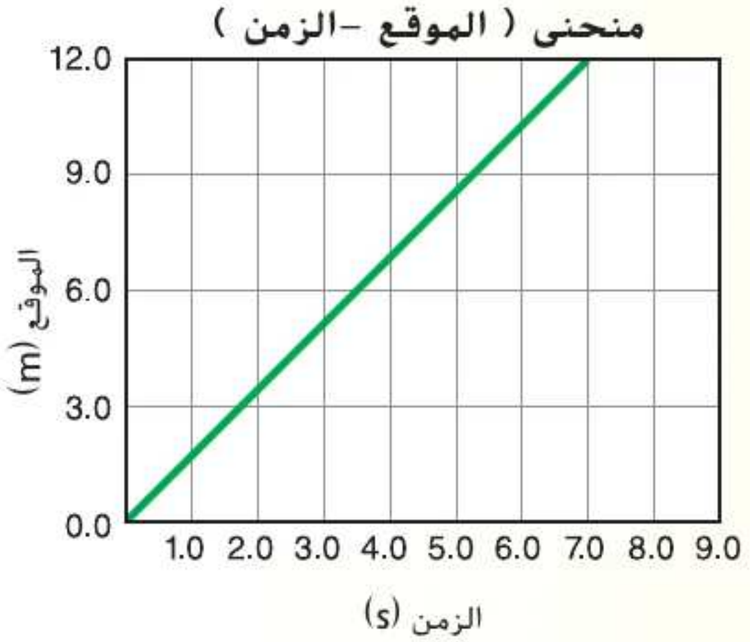
التحليل كيف سيبدو الرسم البياني إذا كانت الحركة بالسرعة نفسها، ولكن في الاتجاه الموجب؟



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 النمتوسطة القياسية؟



1 تحليل المسألة ورسمها

حدد النظام الإحداثي للرسم.

المجهول

? = المتجهة $\boldsymbol{v_{avg}}$? = القياسية v_{avg}

2 إيجاد المجهول

أوجد السرعة المتوسطة المتجهة باستخدام نقطتين على الخط.

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

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

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

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

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

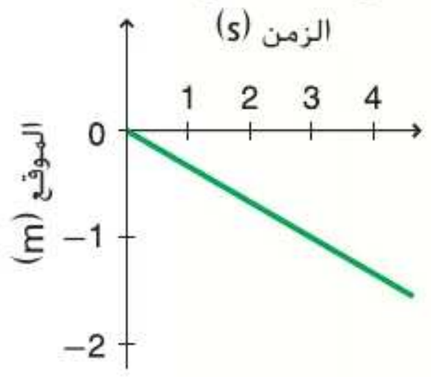
السرعة المتوسطة القياسية v_{avg} هو القيمة المطلقة للسرعة المتوسطة المتجهة المتجهة أو 1.7 m/s.

3 تقييم الإجابة

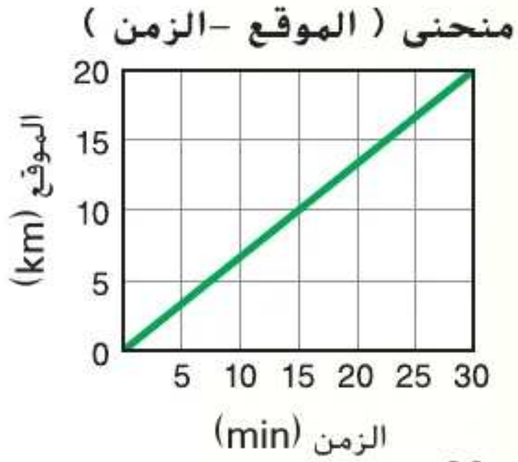
- **هل الوحدات صحيحة؟** الوحدات لكل من السرعة المتجهة والسرعة القياسية بالمتر في الثانية. الجسم يتحرك في خط مستقيم وبالاتجاه نفسه ذلك مقدار ازاحة الجسم يساوي مقدار المسافة المقطوعة في الزمن نفسه.
- **هل للأشارات دلالة؟** تتوافق الإشارة الموجبة للسرعة المتجهة مع النظام الإحداثي. لا يوجد اتجاه مرتبط بالسرعة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

تطبيقات

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. صِف 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. صِف 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 © مؤسسة لصالح للطبع والتأليف محفوظة حقوق الطبع

السرعة اللحظية المتجهة لماذا نسمي الكمية $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ السرعة المتوسطة المتجهة؟ لماذا لا نسميها السرعة المتجهة فقط؟ يوضح مخطط 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 مخطط 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 $\boldsymbol{v}$.

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 مخطط 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 مخطط الحركة لتمثيل السرعة المتجهة الخطوط التي ترسمها فرش الرسم على الأرض أسفل السيارات. في هذا الكتاب، نستخدم اللون الأحمر للإشارة إلى المتجهات المرسومة على مخططات الحركة. يوضح **الشكل 23** مخططات 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

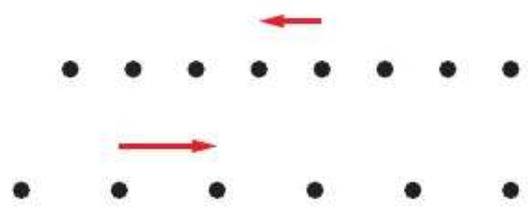
سجلات السرعة الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للرجال هو 9.58 s. وقد حققه يوسين بولت في عام 2009. الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للسيدات هو 10.49 s. وقد حققته جريفيث جوينر في عام 1988.

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 للموقع 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:

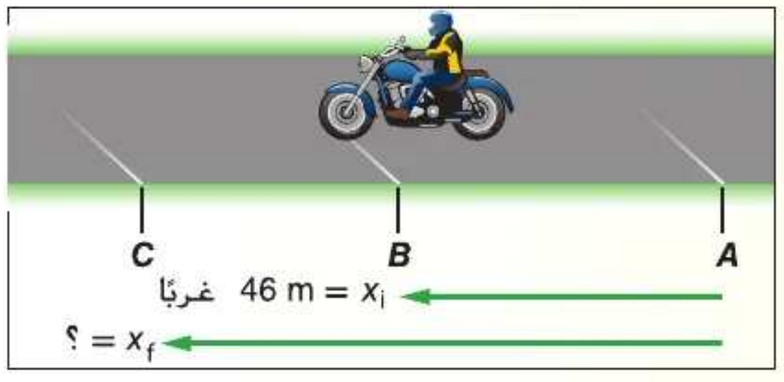
الموقع
موقع الجسم هو يساوي حاصل ضرب السرعة المتوسطة المتجهة في زمن حركة الجسم مضافا له الموقع الابتدائي للجسم.

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

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

اختّر نظامًا إحداثيًا بحيث تكون نقطة الأصل عند A.

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

2 إيجاد المجهول

$x = \overline{v}\,t + x_i$

▶ استخدام المقادير لإجراء العمليات الحسابية.

▶ التعويض عن v_{avg} = 12 m/s و t = 3.0 s و x_i = 46 m.

$= (12 \text{ m/s})(3.0 \text{ s}) + 46 \text{ m}$

$= 82 \text{ m}$

x = 82 m غربًا

3 تقييم الإجابة

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

حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©

تطبيقات

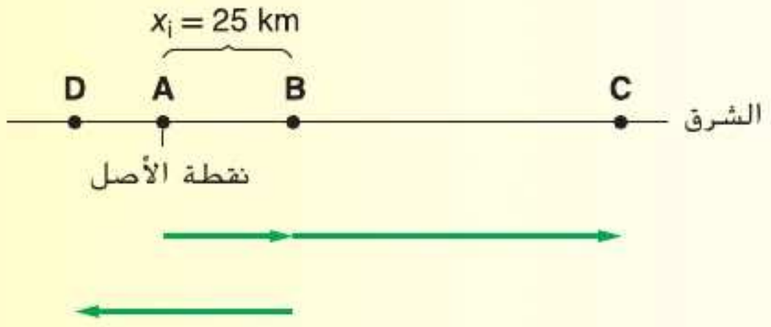
لحل المسائل *33-36*، راجع **الشكل 24**.

33. يوضح المخطط 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

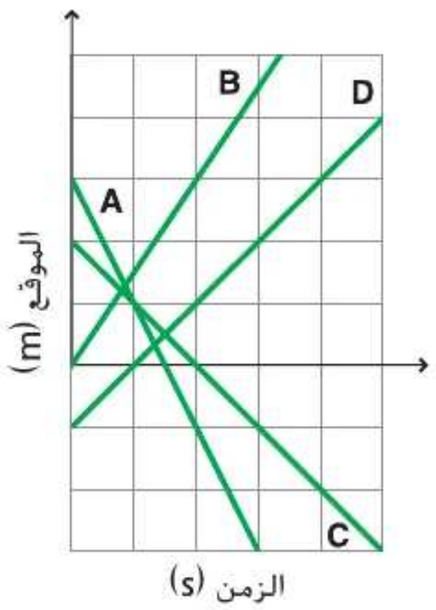
37. **الفكرة الرئيسة** كيف ترتبط سرعة الجسم بموقعه؟

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.

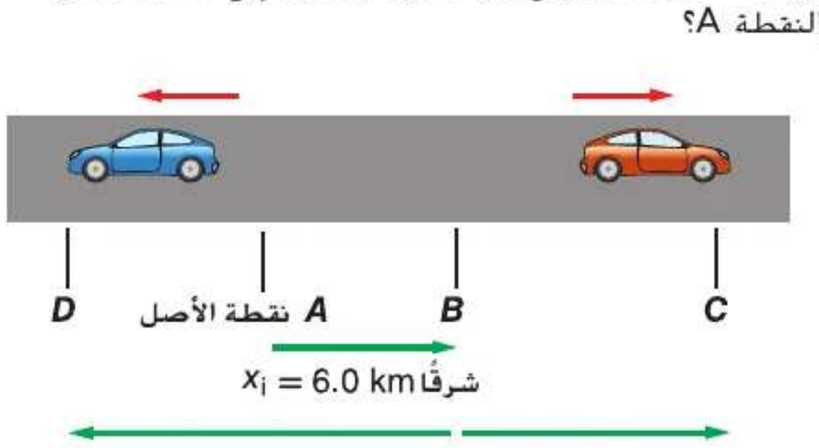
40. **مهمة الترتيب** رتب الرسومات البيانية الموضحة في **الشكل 25** حسب الموقع الابتدائي لكل جسم، من أكبر موقع موجب إلى أكبر موقع سالب. أشر إلى أي معادلة على وجه التحديد. هل سيختلف ترتيبك إذا رتّبت حسب المسافة الابتدائية من نقطة الأصل؟



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 موقع 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 موقع 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؟

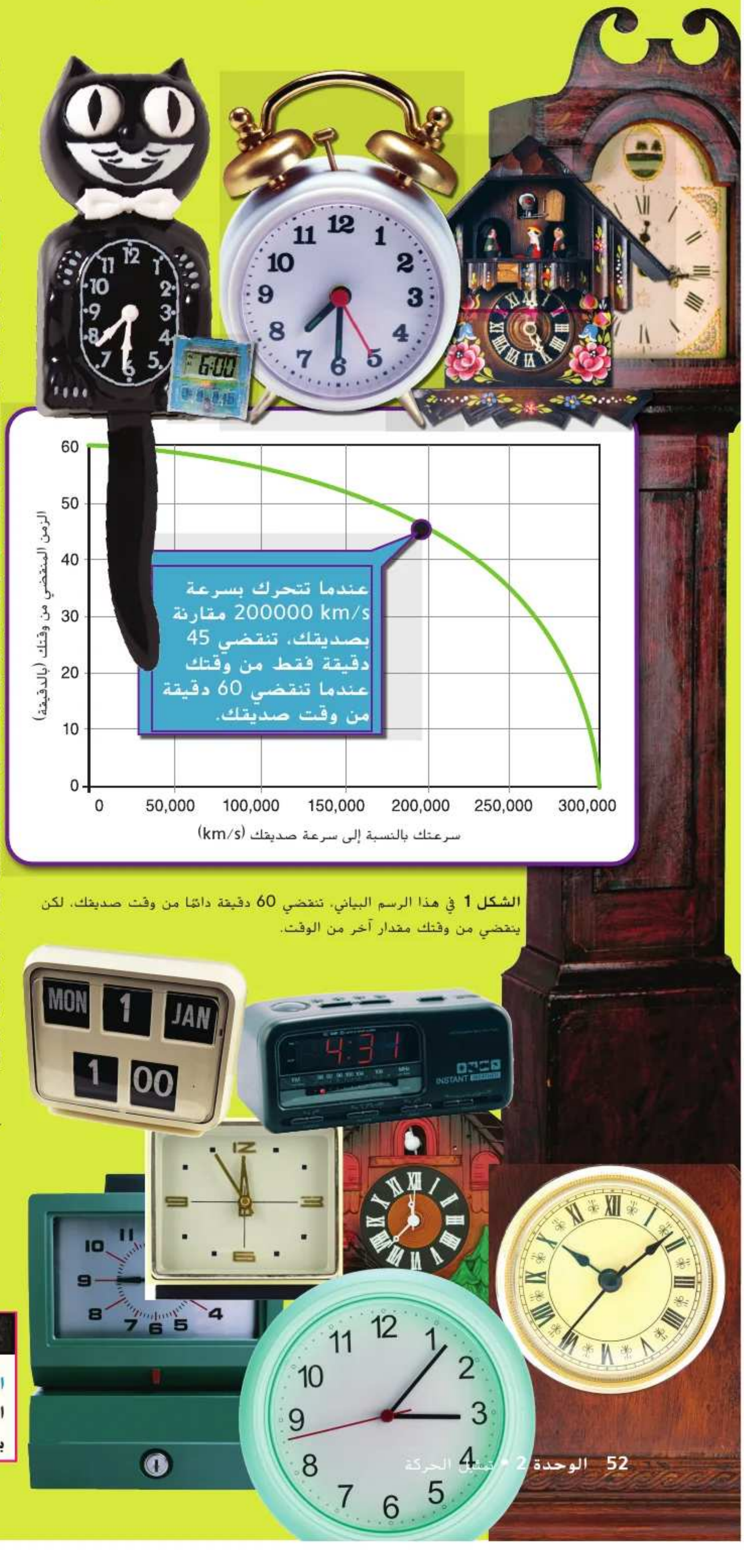
ماذا يُقصد بالزمن؟ إذا انقضت ساعة واحدة من وقتك، فهل ستنقضي أيضًا ساعة واحدة من وقت صديقك؟ قد تعتقد أن الإجابة هي "نعم". لكنها في الواقع "لا". ينقضي الزمن بمعدلات مختلفة استنادًا إلى وجهة نظرك.

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 مقارَنةً بصديقك، زاد الفارق بين الزمن الذي تستغرقه والزمن 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 الزمن 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 الزمن 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 يأخذ المهندسون ذلك في الحسبان.



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

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

لمزيد من التعمق >>>

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

حقوق الطبع والتأليف © McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح

الوحدة 2 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة يمكنك استخدام الإزاحة والسرعة لوصف حركة الجسم.

القسم 1 تصوير الحركة

المفردات

- مخطط الحركة
- نموذج جسيم

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

- يوضح مخطط الحركة موقع الجسم في فترات زمنية متساوية ومتتالية.
- في مخطط 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 مواقع 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 مخطط 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 مخططات 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 2 التقويم

القسم 1 تصوير الحركة

إتقان المفاهيم

45. ما الغرض من مخطط الحركة؟

46. أي الحالات يجوز فيها التعامل مع جسم ما على أنه جسيم عند حل مسائل الحركة؟

القسم 2 الموقع والزمن

إتقان المفاهيم

47. تصف الكميات التالية الموقع أو التغيير الطارئ عليه: الموقع والمسافة والإزاحة. صف بإيجاز أوجه الاختلاف بينها.

48. كيف يمكنك استخدام ساعة لإيجاد الفاصل الزمني؟

القسم 3 التمثيل البياني للحركة

إتقان المفاهيم

49. **التزلج على محور واحد** كيف يمكننا استخدام الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن لاثنين من المتزلجين على رسم واحد لتحديد إذا ومتى سيتجاوز أحد المتزلجين على محور واحد المتزلج الآخر؟

القسم 4 السرعة

إتقان المفاهيم

50. **الفكرة الرئيسة** ما المعادلة التي تصف مدى ارتباط السرعة المتوسطة المتجهة لجسم متحرك بإزاحته؟

51. **المشي مقابل الركض** ينطلق الشخص الذي يمشي والشخص الذي يركض من أمامك في اللحظة نفسها. يتحركان في الاتجاه نفسه بسرعات متجهة ثابتة مختلفة. صِف رسومات البيانات للعلاقة بين الموقع والزمن لكل منهما.

52. ماذا يمثل ميل الخط المستقيم في الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن؟

53. إذا كنت تعرف الزمن الذي استغرقه جسم ما للتنقل بين نقطتين ومواقع الجسم على النقطتين، فهل يمكنك تحديد السرعة اللحظية المتجهة للجسم؟ وسرعته المتوسطة المتجهة؟ اشرح.

إتقان حل المسائل

54. أنت تركب دراجة بسرعة 4.0 m/s في فترة تقدر بحوالي 5.0 s. احسب المسافة التي قطعتها؟

55. **علم الفلك** يصل الضوء الصادر من الشمس إلى الأرض في فترة تقدر بحوالي 8.3 min. وسرعة الضوء تساوي 3.00×10^8 m/s. كم تبلغ المسافة بين الشمس والأرض؟

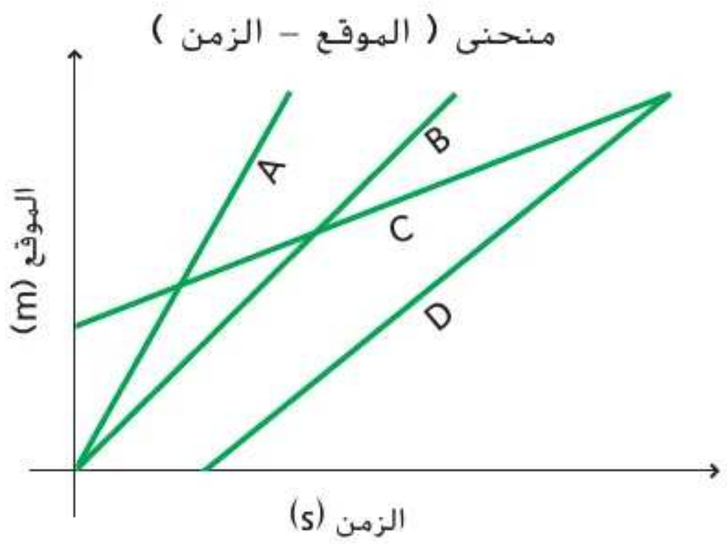
56. **طرح مسألة** أكمل هذه المسألة لكي يجد لها أحد الأشخاص حلاً باستخدام مفهوم السرعة المتوسطة: "تقطع الفراشة مسافة 15 m من زهرة لأخرى ...."

57. تمارس نورا رياضة الركض البطيء عدة مرات في الأسبوع ولا تتجاوز الزمن الذي تستغرقه في كل مرة تمارس فيها هذه الرياضة. نسيت في أحد الأيام ارتداء ساعة الإيقاف وتساءلت هل من طريقة يمكن أن تعرف بها كم استغرقت من الزمن. كلما مرت بجوار مبني البنك على وجه الخصوص، تذكرت أنها قطعت مسافة 4.3 km من منزلها. تتعلم من التدريب السابق الذي مارسته أن لديها سرعة ثابتة 4.0 m/s. كم من الزمن تستغرقه نورا وهي تمارس رياضة الركض البطيء عندما تصل إلى البنك.

58. **القيادة** تقود أنت وصديقك لمسافة 50.0 km. تقود بسرعة 90.0 km/h؛ ويقود صديقك بسرعة 95.0 km/h. كم يلزم صديقك من الزمن لينهي لرحلته من بعدك؟

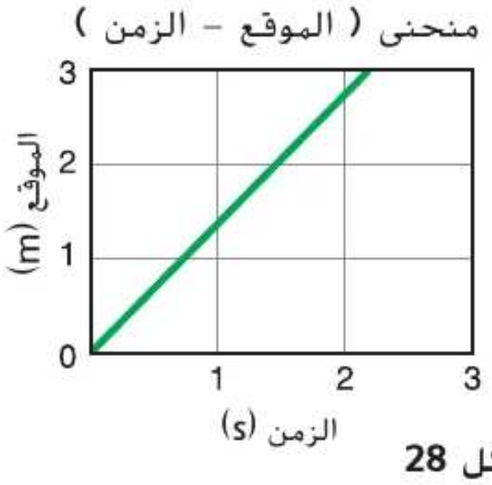
تطبيق المفاهيم

59. **مهمة الترتيب** يوضح الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 27** حركة أربع أبقار تعود من المراعي إلى الحظيرة. رتّب الأبقار بناء على سرعتها المتوسطة، من الأبطأ إلى الأسرع.



الشكل 27

60. يوضح **الشكل 28** رسمًا بيانيًا للعلاقة بين الموقع والزمن لأرنب يركض بعيدًا عن أحد الكلاب. ما وجه الاختلاف في الرسم البياني إذا كان الأرنب يركض بسرعة مضاعفة؟ وما وجه الاختلاف فيه إذا كان الأرنب يركض في الاتجاه المعاكس؟



الشكل 28

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

61. اختبر المعادلات التالية واشرح سبب عدم امتلاك كل منها للخصائص اللازمة لوصف مفهوم السرعة:
$\Delta x + \Delta t,\ \Delta x - \Delta t,\ \Delta x \times \Delta t,\ \frac{\Delta t}{\Delta x}$.

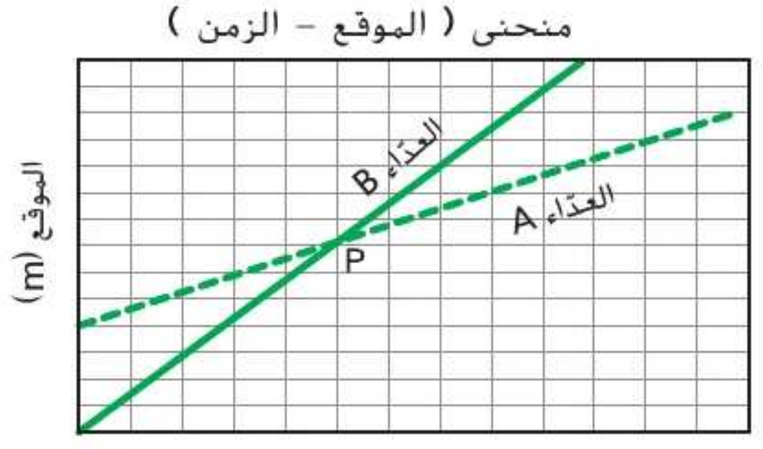
62. كرة القدم عند حل مسائل الفيزياء، ما الذي يجب أن يكون صحيحًا بشأن حركة كرة القدم من أجل أن تعامل كرة القدم كما لو كانت تمثل أحد الجسيمات؟

63. يشير **الشكل 29** إلى رسم بياني لشخصين يمارسان رياضة الجري.

a. صِف موقع العدّاء **A** مقارنة بالعدّاء **B** عند نقطة التقاطع مع المحور *y*.

b. مَن العدّاء الأسرع؟

c. ماذا يحدث عند النقطة **P** وما بعدها؟



الشكل 29

مراجعة عامة

64. ركوب الدراجات يحافظ راكب الدراجة الذي يقطع مسافة بطول أحد الممرات المستقيمة على سرعته المتجهة الثابتة التي تبلغ 5.0 m/s باتجاه الغرب. عند $t = 0.0$ s، يبعد راكب الدراجة مسافة 250 m باتجاه الغرب عن النقطة A.

a. ارسم رسمًا بيانيًا للعلاقة بين الموقع والزمن يتناول موقع راكب الدراجة من النقطة A خلال زمن 10.0 s من الزمن الكلي 60.0 s.

b. ما موقع راكب الدراجة من النقطة A عند 60.0 s؟

c. كم يساوي مقدار الإزاحة من موقع البداية عند 60.0 s؟

65. الشكل 30 عبارة عن مخطط لنموذج جسيم يمثل الدجاج الذي يسير عرضيًا عبر الطريق. ارسم رسمًا بيانيًا متطابقًا للعلاقة بين الموقع والزمن، واكتب معادلة تصف حركة الدجاج.

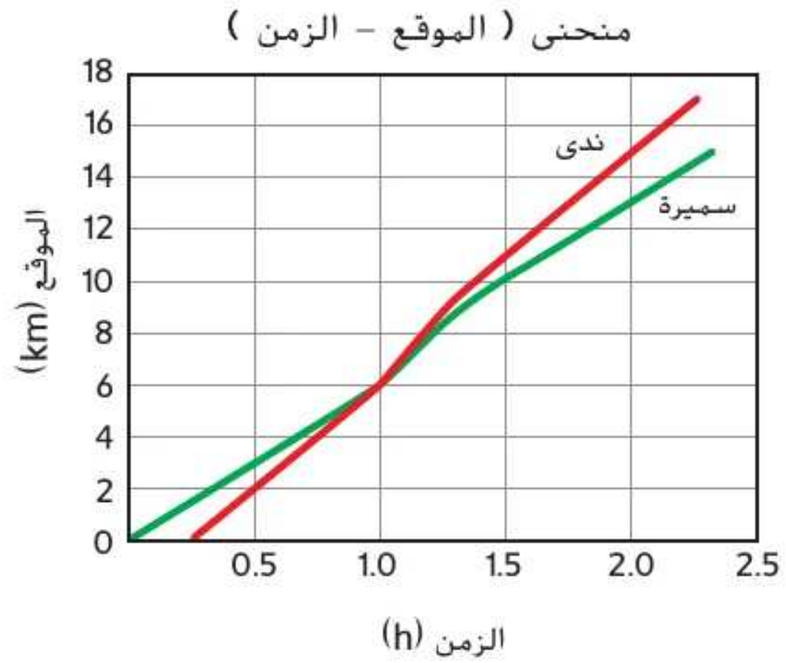
الشكل 30

66. يوضح **الشكل 31** الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن الخاص بممارسة ندى وسميرة لرياضة قوارب التجديف في نهر محلي كل منهما في قارب منفصل.

a. ما الزمن الذي تتلقى فيه ندى بسميرة في المكان نفسه؟

b. كم الزمن الذي تستغرقه ندى في التجديف قبل المرور بسميرة؟

c. في أي مكان في النهر يبدو أنه قد يكون هناك تيار سريع؟



الشكل 31

67. القيادة تغادر السيارة A والسيارة B المدرسة عندما تشير ساعة الإيقاف إلى صفر. تتحرك السيارة A بسرعة ثابتة تبلغ 75 km/h. وتتحرك السيارة B بسرعة ثابتة تبلغ 85 km/h.

a. ارسم رسمًا بيانيًا للعلاقة بين الموقع والزمن يوضح حركة السيارتين على خلال 3 ساعات. ما المسافة التي تبعدها السيارتان عن المدرسة عندما تشير ساعة الإيقاف إلى 2.0 h؟ احسب المسافتين ووضحهما على رسمك البياني.

b. مرت السيارتان على محطة بنزين بعد الابتعاد عن المدرسة مسافة 120 km. ما الزمن اللازم لمرور كل سيارة على محطة البنزين؟ احسب الزمنين ووضحهما على رسمك البياني.

68. ارسم رسمًا بيانيًا يتناول العلاقة بين الموقع والزمن ويخص لسيارتين متوجهتين إلى الشاطئ الذي يقع على بُعد 50 km من المدرسة. عند الظهيرة، تغادر السيارة A المخزن الذي يكون أقرب إلى الشاطئ عن المدرسة بمسافة 10 km وتتحرك بسرعة 40 km/h. تبدأ السيارة B في مغادرة المدرسة عند 12:30 ظهرًا وتتحرك بسرعة 100 km/h. متى تصل كل سيارة إلى الشاطئ؟

69. تسير سيارتان بطول طريق مستقيم. عندما تشير ساعة الإيقاف إلى $t = 0.00$ h، تكون السيارة A قد قطعت مسافة $x_A = 48.0$ km وتكون متحركة بسرعة 36.0 km/h. لاحقًا، عندما تشير الساعة إلى $t = 0.50$ h، تكون السيارة B قد قطعت مسافة $x_B = 0.00$ km وتكون متحركة بسرعة 48.0 km/h. أجب عن الأسئلة التالية، صمم رسمًا بيانيًا يتناول العلاقة بين الموقع والزمن، ثم جبريًا عن طريق كتابة المعادلات المناسبة للموقعين x_A وx_B بدلالة الزمن (t).

a. ما الذي ستشير إليه الساعة عندما تمر السيارة B بالسيارة A؟

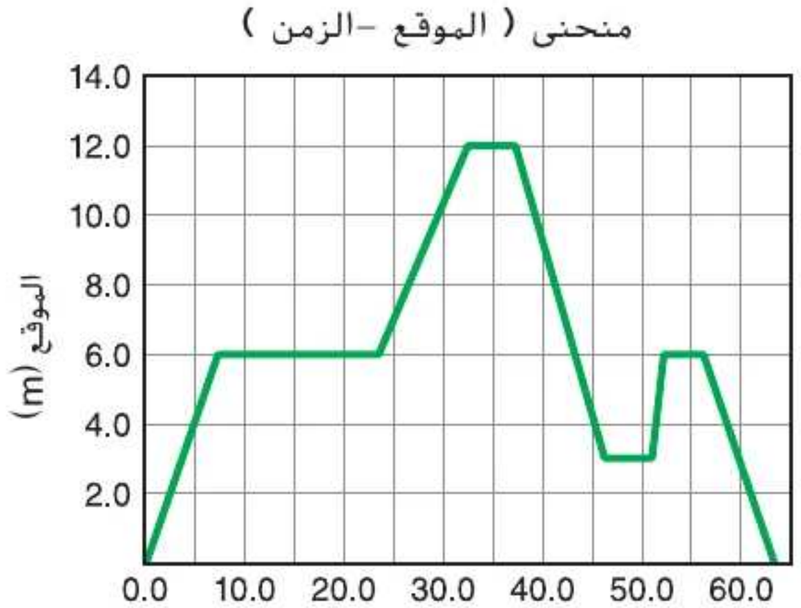
b. ما الموقع الذي ستمر به السيارة B بالسيارة A؟

c. عندما تمر السيارتان ببعضهما البعض، كم تساوي فترة التقائهما علمًا بأن السيارة A كانت عند النقطة المرجعية؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

70. يظهر الرسم البياني في **الشكل 32** حركة جمال في ممر طويل ومستقيم. تقع نقطة الأصل عند إحدى نهايات الممر.



الشكل 32

a. **مسألة معكوسة** اكتب قصة تصف حركة جمال في الممر التي ستكون متطابقة مع الحركة التي يمثلها الرسم البياني.

b. ما الزمن اللازم ليبتعد جمال مسافة 6.0 m عن نقطة الأصل؟

c. ما الزمن المستغرق بين بدء جمال بالتحرك ليقطع مسافة 12.0 m من نقطة الأصل؟

d. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لجمال بين 46.0 s و 37.0 s؟

التفكير الناقد

71. استخدام الآلات الحاسبة وقف زملاء من فصل الفيزياء بعيدًا بمسافة 25 m واستخدموا ساعات إيقاف لقياس الزمن الذي مرت فيه إحدى السيارات التي تسير على الطريق السريع على كل شخص. يظهر **الجدول 2** بيانات الموقع والزمن.

الجدول 2 الموقع والزمن

الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
1.3	25.0
2.7	50.0
3.6	75.0
5.1	100.0
5.9	125.0
7.0	150.0
8.6	175.0
10.3	200.0

استخدم أحد برامج الرسوم البيانية على الحاسوب (اكسل) لرسم افضل خط بياني لتغيرات الموقع والزمن. أوجد ميل الخط.

كم كانت السرعة المتوسطة لهذه السيارة؟

72. تطبيق المفاهيم تريد أن تقطع مسافة بسرعة 90 km/h للقيام برحلة بالسيارة. قطعت النصف الأول من المسافة بسرعة متوسطة 48 km/h. كم تبلغ السرعة المتوسطة التي يجب أن تكون للنصف الثاني من الرحلة لبلوغ هدفك؟ هل هذا منطقي؟ لاحظ أن السرعات ترتبط بنصف المسافة، وليس نصف الزمن.

73. تصميم تجربة في كل مرة يقود فيها أحد دراجة بخارية حمراء اللون على وجه التحديد أمام منزل صديقك، يشعر والده بالغضب. يعتقد أن الدراجة البخارية تسير بسرعة كبيرة للغاية تتجاوز حد السرعة المقدّر بحوالي (40 km/h) 25 mph. صف تجربة بسيطة تجريها لمعرفة هل الدراجة البخارية ستزداد سرعتها في المرة القادمة عندما تمر بمنزل صديقك.

74. تفسير الرسومات البيانية هل من الممكن أن يكون الرسم البياني الذي يتناول العلاقة بين الموقع والزمن لجسم ما ممثلاً بخط أفقي؟ أو خط رأسي؟ إذا كانت إجابتك بنعم في الحالتين، فصف الحركة المرتبطة بالكلمات.

الكتابة في الفيزياء

75. توصل علماء الفيزياء إلى أن سرعة الضوء تساوي 3.00×10^8 m/s. كيف توصلوا إلى هذا الرقم؟ اقرأ عن بعض التجارب التي أجراها العلماء لإيجاد سرعة الضوء. صِف كيف تطورت الأساليب التجريبية لجعل نتائج التجارب أكثر دقة.

76. تتمتع بعض فصائل الحيوانات بقدرة كبيرة على التحمل، بينما يتمتع البعض الآخر بقدرة على التحرك حركة سريعة، لكن فقط لفترة قصيرة من الزمن. استخدم موارد مرجعية لإيجاد مثالين لكل خاصية، وصِف إلى أي مدى تساعد الحيوان.

مراجعة تراكمية

77. حوّل كلاً من القياسات الزمنية التالية إلى ما يعادلها بوحدة الثانية:

a. 58 ns
b. 0.046 Gs
c. 9270 ms
d. 12.3 ks

78. اذكر عدد الأرقام المعنوية في القياسات التالية:

a. 3218 kg
b. 60.080 kg
c. 801 kg
d. 0.000534 kg

79. باستخدام الآلة الحاسبة، توصل أحمد إلى النتائج التالية. اكتب كل إجابة مجددًا باستخدام العدد الصحيح للأرقام المعنوية.

a. 5.32 mm + 2.1 mm = 7.4200000 mm
b. 13.597 m × 3.65 m = 49.62905 m^2
c. 83.2 kg − 12.804 kg = 70.3960000 kg

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 2 تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

1. ما العبارة التي ستكون صحيحة عن مخطط حركة نموذج الجسيم لطائرة تحلّق بسرعة ثابتة 850 km/h؟

A. ستبدأ النقاط قريبة من بعضها وتبعد كلما بعدت الطائرة عن المطار.

B. ستكون النقاط بعيدة عن بعضها في البداية وتقترب من بعضها كلما بعدت الطائرة عن المطار.

C. ستكوّن النقاط نمطًا متباعدًا بشكل متساوٍ.

D. ستبدأ النقاط قريبة من بعضها ثم تبعد عن بعضها ثم تقترب من بعضها مرة أخرى كلما بعدت الطائرة عن المطار.

2. ما العبارة الصحيحة عن رسم المتجهات؟

A. ينبغي أن يتناسب طول المتجه تناسبًا طرديًا مع مقداره.

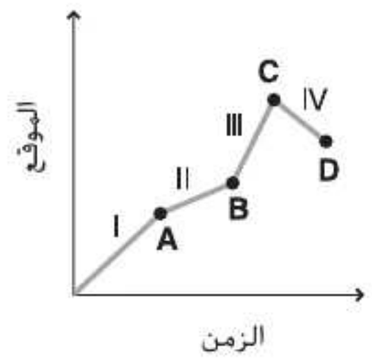
B. تحتاج إلى مخطط المتجهات لحل جميع مسائل الفيزياء بشكل صحيح.

C. المتجه هو كمية لها مقدار وليس لها اتجاه.

D. جميع الكميات في الفيزياء عبارة عن متجهات.

3. يوضح الشكل التالي رسمًا بسيطًا لحركة دراجة. (تُهمل حركة زيادة السرعة وإبطاء السرعة.) في أي المراحل تكون سرعة الدراجة الأكبر؟

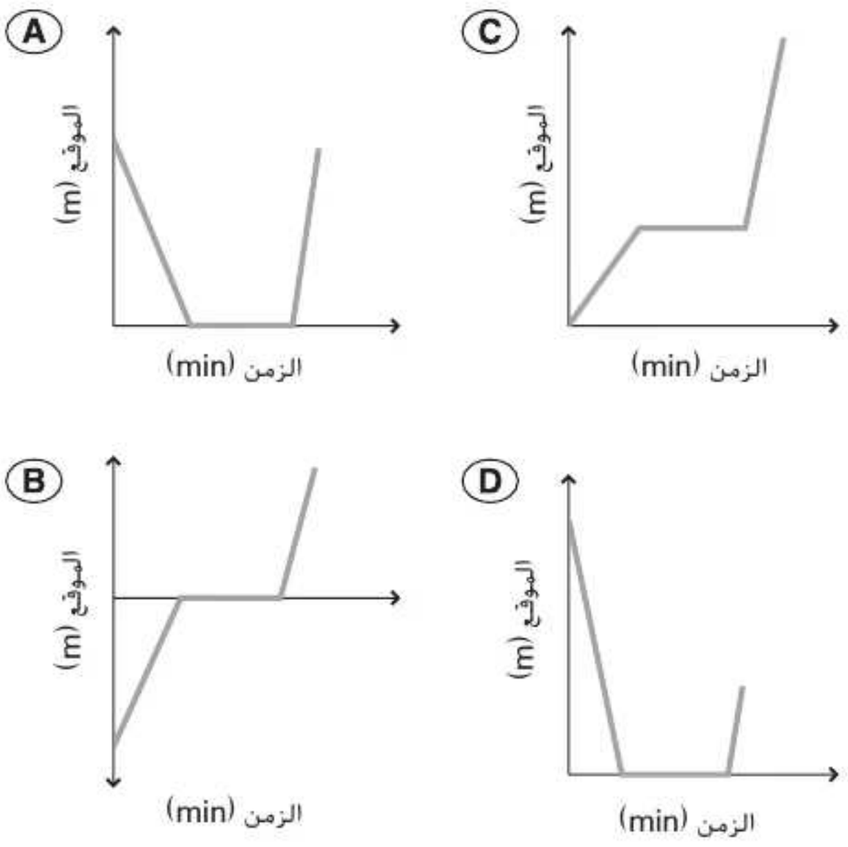
A. المرحلة I
B. المرحلة II
C. المرحلة III
D. المرحلة IV



4. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لقطار يتحرك على طول مسار مستقيم إذا كانت إزاحته 192 m شرقًا خلال فترة زمنية 8.0 s؟

A. 12 m/s شرقًا
B. 24 m/s شرقًا
C. 48 m/s شرقًا
D. 96 m/s شرقًا

5. ينزل سنجاب على شجرة يبلغ ارتفاعها 8m بسرعة ثابتة في غضون 1.5 min. لا يزال في قاعدة الشجرة منذ 2.3 min. صدر ضجيج عال جعل السنجاب يصعد مرة أخرى إلى مكانه بالضبط على الفرع الذي بدأ منه في غضون 0.1 min. عند إهمال حركة زيادة السرعة وإبطاء السرعة، ما الرسم البياني لمنحنى (الموقع – الزمن) الذي يمثل حركة السنجاب؟



أسئلة ذات إجابات مفتوحة

6. يتحرك فأر على طول مسار مستقيم. أوجد موقع الفأر بالنسبة إلى نقطة الأصل إذا تحرك بسرعة 12.8 cm/s شمالاً لفترة 3.10 s.

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

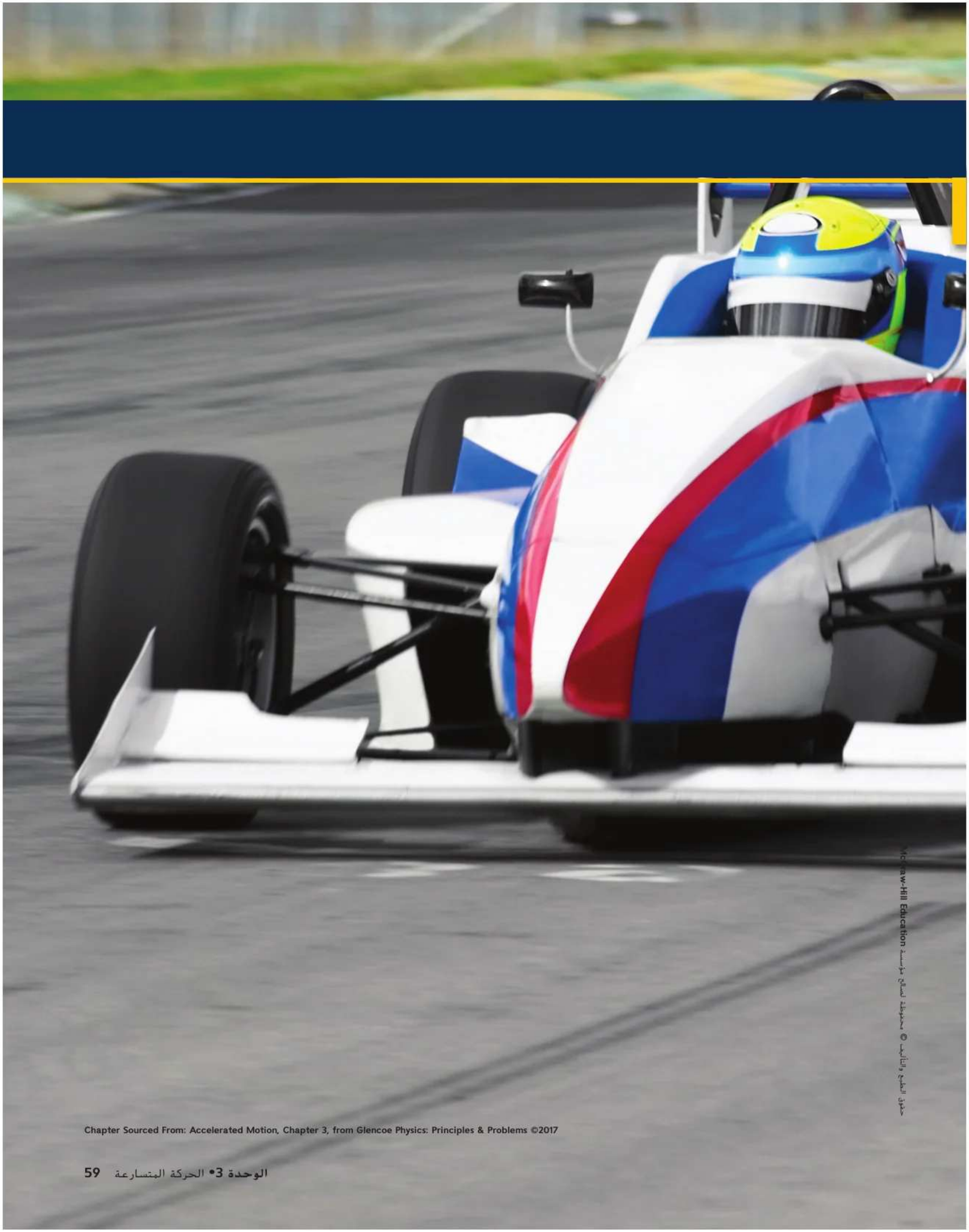
3 السقوط الحر

التجربة الاستهلالية

الرسم البياني للحركة

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From: Accelerated Motion, Chapter 3, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

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 المتجهه – 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.

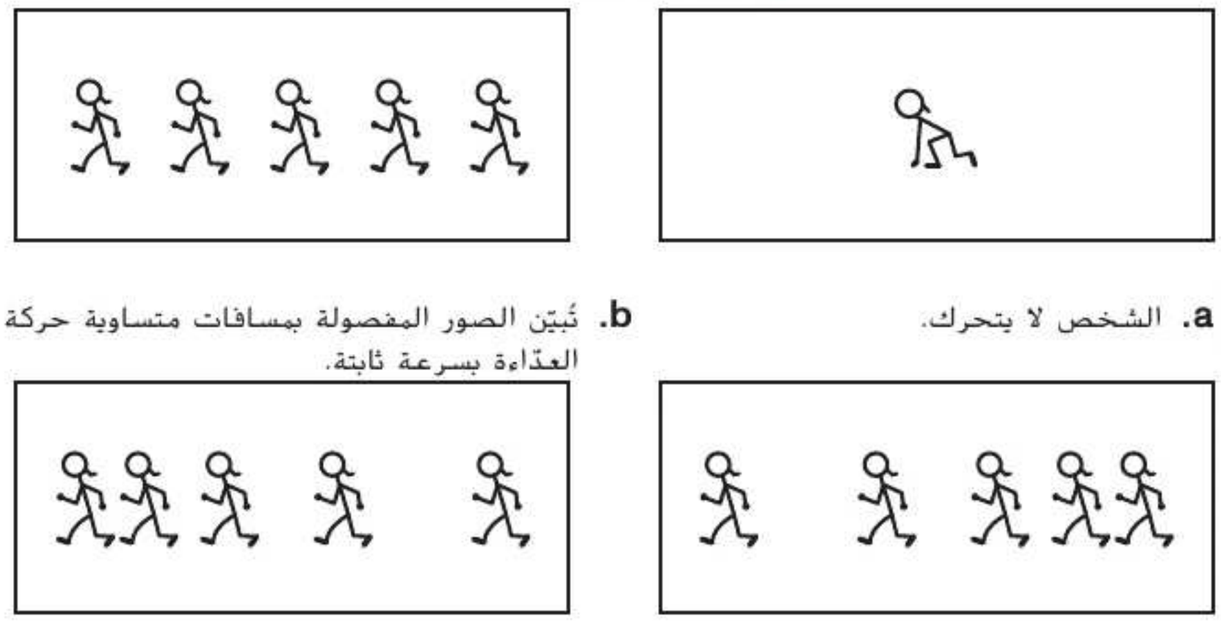
مخططات الحركة غير المنتظمة

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 المخطط الأول لا يتحرك الشخص، لكن في المخططات الأخرى يتغيّر المخطط بطرق مختلفة. ما المعلومات التي تتضمنها المخططات ويمكن استخدامها للتمييز بين الأنواع المختلفة من الحركة؟ لاحظ المسافات بين المواقع المتتابعة. نظرًا لوجود شكل واحدة للشخص الموجود في المخطط الأول، يمكنك استنتاج أنها في وضع السكون. المسافات بين الصور في المخطط الثاني متساوية لأن العدّاءة تتحرّك حركة منتظمة وتتحرّك بسرعة متجهة ثابتة. أما في المخططين 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.

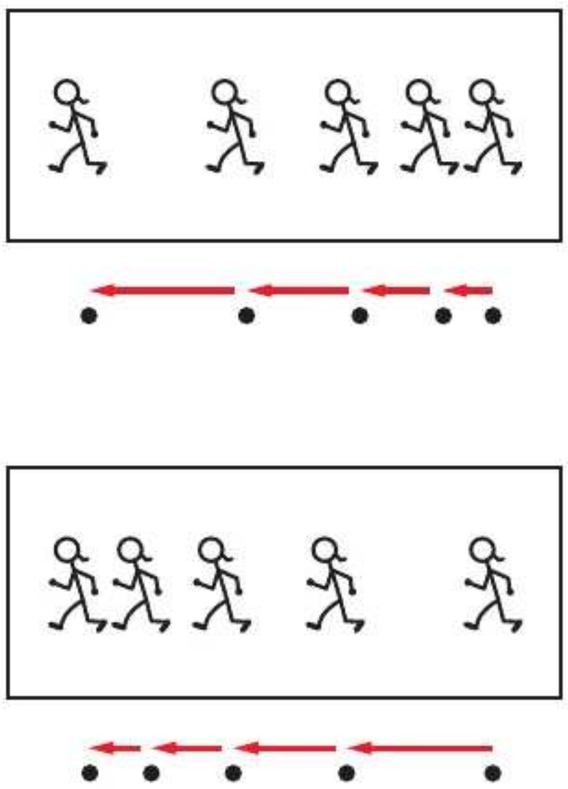
b. تُبيّن الصور المفصولة بمسافات متساوية حركة العدّاءة بسرعة ثابتة.

c. تتزايد سرعة العدّاءة.

c. تتناقص سرعة العدّاءة.

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

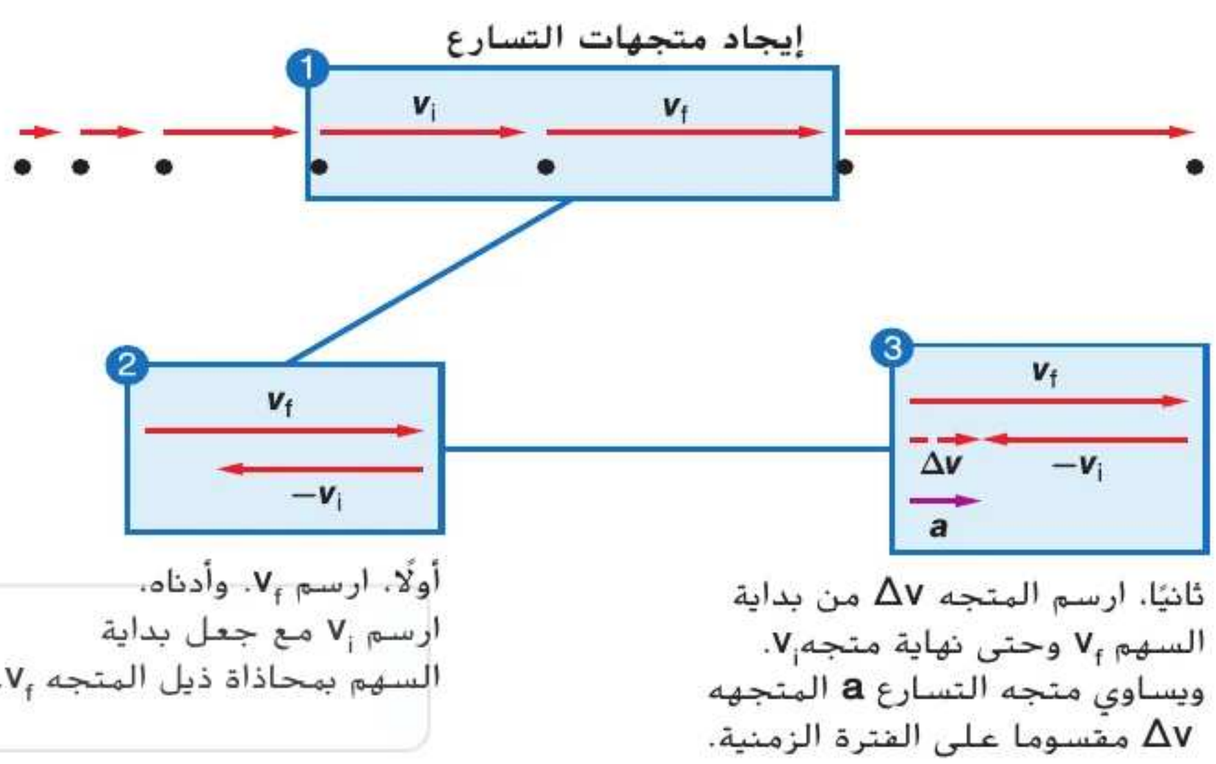
مخطط نموذج جسم متحرك كيف يبدو مخطط حركة جسم متحرك ذي سرعة متجهة متغيرة؟ يعرض **الشكل 2** مخططات حركة نموذج جسم متحرك أسفل مخططات حركة العداءة عندما تزيد سرعتها وتقل. هناك مؤشران رئيسان يعبران عن التغير في السرعة المتجهة في هذا النمط من مخطط الحركة. ويشير التغير في المسافات بين النقاط والاختلافات بين 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.

☑ **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 المخطط. 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، $\Delta \boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i = \boldsymbol{v}_f + (-\boldsymbol{v}_i)$ حيث يشير $\boldsymbol{v}_i$ و $\boldsymbol{v}_f$ 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.



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.

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.

تعريف الألوان

التسارع ← بنفسجي
السرعة المتجهة ← أحمر

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اتجاه التسارع

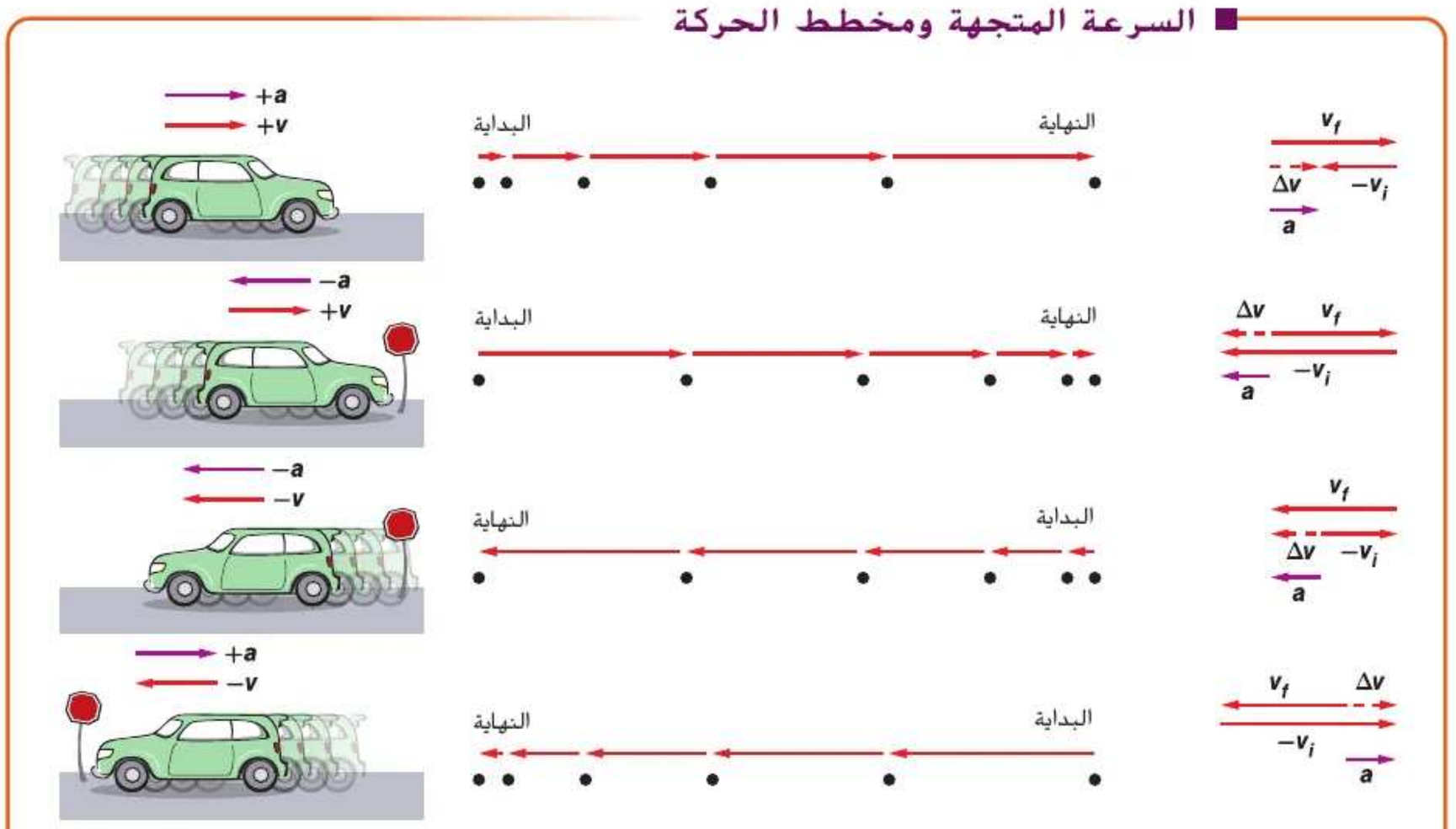
تأمل الحالات الأربع الموضحة في **الشكل 4** حيث يستطيع الجسم أن يتحرك بسرعة متغيرة. ويوضح مخطط الحركة الأول تحرك السيارة في الاتجاه الموجب وازدياد سرعتها. ويوضح مخطط الحركة الثاني تحرك السيارة في الاتجاه الموجب وتناقص سرعتها. كما يوضح مخطط الحركة الثالث ازدياد سرعة السيارة في الاتجاه السالب. ويوضح المخطط 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 المتجهه - الزمن). على **منحنى (السرعة المتجهه - الزمن)** أو الرسم البياني v-t. تُعيّن السرعة المتجهة على المحور الرأسي ويُعيّن الزمن على المحور الأفقي.

الميل يوضح **الشكل 5** منحنى (السرعة المتجهه - 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).

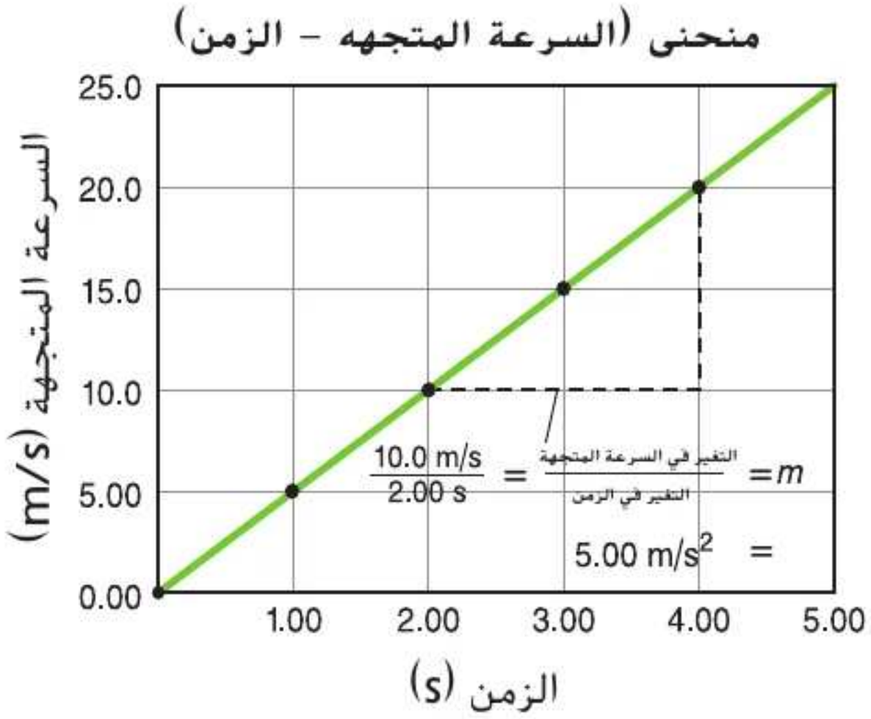
يوضح الرسم البياني أن الميل يساوي 5,00 (m/s)/s. التي تكتب عادة $5\ m/s^2$ للفترة الزمنية الواقعة بين 4,00 s و 5,00 s . تجد عند 4,00 s أن السرعة المتجهة للسيارة كانت 20,0 m/s في الاتجاه الموجب. وعند 5,00 s، كانت السيارة تتحرك بسرعة 25,0 m/s في الاتجاه نفسه. ولذلك، عند 1,00 s، زادت السرعة المتجهة للسيارة 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 الرسمين البيانيَّين (A) و(E) صفرًا. ومن ثمّ، فإن تسارع كل منهما يساوي صفرًا. يوضح كلا الرسمين البيانيين الحركة بسرعة متجهة ثابتة — العداء (A) يتجه شرقًا والعداء (E) يتجه غربًا. كما يوضح الرسم 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 البياني (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 الرسمان البيانيان (C) و(B) أن سرعتي العدائين متساوية عند ذلك الزمن. ولكن هذه النقطة لا تحدد مواقعهم.

يشير الرسم البياني (D) إلى الحركة التي تبدأ باتجاه الغرب وتتباطأ وللحظة معينة تصبح سرعته المتجهة صفرًا ثم يتحرك شرقًا بسرعة متزايدة. ويتميز الرسم 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.

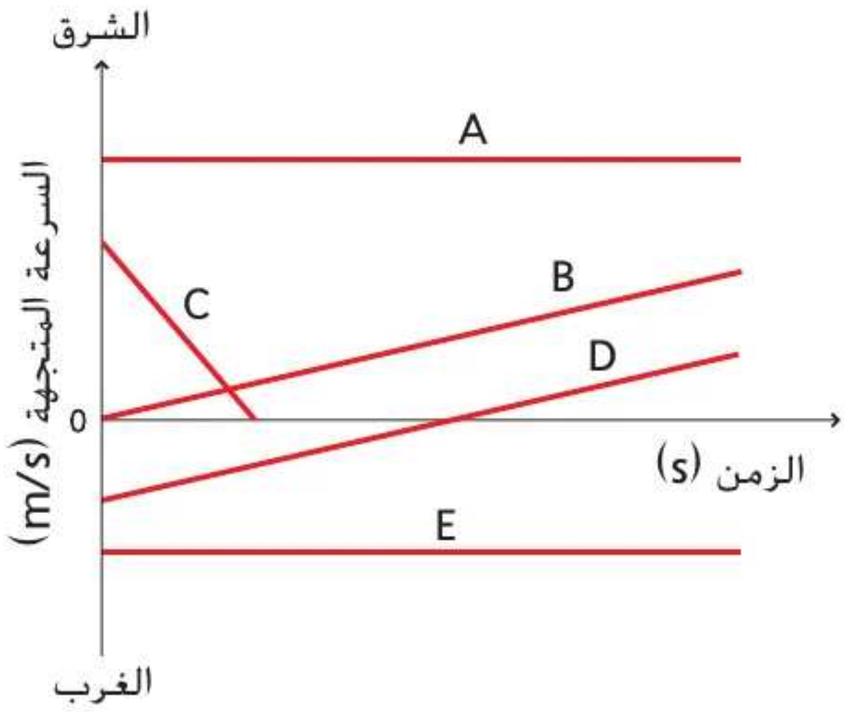
تأكد من فهمك صِف معنى تقاطع خط مع المحور *x* في منحنى (السرعة المتجهه - الزمن).

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

تجربة برمجيات المجسات كيف يبدو الرسم البياني لكرة مقذوفة لأعلى؟

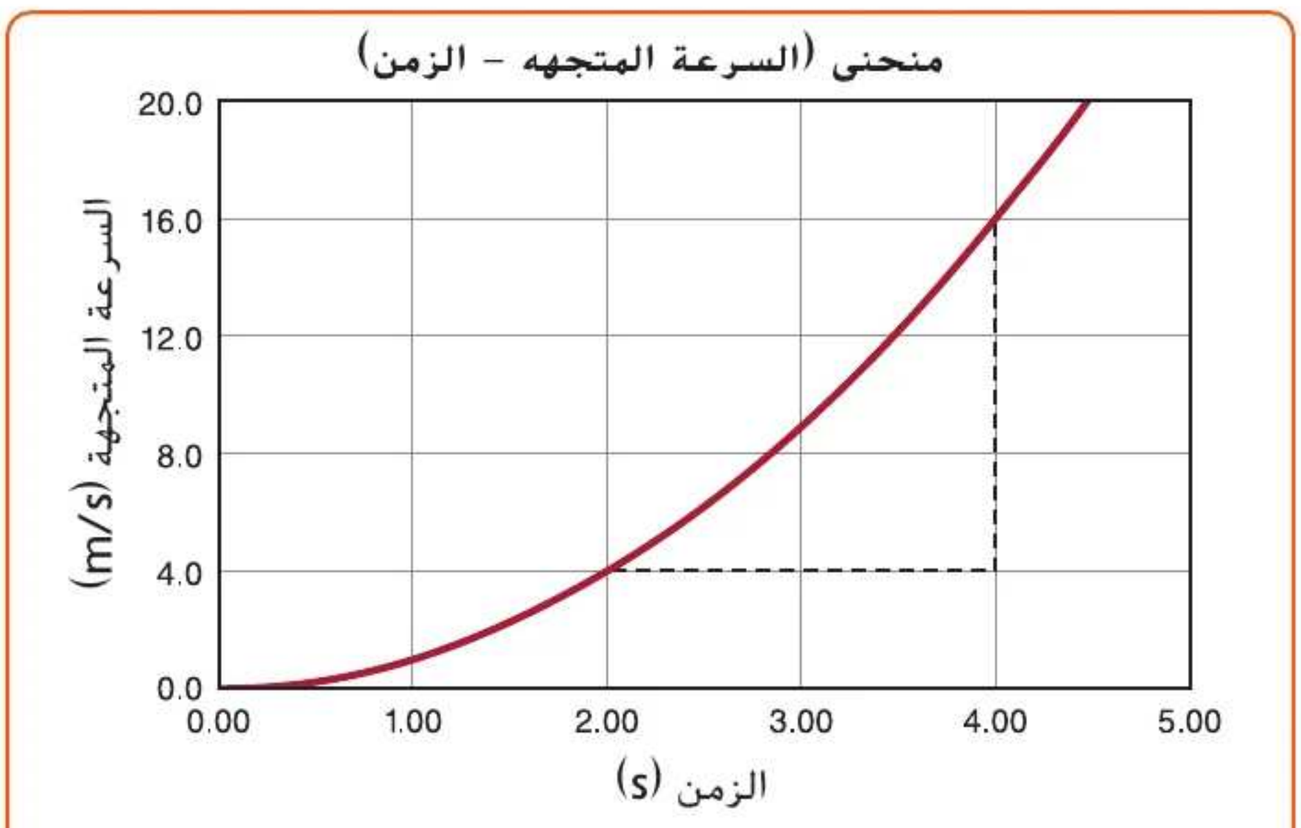
التسارع المتوسط والتسارع اللحظي

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؟

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

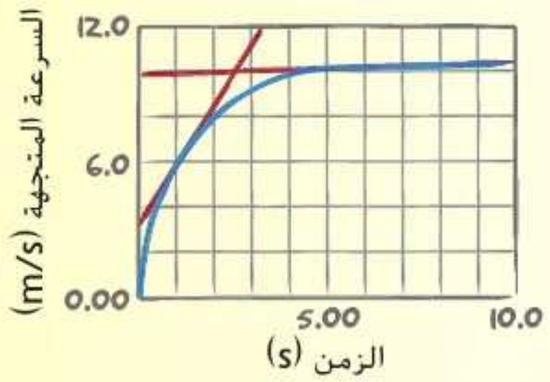
$$= \frac{-4.0\ \text{m/s} - 4.0\ \text{m/s}}{10.0\ \text{s}} = -0.80\ \text{m/s}^2$$

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

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

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

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

◀ 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 $2.9\ \text{m/s}^2$ عند 1.0 s إلى $0.030\ \text{m/s}^2$ 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

تطبيقات

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.

2. استخدم الرسم البياني v-t للعبة القطار الموضح في **الشكل 9** للإجابة عن هذه الأسئلة.

a. متى تكون سرعة القطار ثابتة؟

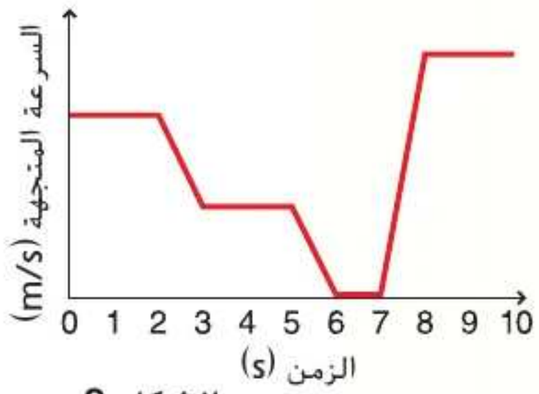
b. خلال أي فترة زمنية يكون تسارع القطار موجبًا؟

c. متى يكون تسارع القطار سلبيًا لأقصى درجة؟

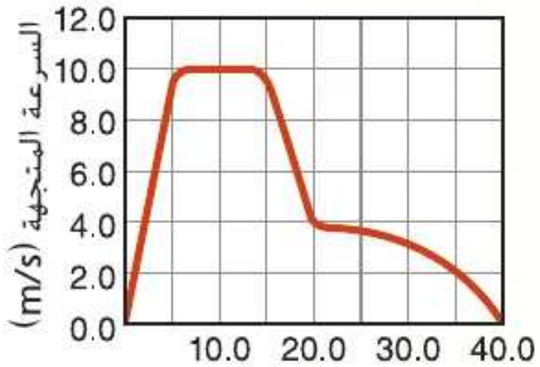
3. راجع **الشكل 9** لإيجاد التسارع المتوسط للقطار خلال الفترات الزمنية التالية.

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.



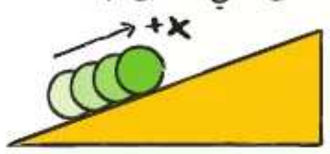
الشكل 8



الشكل 9

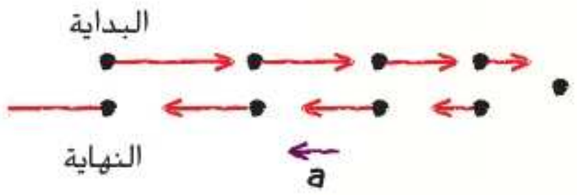
مثال 2

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 المتجهه – الزمن) اعتمادًا على مخطط الحركة.



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

2 إيجاد المجهول

أوجد مقدار التسارع من ميل الرسم البياني.

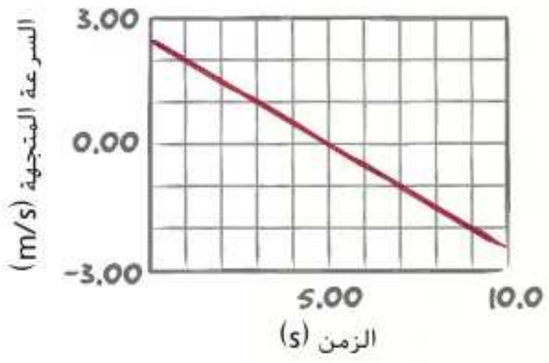
أوجد التغيّر في السرعة المتجهة والزمن اللازم لإجراء هذا التغير.

$$\Delta v = v_f - v_i$$

$$= 0.00\ m/s - 2.50\ m/s = -2.50\ m/s$$

$$\Delta t = t_f - t_i$$

$$= 5.00\ s - 0.00\ s = 5.00\ s$$ ◄ 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.

$$\overline{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} = (-2.50\ m/s) / 5.00\ s$$ ◄ التعويض $t_f = 5.00\ s$، $t_i = 0.00\ s$.

$$= -0.500\ m/s^2$$ أو $0.500\ m/s^2$ 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

تطبيقات

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 الزمن 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 ثمَّ، 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 المتجهه – 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 المتجهه 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.

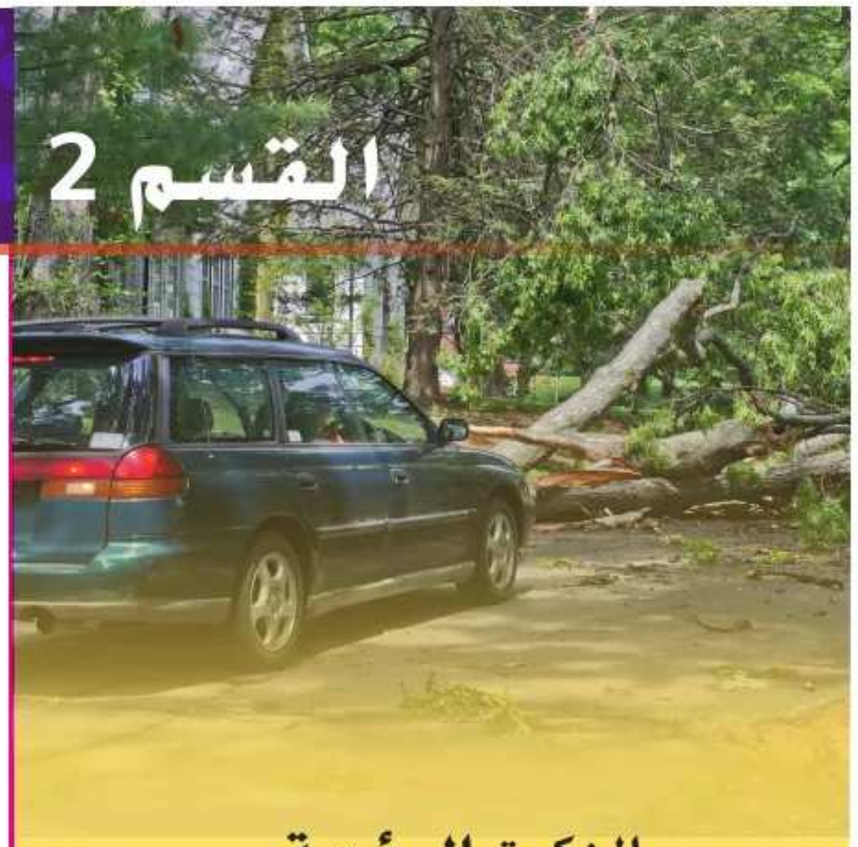
a. ما السرعة المتجهة المتوسطة للقارب خلال فترة زمنية مدتها 8.0 s؟

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 لُوحِظَا 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.

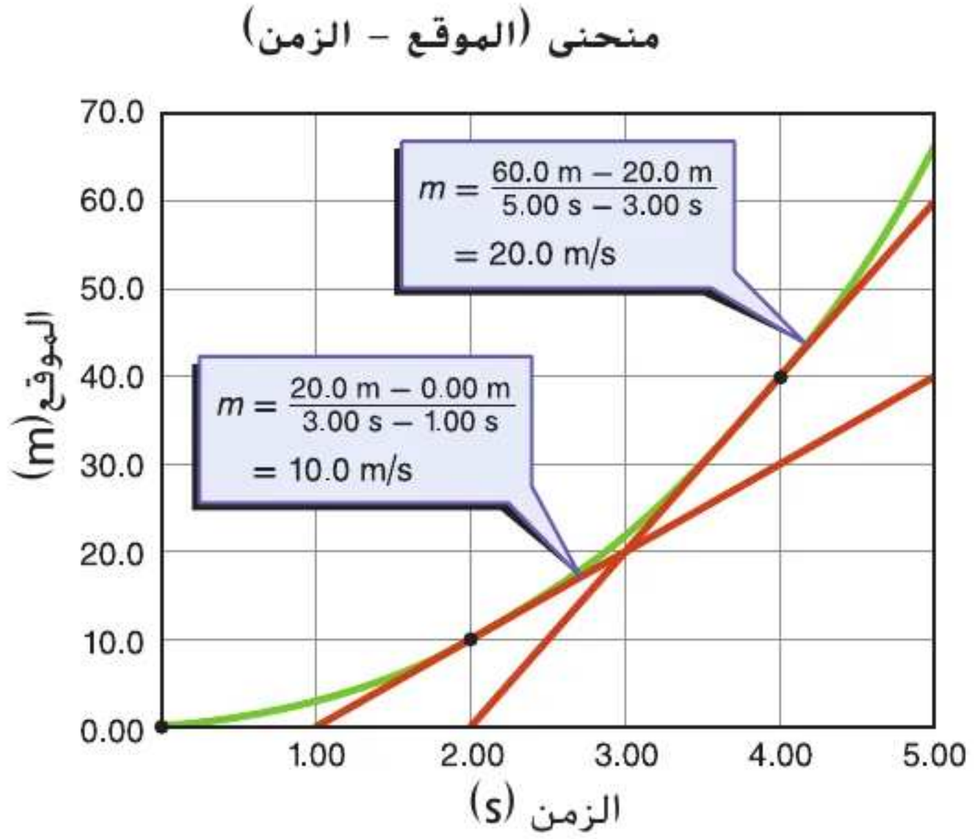
الموقع مع التسارع الثابت

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 ثمَّ، فإن المساحة الموجودة أسفل الخط البياني لمنحنى (السرعة المتجهة – الزمن) تساوي الإزاحة.

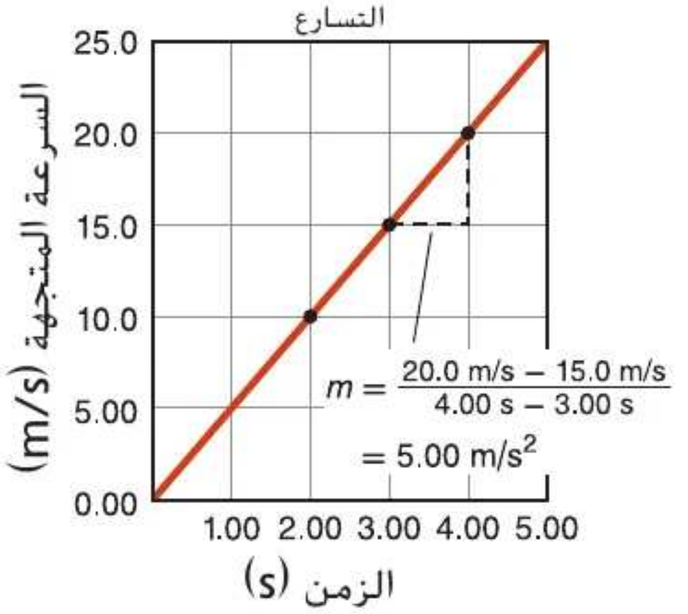
تأكد من فهمك **حدِّد** ما شكل الرسم البياني للموقع - الزمن لجسم يتحرك بتسارع ثابت؟



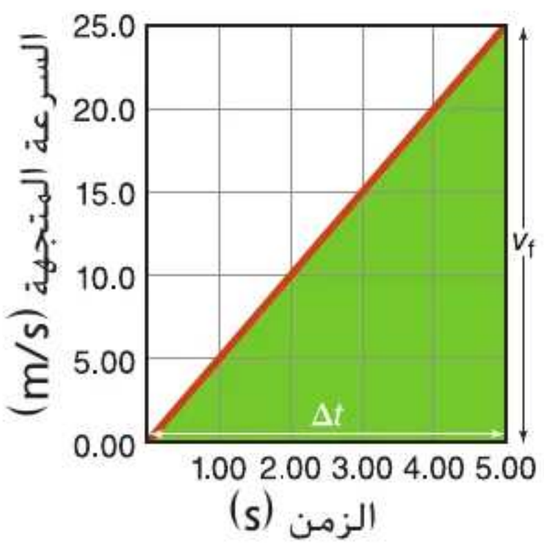
الشكل 11 يتغير ميل منحنى (الموقع – الزمن) بمرور الزمن بالنسبة إلى جسم ذي تسارع ثابت.

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 المَوضح جهة اليسار بقسمة نسبة الارتفاع على المسافة الأفقية. يمكن الحصول على الإزاحة المَوضحة 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: $\left(\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}\right)$ كالآتي:

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

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

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.

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

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 المجسات ما الذي يوضحه الرسم البياني عن حركة عربة ما؟

تطبيقات

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؟

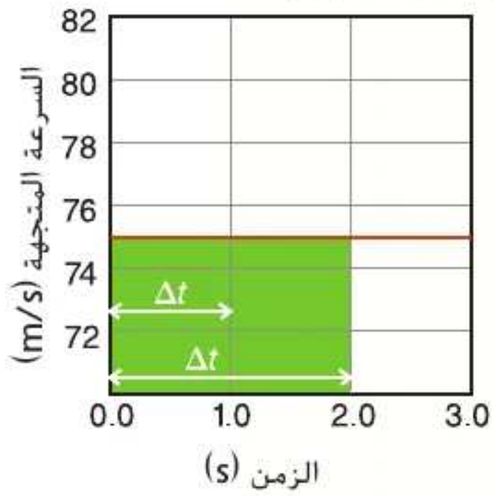
18. إذا تسارعت سيارة من وضع السكون بمعدل ثابت $5.5\ m/s^2$ شمالًا. فكم ستستغرق من الزمن لتصل سرعتها المتجهة إلى 28 m/s شمالًا؟

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 $\Delta t = 2.0s$ بافتراض 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 $\Delta t = 1.0\ s$.

$$\Delta x = v\Delta t$$
$$= (+75\ m/s)(1.0\ s)$$
$$= +75\ m$$

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

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

$$\Delta x = v\Delta t$$
$$= (+75\ m/s)(2.0\ s)$$
$$= +150\ m$$

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

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.

تطبيقات

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 شخصَين، يتحركان جنوبًا على طول مسار مستقيم. ما الإزاحة الكلية لكل شخص خلال الفترة الزمنية 4.0 s المُوضح على الرسم البياني؟

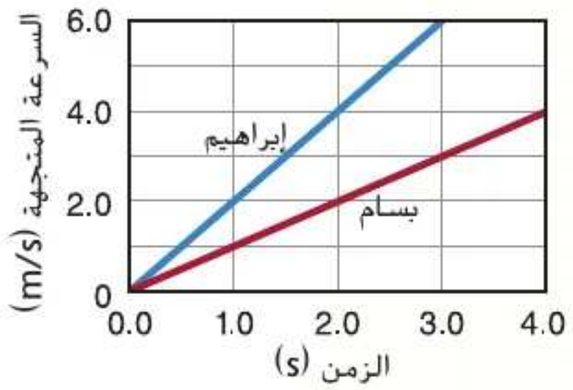
22. مسألة تحفيزية سيارة تدخل في امتداد طريق مستقيم سريع وتسير بتسارع ثابت في اتجاه الغرب تبدأ السرعة من 0 m/s وتصل إلى 25 m/s خلال 12 s.

a. ارسم رسمًا بيانيًا v-t لحركة السيارة.

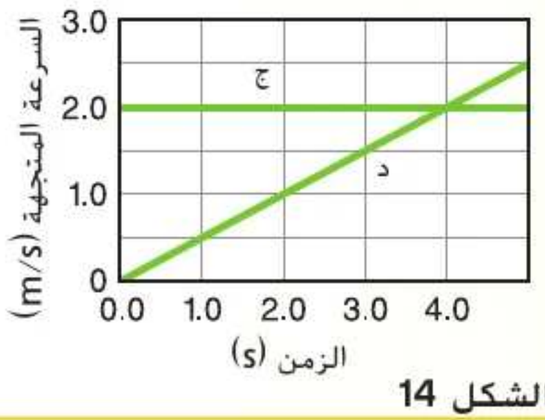
b. استخدم الرسم البياني لتحديد إزاحة السيارة خلال الفترة الزمنية 12.0 s.

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.

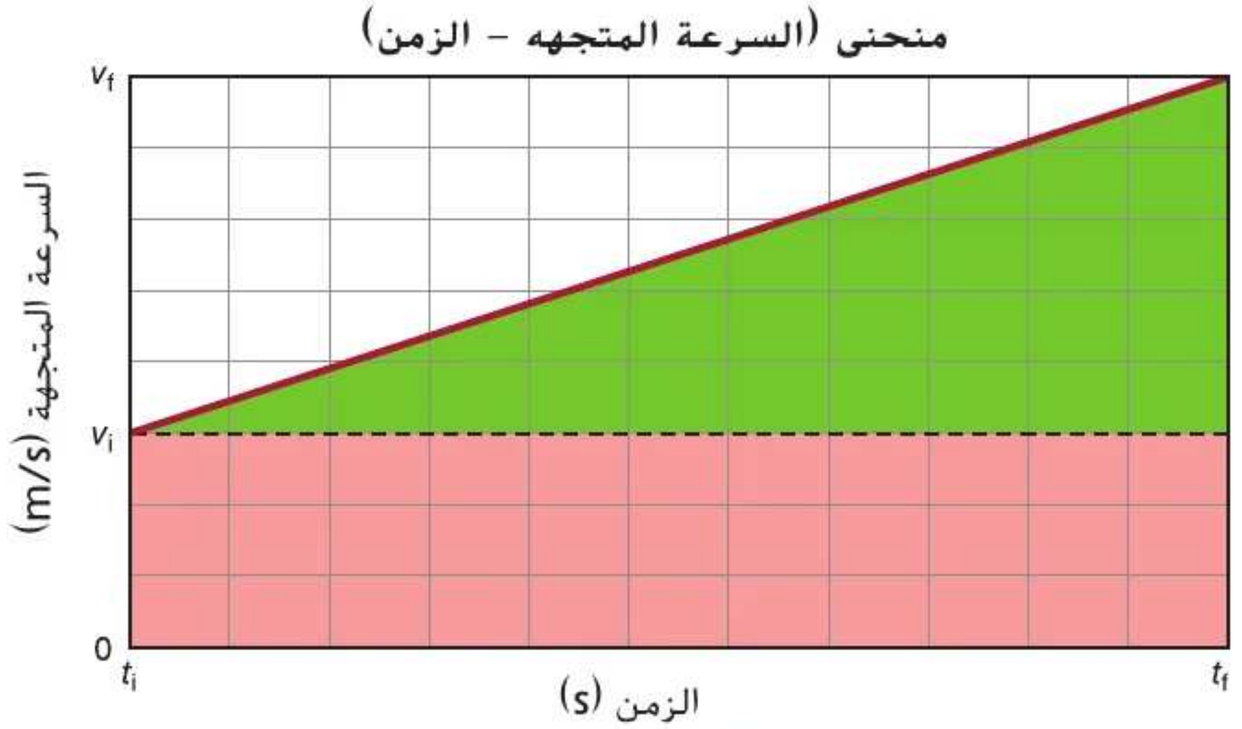


الشكل 13



الشكل 14

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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:

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

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.

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

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: $t_f = \frac{-v_i}{a}$

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

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

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.

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

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).

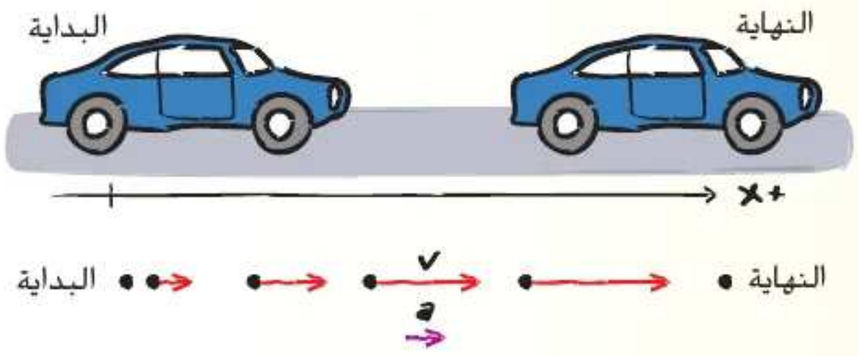
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

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

$$= +89\ m$$

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.

تطبيقات

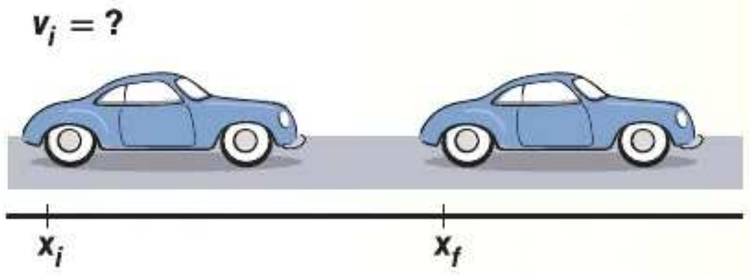
23. يتحرك متزلج على لوح تزلج بسرعة ثابتة $1.75\ m/s$ عندما يبدأ في الصعود على مستوى مائل تتباطأ حركته بمعدل ثابت. $-0.20\ m/s^2$ إحسب الزمن اللآزم لتصل سرعته صفراً حيث عندها يبدأ بالانزلاق لأسفل؟

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

25. تتحرك سيارة بسرعة تزداد بمعدل ثابت يبدأ من $15\ m/s$ ويصل إلى $25m/s$ 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

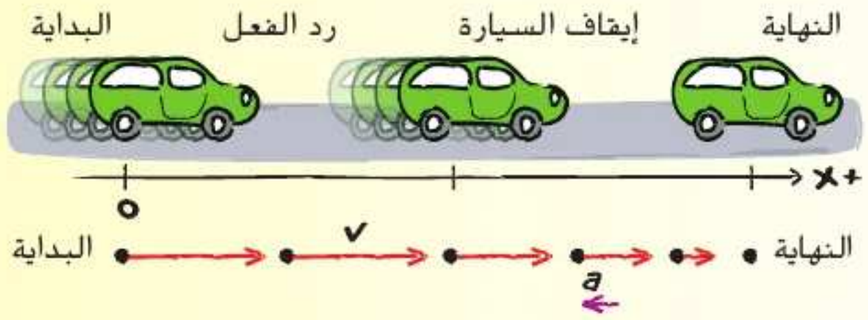
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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** وa.



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 x الكلية.

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

$= +11\ m + 37\ m$

$= +48\ m$

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

3 تقييم الإجابة

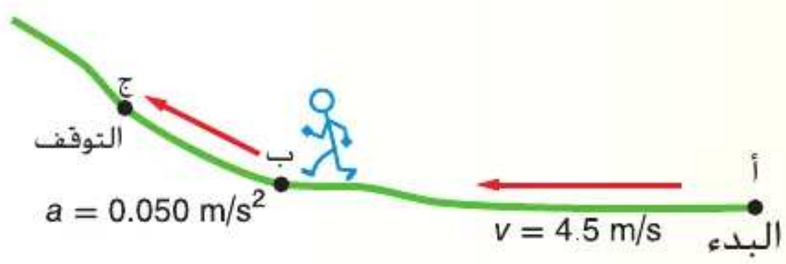
- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس الإزاحة بالأمتار.
- **هل الإشارات مفهومة؟** كل من $x_{\text{رد الفعل}}$ $x_{\text{إيقاف السيارة}}$ موجبيَن كما ينبغي أن يكونا.
- **هل هذا المقدار واقعي؟** تكون إزاحة إيقاف السيارة صغيرة نظرًا لكبر مقدار التسارع.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيقات

28. تتحرك سيارة بسرعة متجهة ابتدائية 24.5 m/s شرقًا 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؟



الشكل 17

30. تبدأ قيادة دراجتك الهوائية من أعلى تل. تتحرك بالدارجة 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 بالجرْي 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.

القسم 2 مراجعة

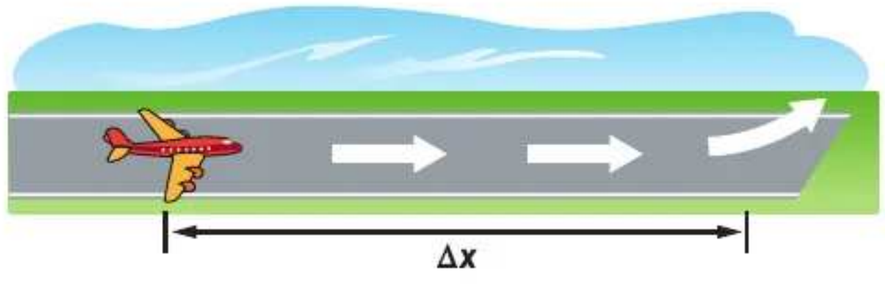
33. الفكرة الرئيسة إذا أُعطيت السرعات المتجهة الابتدائية والنهائية والتسارع الثابت لجسم ما وطُلب منك إيجاد إزاحته. فما العلاقة الرياضية التي ستستخدمها؟

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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

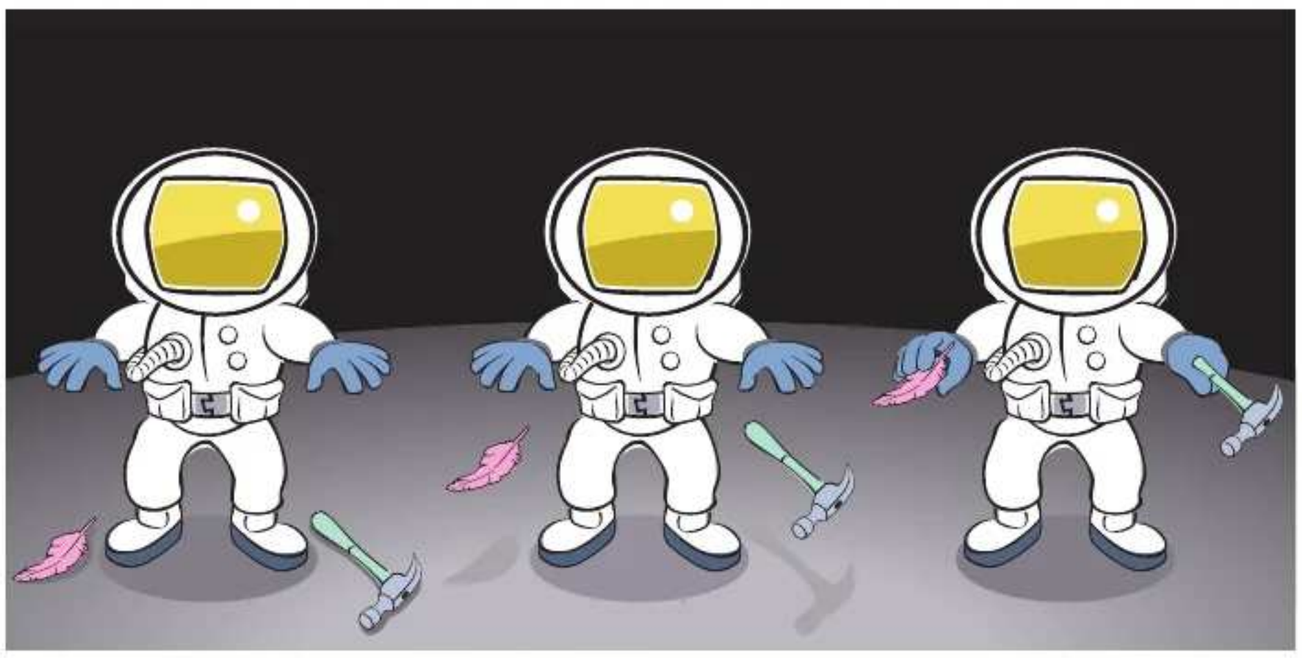
أيهما يسقط بتسارع أكبر، الورقة أم كتاب الفيزياء الخاص بك؟ إذا أمسكت بواحد منهما في كل يد ثم أفلتهما، فسيصل الكتاب إلى الأرض أولًا. هل تتسارع الأجسام الأثقل بمعدل أكبر أثناء سقوطها؟ جرِّب إسقاطهما مرة أخرى ولكن ضع الورقة أولًا في وضع مستوٍ فوق الكتاب. بدون دفع الهواء لها، ستسقط الورقة بسرعة الكتاب نفسها. 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.

الشكل 19 عام 1971، أسقط رائد الفضاء دافيد سكوت مطرقة وريشة في الوقت نفسه ومن الارتفاع نفسه على 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.



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 عندها قيمة كلا المتغيرَين في النظام الإحداثي صفرًا.

المفردات الجديدة

السقوط الحر free fall

تسارع السقوط الحر free-fall acceleration

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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.

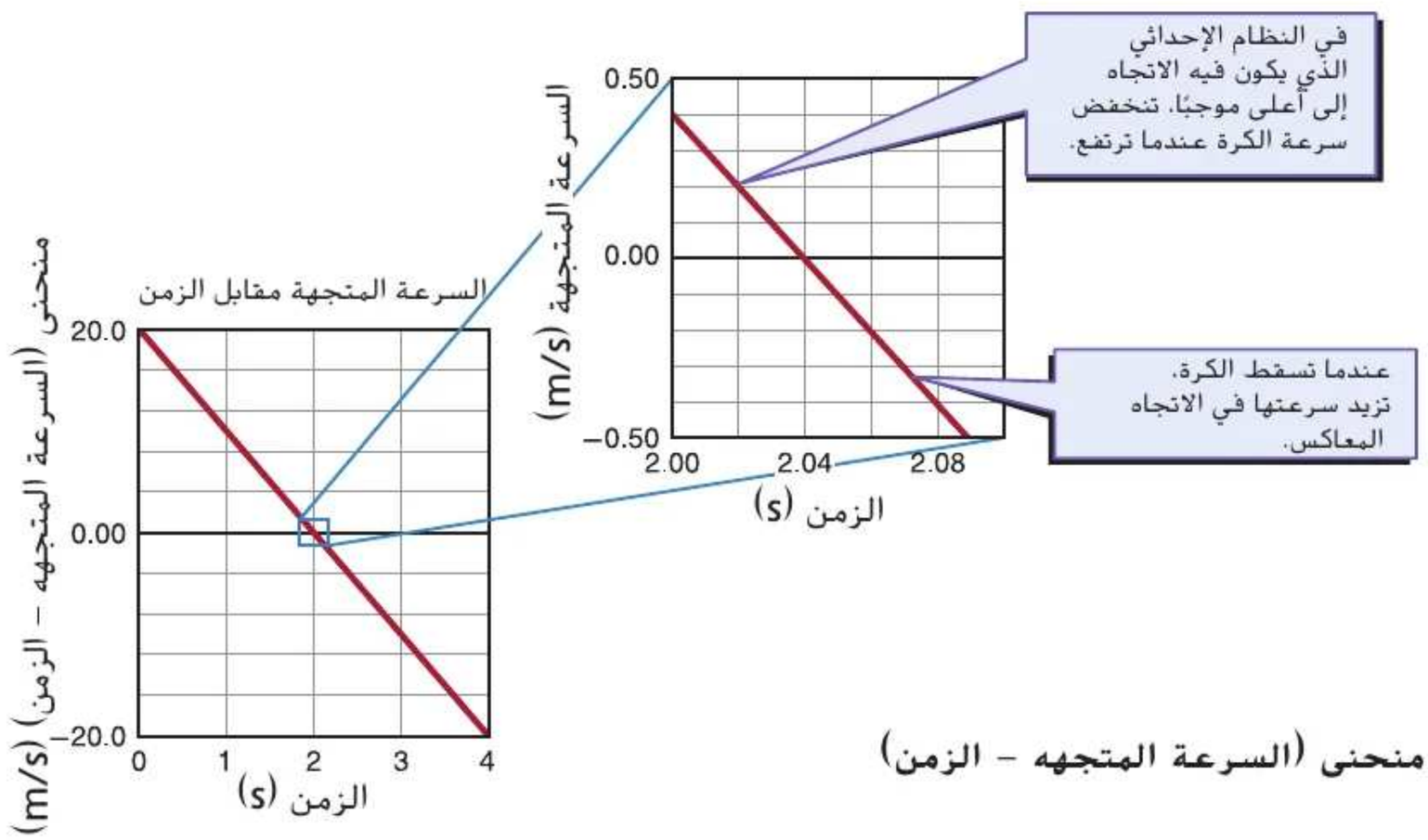
تجربة مصغرة

السقوط الحر

كيف يمكنك استخدام حركة جسم ساقط لتقدير تسارع السقوط الحر؟

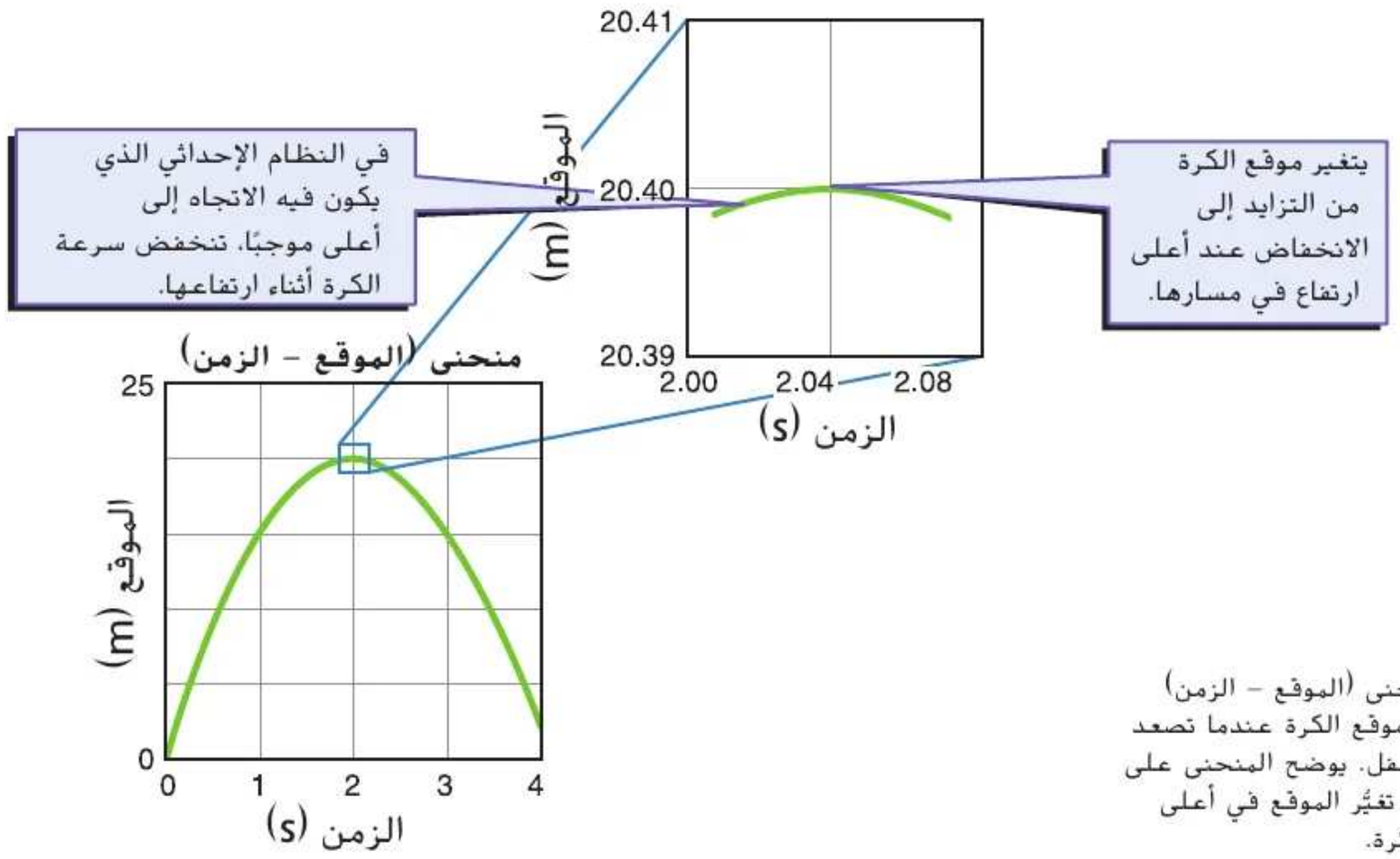
الشكل 21 يصف منحنى (السرعة المتجهه - الزمن) التغيُّر في سرعة حركة الكرة عند ارتفاعها وسقوطها. يوضح الرسم البياني على اليمين صورة مقربة للتغيُّر في السرعة المتجهة عند أعلى نقطة في مسار الكرة.

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



منحنى (السرعة المتجهه – الزمن)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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 الزمن. 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 سرعةلأسفل وستبقى تتأرجح في الهواء. هل رأيت ذلك يحدث من قبل؟ تسقط الأجسام المقذوفة في الهواء على سطح الأرض دائمًا، ومن ثَمَّ 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؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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 والتعلُّق المُؤقت في الهواء والسقوط إلى أسفل. تزوِّد 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.

تطبيقات

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؟

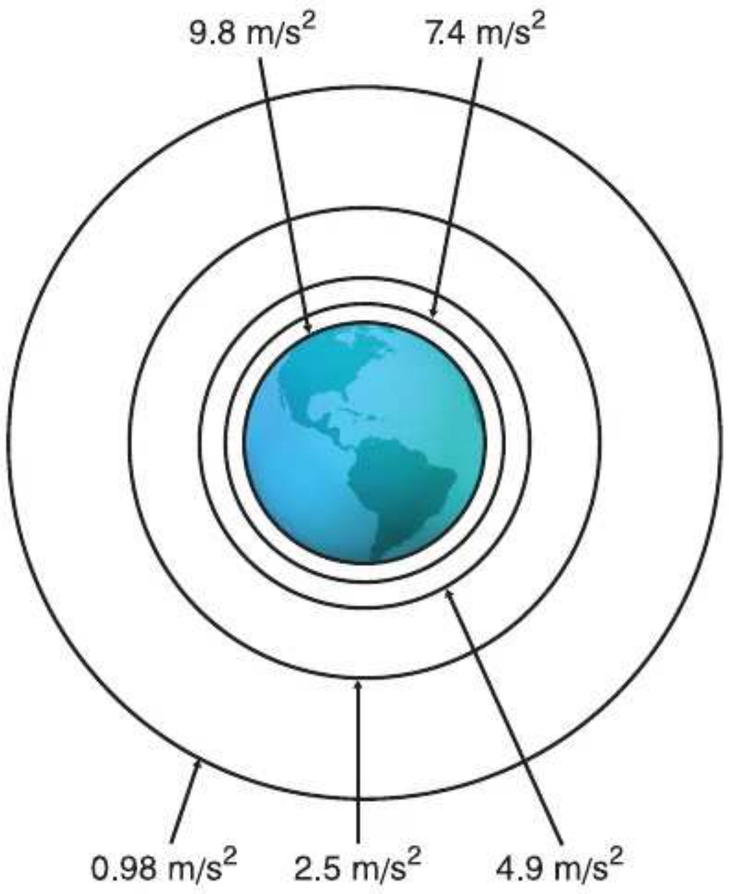
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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، ستُستخدم القيمة $9.8\ m/s^2$ لتسارع السقوط الحر.



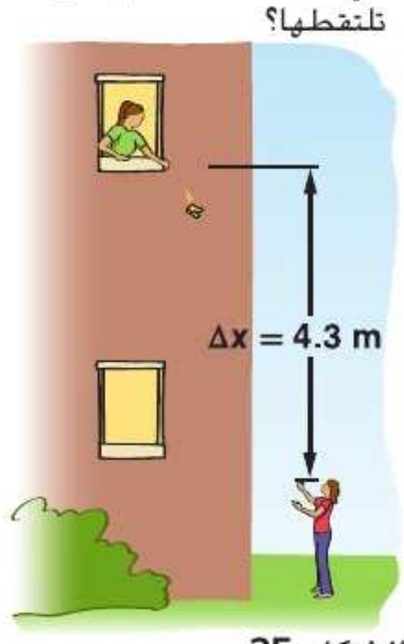
الشكل 24 كلما زاد الارتفاع عن الأرض، قل مقدار تسارع السقوط الحر.

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

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.

لمزيد من التعمق <<<

البحث تصميم لعبة عبر الإنترنت. صمِّم لعبتك بنفسك وقدّم 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.

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

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

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

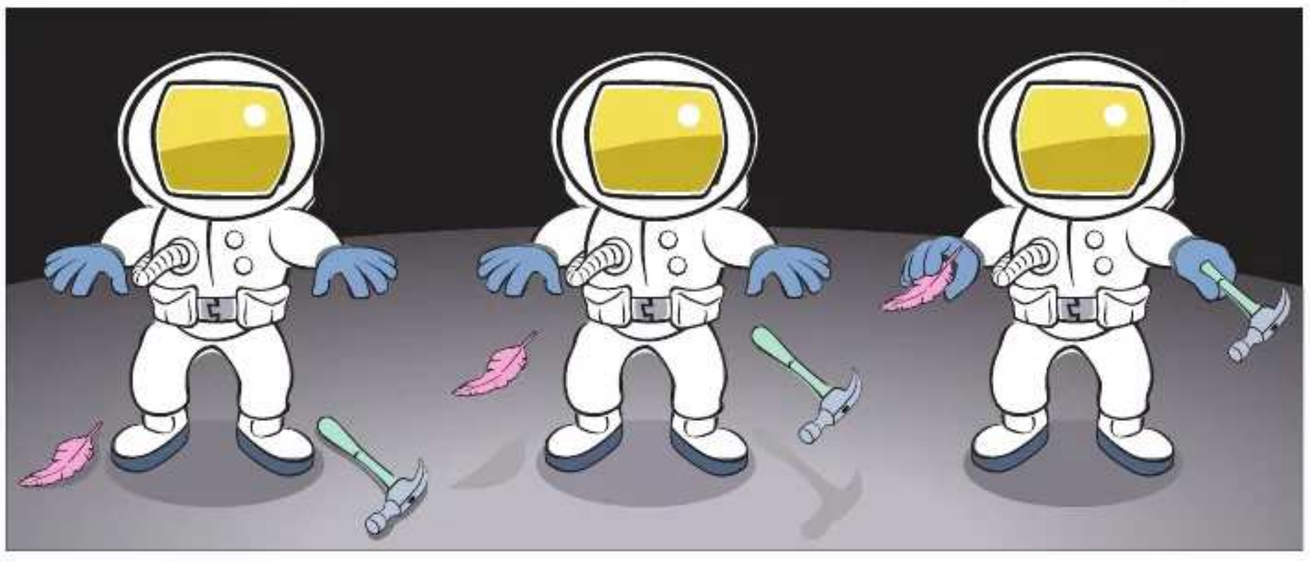
القسم 3 السقوط الحر

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

الوحدة 3 التقويم

القسم 1 التسارع

إتقان المفاهيم

53. **الفكرة الرئيسة** ما الرابط بين السرعة المتجهة والتسارع؟

54. أعطِ مثالًا على كلٍ مما يلي:

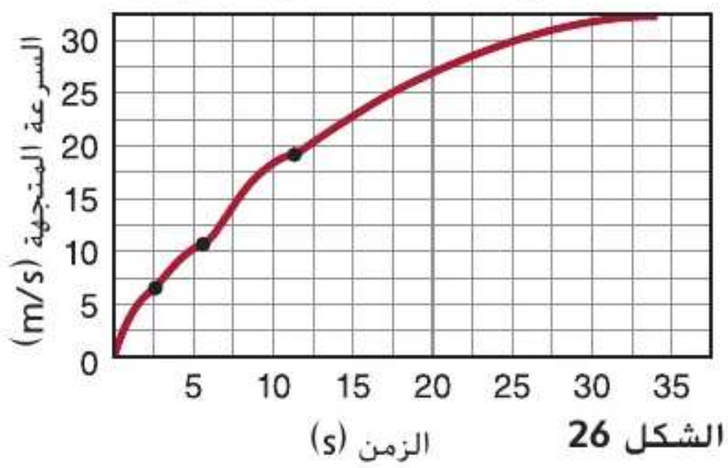
a. جسم تقل سرعته ولكن تسارعه موجب

b. جسم تزداد سرعته ولكن تسارعه سالب

c. جسم يتحرك بسرعة ثابتة ولكنه يتسارع

55. **الشكل 26** يوضح منحنى (السرعة المتجهه - الزمن) لسيارة تسير على مضمار اختبار. صِف كيف تتغيّر سرعتها المتجهة بمرور الزمن.

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)



الشكل 26

56. إذا كان منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) لجسم ما يتحرك على مسار مستقيم يأخذ شكل خط موازٍ للمحور الأفقي، فما الذي يمكن أن تستنتجه عن تسارع هذا الجسم؟

إتقان حل المسائل

57. **مهمة التصنيف** صنّف الأجسام التالية حسب مقدار التسارع من الأصغر إلى الأكبر. وضح صحة اجابتك.

a. ثمرة بلوط تسقط بسرعة تتزايد من 0.50 m/s إلى 10.3 m/s خلال 1.0 s.

b. سيارة تتسارع من 20 m/s لتصل إلى وضع السكون خلال 1.0 s.

c. حشرة أم أربعة وأربعين تتسارع من 0.40 cm/s إلى 2.0 cm/s خلال 0.50 s.

d. عند تسديد كرة الجولف، فإنها تتسارع من وضع السكون إلى 4.3 m/s خلال 0.40 s.

هـ. عداء يتسارع من 2.0 m/s إلى 1.0 m/s خلال 8.3 s.

58. **طرح المسألة** استكمل هذه المسألة حتى يتسنّى حلّها باستخدام المفهوم المدرج: "تمارس مريم لعبة كرة السلة.

a. التسارع

b. السرعة

59. يصِف الرسم البياني المُوضَّح في **الشكل 27** حركة جسم يتحرك شرقًا بمحاذاة مسار مستقيم. أوجد قيمة تسارع الجسم في كل من هذه الفترات:

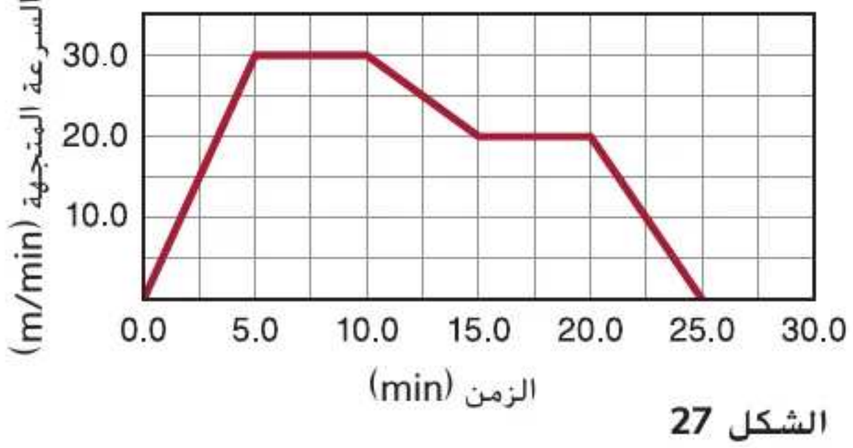
a. خلال أول 5.0 min من التحرك

b. بين 5.0 min و 10.0 min

c. بين 10.0 min و 15.0 min

d. بين 20.0 min و 25.0 min

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)



الشكل 27

60. صمّم رسمًا بيانيًا لمنحنى (السرعة المتجهة - الزمن) باستخدام المعلومات الواردة في **الجدول 1** وأجِب عن الأسئلة التالية:

a. خلال أي فترة زمنية تتزايد سرعة الجسم؟ وخلال أي فترة تقل؟

b. في أي زمن ينعكس اتجاه حركة الجسم؟

c. كيف يختلف التسارع المتوسط للجسم خلال الفترة 0.0 s و 2.0 s عن التسارع المتوسط خلال الفترة 7.0 s و 12.0 s؟

الجدول 1 السرعة المتجهة مع الزمن

الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.00	4.00
1.00	8.00
2.00	12.0
3.00	14.0
4.00	16.0
5.00	16.0
6.00	14.0
7.00	12.0
8.00	8.00
9.00	4.00
10.0	0.00
11.0	-4.00
12.0	-8.00

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

61. أوجد السرعة المتجهة النهائية لبروتون تبلغ سرعته المتجهة الابتدائية 2.35×10^5 m/s.ثم يتسارع بشكل منتظم في مجال كهُربائيّ بمعدل -1.10×10^{12} m/s^2 لفترة 1.50×10^{-7} s

62. مهمة التصنيف يرغب سامي في شراء سيارة رياضية مُستعمَلة تتميز بتسارع فائق. يمكن للسيارة (أ) أن تسير بسرعة تبدأ من 0 m/s وتصل إلى 17.9 m/s خلال 4.0 s. أما السيارة (ب) فيمكن أن تتسارع من 0 m/s وتصل إلى 22.4 m/s خلال 3.5 s. ويمكن أن تسير السيارة (ج) بسرعة تبدأ من 0 لتصل إلى 8.62 s/m خلال 0.6 s. صنّف السيارات الثلاث من الأكبر إلى الأصغر من حيث التسارع. وبيّن ما إذا كانت من بينهم سيارة تتساوى مع غيرها من حيث التسارع.

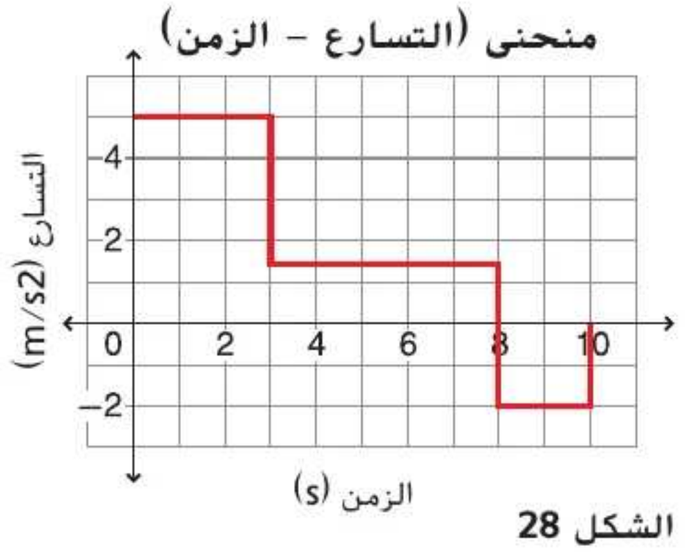
القسم 2 الحركة بتسارع ثابت

إتقان المفاهيم

63. ما الكمية التي تمثلها المساحة الموجودة أسفل الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن؟

64. مسألة عكسية اكتب مسألة فيزيائية تتضمن أجسامًا من واقع الحياة يكون الرسم البياني الوارد في **الشكل 28** جزءًا من حلها.

منحنى (التسارع - الزمن)



الشكل 28

إتقان حل المسائل

65. تتحرك سيارة إلى الأمام أثناء صعود مرتفع بسرعة 12 m/s بتسارع منتظم إلى الخلف يبلغ 1.6 m/s^2.

a. ما إزاحة السيارة بعد 6.0 s؟

b. ما إزاحتها بعد 9.0 s؟

66. طائرة أوجد إزاحة طائرة تتحرك بتسارع منتظم من 66 m/s شمالًا إلى 88 m/s شمالًا خلال 12 s.

67. سيارة سباق تقل سرعة سيارة سباق بتسارع ثابت يبلغ 11 m/s^2 عكس اتجاه حركتها.

a. إذا كانت السيارة تسير بسرعة 55 m/s. ما المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن تتوقف؟

b. ما المسافة التي التي ستقطعها سيارة تسير بمثلي هذه السرعة لتتوقف؟

68. مستعيناً **بالشكل 29** احسب مقدار الإزاحة خلال الفترات الزمنية التالية. قرّب الإجابات إلى أقرب متر.

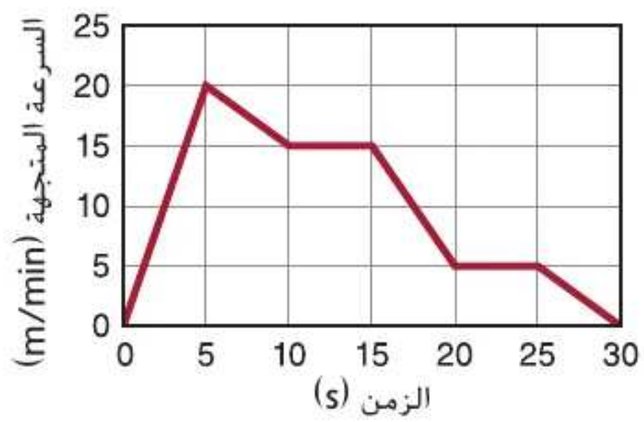
a. 5.0 min و 10.0 min

b. 10.0 min و 15.0 min

c. 25.0 min و 30.0 min

d. 0.0 min و 25.0 min

منحنى (السرعة المتجهة - الزمن)



الشكل 29

القسم 3 السقوط الحر

إتقان المفاهيم

69. اشرح السبب الذي يجعل كرة مصنوعة من الألومنيوم وكرة حديدية متساويتَين في الحجم والشكل وتسقطان من الارتفاع نفسه تصلان إلى الأرض في اللحظة نفسها.

70. أعطِ أمثلة للأجسام الساقطة التي يمكن تجاهل تأثير مقاومة الهواء فيها أو لا يمكن تجاهله.

إتقان حل المسائل

71. لنفترض أن رائد فضاء أسقط ريشة من ارتفاع 1.2 m أعلى سطح القمر. إذا كان تسارع السقوط الحر على القمر يساوي 1.62 m/s^2. فكم المدة التي تستغرقها الريشة لتصل إلى سطح القمر؟

72. لنفترض أن حجرًا بدأ الحركة من السكون يسقط بشكل حر لمدة 8.0 s.

أ. احسب السرعة المتجهة للحجر بعد 8.0 s.

ب. ما إزاحة الحجر خلال هذه الفترة؟

73. لنفترض أن حقيبة سقطت من مروحية تحلّق في الهواء خلال 2.0 s فكم تبلغ السرعة المتجهة للحقيبة؟ كم تبلغ مسافة سقوط الحقيبة؟ تجاهل مقاومة الهواء.

74. ترمي كرة من نافذة إلى أسفل بسرعة 2.0 m/s. فكم ستبلغ سرعتها لحظة ارتطامها بالرصيف الذي يقع أسفل النافذة بمسافة 2.5 m ؟

75. في المسألة السابقة، إذا رميت الكرة لأعلى بدلًا من إلقائها لأسفل، فكم ستبلغ سرعة تحرُّكها عند ارتطامها بالرصيف؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

76. كيس حبوب الفول لنفترض أنك ترمي بكيس حبوب الفول في الهواء وتلتقطه بعد 2.2 s عند المكان نفسه الذي ألقيته منه.

a. ما الارتفاع الذي وصل إليه؟

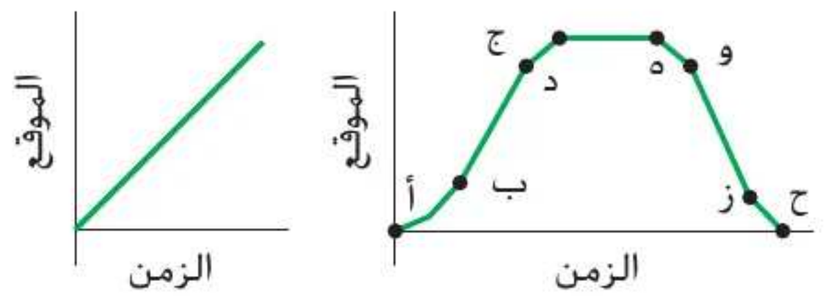
b. كم كانت سرعته المتجهة الابتدائية؟

تطبيق المفاهيم

77. لعبة الكركيت تقل سرعة كرة الكركيت بعد ضربها بالمطرقة وتتوقف. هل للسرعة المتجهة للكرة ولتسارعها الاشارة نفسها؟

78. اشرح كيف يمكن الحصول على الرسوم البيانية للموقع - الزمن المُوضَّحة في **الشكل 30**.

الشكل 30

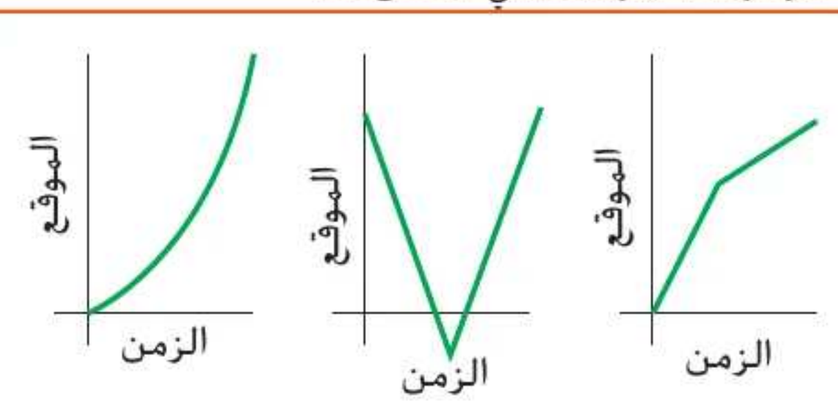


79. إذا أُعطيت جدولًا يحتوي على السرعات المتجهة لجسم ما في أزمنة مختلفة. فكيف يمكنك تحديد ما إذا كان التسارع ثابتًا؟

80. انظر مجددًا إلى الرسم البياني الموجود في **الشكل 26**. تظهر النقاط الثلاث في الرسم البياني في المواضع التي غيّر فيها السائق مبدل السرعة للسيارة. صِف التغيُّرات في السرعة المتجهة والتسارع للسيارة أثناء القيادة على الغيار الأول لمبدّل سرعة السيّارة. هل يكون التسارع قبيل تغيير مبدل السرعة أكبر أم أقل من التسارع بعد تغيير مبدّل السرعة؟ اشرح إجابتك.

81. يرتفع الجسم المقذوف إلى أعلى بشكل مستقيم لمدة 7.0 s قبل أن يصل إلى أقصى ارتفاع له. يستغرق جسم ثان يسقط من وضع السكون 7.0 s للوصول إلى الأرض. قارن بين مقداري الإزاحة لكلا الجسمين خلال هذه الفترة الزمنية.

82. ارسم رسمًا بيانيًا يمثل السرعة المتجهة - الزمن لكل من الرسومات المُوضَّحة في **الشكل 31**.



الشكل 31

83. القمر تبلغ قيمة تسارع السقوط الحر على سطح القمر حوالي سُدس قيمته على الأرض.

a. هل ستصل كرة سقطت من رائد فضاء إلى سطح القمر بسرعة أكبر من أو تساوي أو تقل عن سرعة وصول كرة أسقطت على الأرض من الارتفاع نفسه؟

b. هل سيستغرق سقوط الكرة زمنًا أكثر أو أقل أو الزمن نفسه؟

84. المشتري يزيد تسارع السقوط الحر لجسم على كوكب المشتري بحوالي ثلاثة أضعاف مقارنةً بكوكب الأرض. لنفترض أنه يمكن رمي كرة إلى أعلى رأسيًا على كوكب الأرض وكوكب المشتري بالسرعة المتجهة الابتدائية نفسها. تجاهل تأثيرات مقاومة الغلاف الجوي لكوكب المشتري وافترض أن الجاذبية هي القوة الوحيدة المؤثرة في الكرة.

a. ما أوجه التشابه بين أقصى ارتفاع وصلت إليه الكرة على المشتري وأقصى ارتفاع بلغته على الأرض؟

b. إذا رُميت الكرة على كوكب المشتري بسرعة متجهة ابتدائية تزيد بثلاثة أمثال. فكيف سيؤثر ذلك في إجابتك عن الجزء أ؟

85. سقطت الصخرة (أ) من أعلى جرف. وألقيت الصخرة (ب) إلى أعلى من الموقع نفسه.

a. عندما تصل كلتا الصخرتين إلى الأرض أسفل الجرف. فأي صخرة سيكون لها سرعة متجهة أكبر؟

b. أي من الصخرتين لها تسارع أكبر؟

c. أي منهما سيصل إلى الأرض أولًا؟

مراجعة عامة

86. لنفترض أن سفينة فضائية بعيدة عن كل النجوم أو الكواكب كان تسارعها المنتظم إلى الأمام حيث تغيرت سرعتها من 65.0 m/s إلى 162.0 m/s خلال 10.0 s. فما المسافة التي ستتحركها السفينة الفضائية؟

87. الشكل 32 هي صورة ستروبية لكرة تتحرك أفقيًا. ما المعلومات التي تحتاج إليها عن الشكل وما الإجراءات التي ستتخذها لتقدير التسارع؟

الشكل 32

88. **الدراجة الهوائية** دراجة هوائية تتسارع من 0.0m/s إلى 4.0 m/s خلال 4.0s. فما المسافة التي ستقطعها؟

89. تسقط علبة أدوات من منطاد هوائي أثناء طفوه على ارتفاع ثابت فوق سطح الأرض

a. إذا وصلت العلبة إلى الأرض بسرعة متجهة إلى أسفل تبلغ 73.5 m/s. فكم تبلغ مسافة سقوط العلبة؟

b. ما زمن سقوط العلبة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

90. المسافة الكلية التي تتدحرجها كرة فولاذية أسفل منحدر في أزمنة مختلفة مبيّنة في **الجدول 2**.

a. ارسم رسمًا بيانيًا لمنحنى (الموقع – الزمن) لحركة الكرة. عند إنشاء المحاور، استخدم خمسة أقسام لكل 10 m من حركة الكرة على المحور *x* . استخدم خمسة أقسام لمدة 1 s من زمن الحركة على المحور *t*.

b. احسب المسافة التي تدحرجتها الكرة بنهاية فترة الـ 2.2 s.

91. يعمل المهندسون على تطوير أنواع جديدة من المدافع قد تُستخدم يومًا ما لإطلاق الأقمار الاصطناعية كما لو كانت طلقات نارية. يمكن للمدفع من هذا النوع أن يدفع جسمًا صغيرًا إلى الأمام بسرعة متجهة تبلغ 3.5 km/s بحيث لا تتجاوز المسافة التي يخرج منها 2.0 cm.

a. ما مقدار التسارع التي تمنحها المدافع لهذا الجسم؟

b. ما الفترة الزمنية اللازمة للحصول على هذا التسارع؟

92. حواجز السلامة يبني مهندسو سلامة الطرق السريعة حواجز ليّنة مثل الحاجز الموضح في **الشكل 33**، بحيث تنخفض سرعة السيارات التي ترتطم بها بمعدل آمن. افترض أن سيارة تتحرك بسرعة 110 km/h اصطدمت بالحاجز الذي يخفض سرعتها المتجهة بمعدّل $32\ m/s^2$. ما المسافة التي ستقطعها السيارة على طول الحاجز قبل أن تتوقف؟

الجدول 2 الموقع مع الزمن

الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
1.0	2.0
2.0	8.0
3.0	18.0
4.0	32.0
5.0	50.0

الشكل 33

93. لعبة البيسبول يقذف لاعب البيسبول الكرة بسرعة 44 m/s. تتحرك الكرة بتسارع ثابت حيث أمسك اللاعب الكرة بيده وحرّكها في خط مستقيم مسافة 3.5 m تقريباً. احسب مقدار التسارع. قارن بين التسارع وتسارع السقوط الحر على كوكب الأرض.

94. الزلاجات تُستخدم الزلاجات المزودة بمحرك صاروخي لاختبار ردود فعل الانسان تجاه التسارع. عند بدء الحركة من السكون، يمكن أن تصل سرعة الزلاجة الواحدة إلى 444 m/s خلال 1.80 s ويمكن إعادتها إلى السكون مرة أخرى بإيقافها خلال 2.15s.

a. احسب تسارع الزلاجة عندما تبدأ في التحرك وقارنه بمقدار تسارع السقوط الحر الذي يبلغ $9.8 m/s^2$.

b. احسب تسارع الزلاجة أثناء تباطؤها وقارنه بمقدار تسارع السقوط الحر.

95. تتغيّر السرعة المتجهة لسيّارة خلال فترة زمنية تبلغ 8.0 s أثناء حركتها إلى الأمام كما هو مُوضَّح في **الجدول 3**.

a. ارسم منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) للحركة.

b. ما مقدار إزاحة السيارة خلال أول 2.0 s؟

c. ما مقدار إزاحة السيارة خلال أول 4.0 s؟

d. ما مقدار إزاحة السيارة خلال الفترة البالغة 8.0 s كلها؟

e. احسب ميل الخط البياني خلال الفترة t=0.0 s و t=4.0 s. ما الذي يمثله هذا الميل؟

f. احسب ميل الخط البياني خلال الفترة t=7.0 s و t=5.0 s؟ ما الذي يدل عليه هذا الميل؟

96. تتوقف الشاحنة عند إضاءة اشارة المرور الحمراء. عندما يتغير الضوء إلى اللون الأخضر، تتسارع السيارة بمعدل $2.5\ m/s^2$. في اللحظة نفسها، تمر بالشاحنة سيارة تتحرك بسرعة ثابتة تبلغ 15 m/s. فأين ومتى ستلحق الشاحنة بالسيارة؟

الجدول 3 السرعة المتجهة مع الزمن

الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.0	0.0
1.0	4.0
2.0	8.0
3.0	12.0
4.0	16.0
5.0	20.0
6.0	20.0
7.0	20.0

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

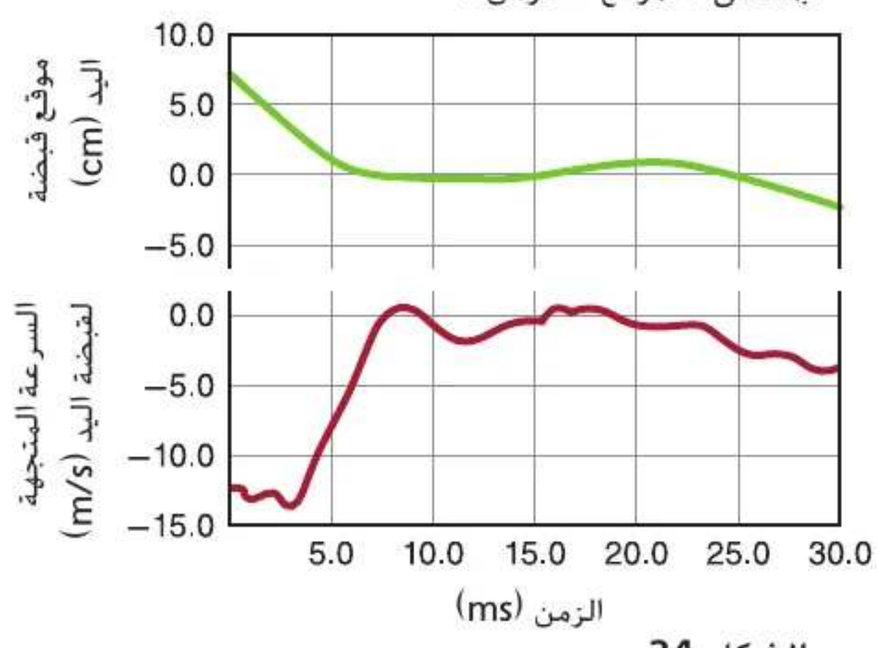
97. الكاراتيه يُوضّح **الشكل 34** رسمين بيانيين للعلاقة بين الموقع - الزمن وبين السرعة المتجهة - الزمن وهما يمثلان محاولة لاعب كسر لوح خشبي بقبضة يده أثناء ممارسة الكاراتيه.

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. عبِّر 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 صمِّم تجربة لبرمجيات المجسات لحساب المسافة التي يتحركها جسم متسارع بمرور الزمن. استخدم فترات زمنية متساوية حتى يتسَنّى 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. حُلَّ المسائل التالية. عبِّر عن إجاباتك بالترميز العلمي.

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

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 حلّها باستخدام تلك المعادلة. كن مبدعًا.

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 **c.** 16 m

b. 12 m **d.** 20 m

2. كم كانت سرعة الكرة عند وصولها أسفل المرتفع؟

a. 2.0 m/s **c.** 12 m/s

b. 8.0 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. $0.44\ m/s^2$ **c.** $8.4\ m/s^2$

b. $0.60\ m/s^2$ **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 **c.** 8.7 s

b. 8.3 s **d.** 17 s

5. تضغط متسلقة صخور بحذائها على صخرة فتفككها وتسقطا 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 **c.** 50.0 m

b. 31.0 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 **c.** 50.0 m

b. 29.0 m **d.** 100.0 m

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

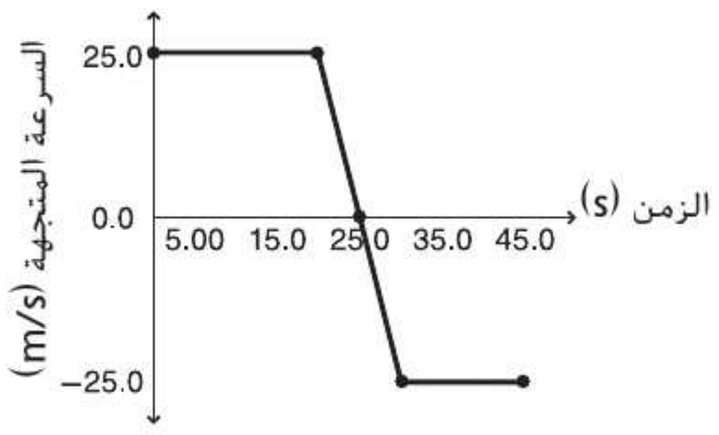
a. $\frac{x}{(v_f^2 - v_i^2)2}$ **c.** $\frac{(v_f^2 - v_i^2)2}{x}$

b. $\frac{2xv_f^2 + v_i^2}{}$ **d.** $\frac{2x}{v_f^2 - v_i^2}$

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 **c.** 300 m شمالًا

b. 125 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.

الأقسام

1 القوة والحركة

2 الوزن والقوة المعيقة

3 قانون نيوتن الثالث

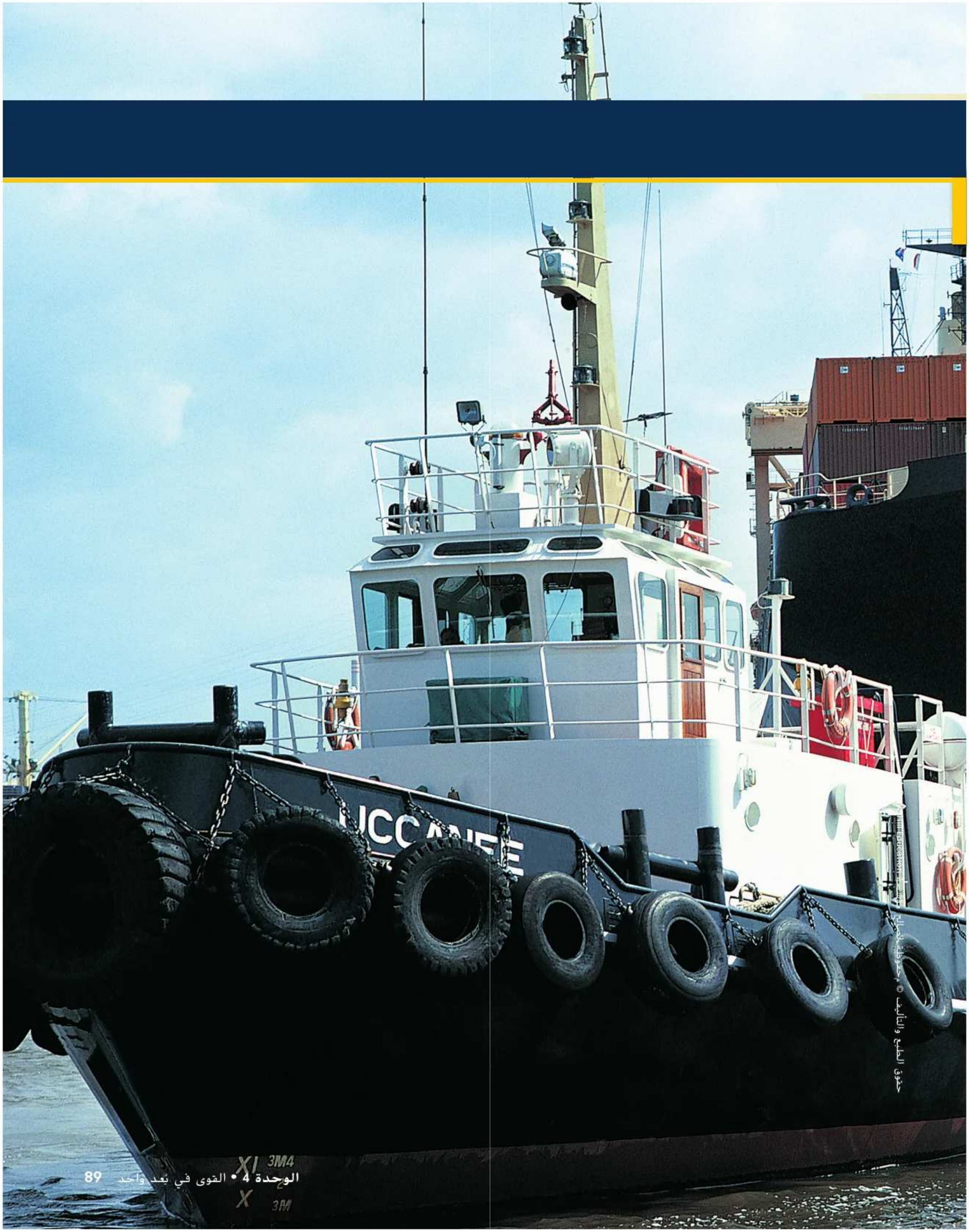
التجربة الاستهلالية

القوى في اتجاهين متعاكسين

ماذا يحدث عندما تؤثر أكثر من قوة في أحد الأجسام؟

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

حقوق الطبع والتأليف © لمحتوى هذا الفصل لـ McGraw-Hill Education



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح

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.

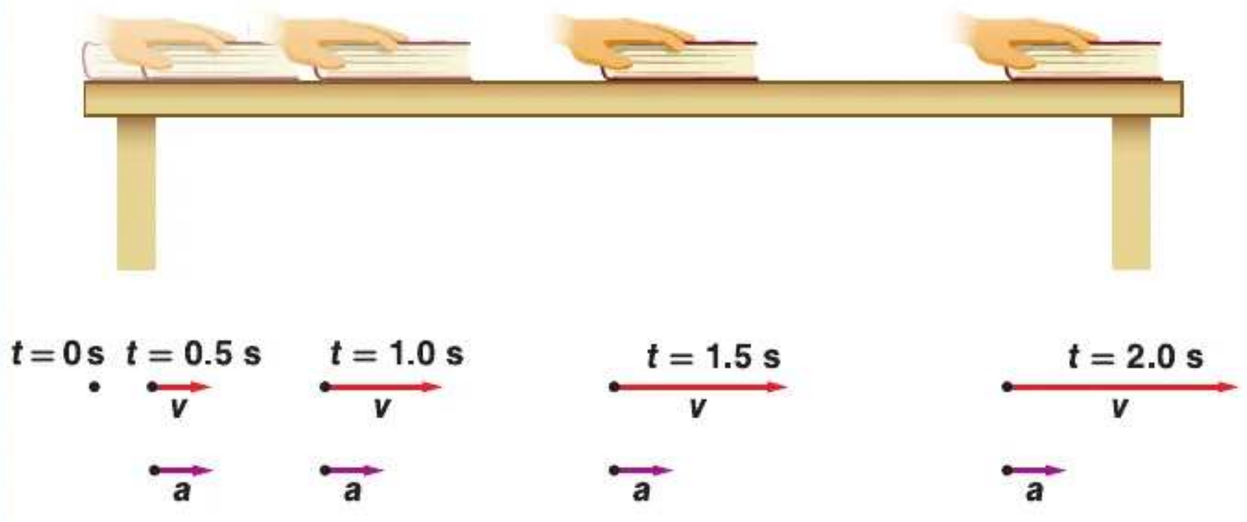
القوة

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 رمز المتجه الذي يمثل مقدار واتجاه القوة، في حين لا يمثل الرمز F إلا مقدار القوة. يتم قياس مقدار القوة بوحدة تسمى نيوتن (N).

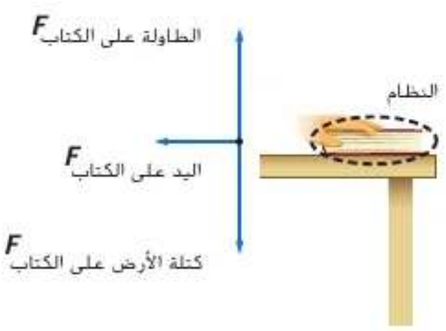
القوى غير المتوازنة تغير الحركة تذكّر أن مخططات الحركة تصف مواقع أحد الأجسام على فترات زمنية متساوية. على سبيل المثال، يوضح مخطط حركة الكتاب في **الشكل 1** زيادة المسافة بين النقاط، مما يعني أن سرعة الكتاب تزيد. عندما يكون $t = 0$، يكون الكتاب مستقرًا، ولكن بعد ثانيتين، يتحرك بسرعة 1.5 m/s. وهذا التغير 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.

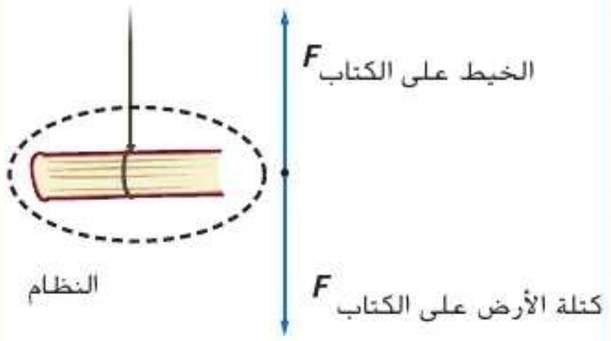
الشكل 1 تؤثر اليد الدافعة للكتاب بقوة تتسبّب في تسارع الكتاب في اتجاه القوة غير المتوازنة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

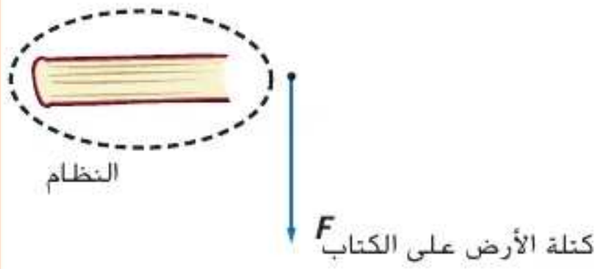


الشكل 2–1



الشكل 2–2

تعد القوة المبذولة بواسطة الخيط قوة تلامس.



الشكل 2–3

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.

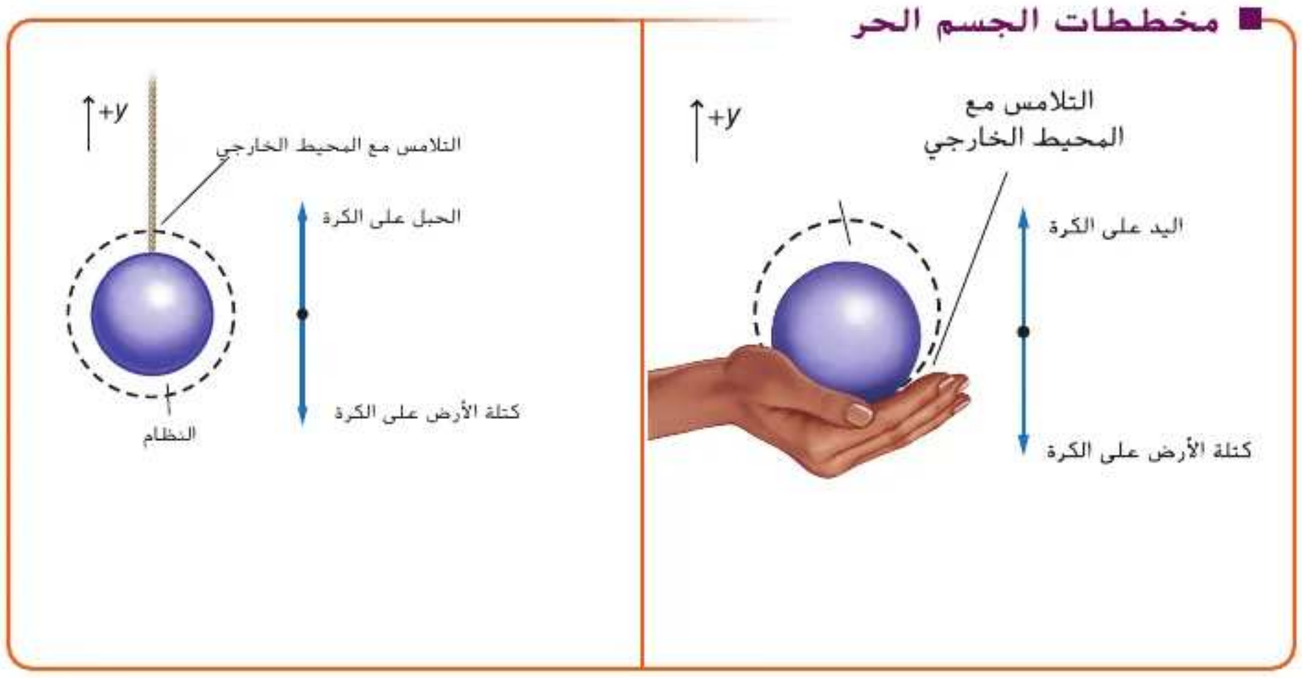
المفردات

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



الشكل 3 تمثل رسومات الكرة في اليد والكرة المعلقة في الخيط نماذج تصويرية. يظهر مخطط الجسم الحر بجانب كل نموذج.

مخططات الجسم الحر كما أن النماذج التصويرية ومخططات الحركة مفيدة في حل مسائل الحركة، ستساعدك التمثيلات المشابهة في تحليل كيفية تأثير القوى في الحركة. الخطوة الأولى هي رسم الحالة كما هو موضح في **الشكل 3**. ارسم دائرة حول النظام، وحدّد كل أماكن ملامسة النظام للمحيط الخارجي. ففي هذه الأماكن يؤثر المسبِّب بقوة تلامس. ثم حدّد القوى التي تؤثر في النظام. وسوف يوفر هذا رسما تخطيطيا.

مخطط الجسم الحر هو تمثيل فيزيائي يوضح القوى التي تؤثر في نظام ما. اتبع هذه الإرشادات عند رسم مخطط الجسم الحر:

- يتم رسم مخطط الجسم الحر منفصلًا عن رسم حالة المسألة.
- استخدم نموذج الجسيم، ومثِّل الجسم بنقطة.
- مثِّل كل قوة بسهم يشير إلى الاتجاه الذي تؤثر فيه القوة. ارسم دائمًا متجهات القوة بحيث تشير بعيدًا عن الجسم، حتى لو كانت القوة دفعًا.
- ارسم كل سهم بحيث يتناسب طوله مع مقدار القوة. في الغالب، ترسم هذه المخططات قبل معرفة مقادير كل القوى. في هذه الحالة، يمكنك استخدام أفضل تقدير.
- ضع اسمًا لكل قوة. استخدم الرمز ***F*** مع كتابة الاسم أسفل الرمز لتحديد كل من المسبّب والجسم التي تؤثر فيه القوة.
- اختر اتجاهًا موجبًا ووضِّح هذا في المخطط.

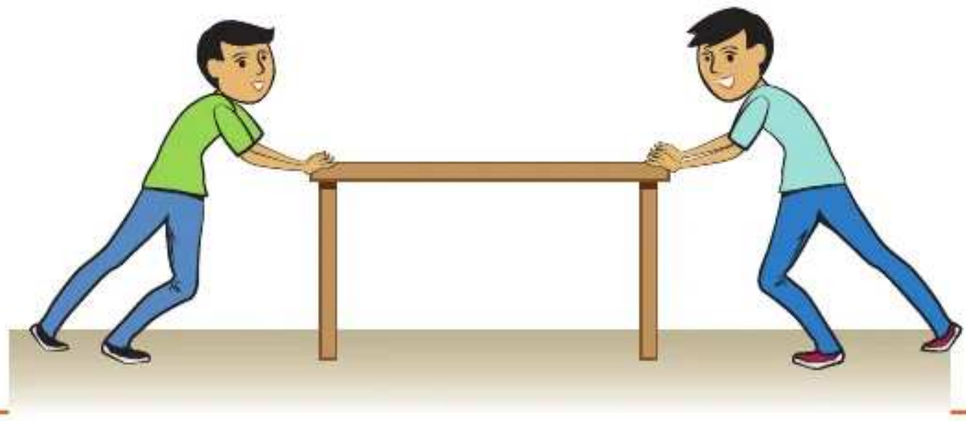
استخدام مخططات الجسم الحر ومخططات الحركة تذكّر أن التسارع يحدث نتيجة للقوى غير المتوازنة. إذا كان مخطط الحركة يشير إلى أن الجسم يتسارع، ينبغي أن يتضمن مخطط الجسم الحر لذلك الجسم قوة غير متوازنة في اتجاه التسارع نفسه.

☑ **تاكد من فهمك** **قارن** بين اتجاه تسارع جسم ما واتجاه القوة غير المتوازنة التي تؤثر في ذلك الجسم.

جمع القوى

ماذا يحدث إذا دفعت مع صديقك طاولة وأثر فيها كل منكما بقوة قدرها 100 N؟ عندما تدفعان الطاولة معًا في الاتجاه نفسه، فإنكما تكسبانها ضعف التسارع الذي تكتسبه إذا أثر أحدكما فيها بقوة قدرها 100 N. عندما يدفع كلاكما الطاولة في اتجاهين متعاكسين بمقدار القوة نفسه كما في **الشكل 4**، لا توجد قوة غير متوازنة، لذلك لا تتسارع الطاولة بل تظل مستقرة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



$F_1 = 100$ N

$F_2 = 100$ N $F_1 = 100$ N

$F_{net} = 0$ N

قوى غير متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه

$F_2 = 100$ N

$F_{net} = 200$ N

قوى متساوية في المقدار وفي الاتجاه نفسه

$F_2 = 200$ N $F_1 = 100$ N

$F_{net} = 100$ N

قوى متساوية في المقدار متعاكسة في الاتجاه

الشكل 4 تمثل القوة المحصلة المؤثرة في الطاولة المجموع المتجهي لكل القوى التي تؤثر في الطاولة. في هذه الحالة تُحسب القوى الأفقية فقط المؤثرة في الطاولة.

القوة المحصلة يعرض الجزء السفلي من **الشكل 4** مخططات الجسم الحر في الحالتين. يوضح المخطط الثالث في **الشكل 4** مخطط الجسم الحر في الحالة الثالثة التي يدفع فيها صديقك الطاولة في الاتجاه المعاكس أقوى من دفعك لها مرتين. يوجد أسفل كل مخطط من مخططات الجسم الحر متجه يمثل محصلة القوتين. عندما يكون متجها القوتين في الاتجاه نفسه، يمكن استبدالهما بمتجه واحد طوله يساوي مجموع طوليهما. عندما تكون القوتان في اتجاهين متعاكسين، يمكن استبدالهما بمتجه واحد طوله يساوي الفرق بين طوليهما. والمصطلح الآخر الذي يعبر عن مجموع متجهات كل القوى المؤثرة في أحد الأجسام هو **القوة المحصلة**.

ويمكنك، أيضًا، تحليل الحالة رياضيًا. أطلق اسم الاتجاه الموجب على الاتجاه الذي تدفع فيه الطاولة بقوة قدرها 100 N. في الحالة الأولى، الممثّلة في الجزء الأيسر من **الشكل 4**، يدفع صديقك بقوة سالبة قدرها 100 N وينتج عن جمعهما معًا قوة محصلة قدرها 0 N، مما يعني أنه لا يوجد تسارع. في الحالة الثانية، يكون مقدار القوة التي يؤثر بها صديقك 100 N. لذلك تكون القوة المحصلة 200 N في الاتجاه الموجب، وتتسارع الطاولة في الاتجاه الموجب. في الحالة الثالثة، تكون القوة التي يؤثر بها صديقك 200− N. لذلك تكون القوة المحصلة 100 N− وتتسارع الطاولة في الاتجاه السالب.

تطبيقات

في كل من الحالات التالية، حدّد النظام وارسم مخطط الحركة وارسم مخطط الجسم الحر. سمِّ كل القوى بمسبّباتها، ووضّح اتجاه التسارع والقوة المحصلة. ارسم المتجهات بالأطوال المناسبة. تجاهل مقاومة الهواء ما لم يتم الإشارة إلى غير ذلك.

1. يسقط لاعب القفز الحر إلى أسفل في الهواء بسرعة متجهة ثابتة. (يؤثر الهواء في الشخص بقوة اتجاهها إلى أعلى).
2. إذا كنت تمسك بكرة بيسبول في راحة يدك وتقذفها إلى أعلى. فارسم رسومات للكرة عندما لا تزال تلمس يدك.
3. بعد أن تغادر الكرة يدك، ترتفع للأعلى ثم تقل سرعتها.
4. بعد أن تصل الكرة إلى أقصى ارتفاع، تسقط للأسفل ثم تزيد سرعتها.
5. **مسالة تحفيزية** تلتقط الكرة بيدك وتجعلها تسكن.

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.

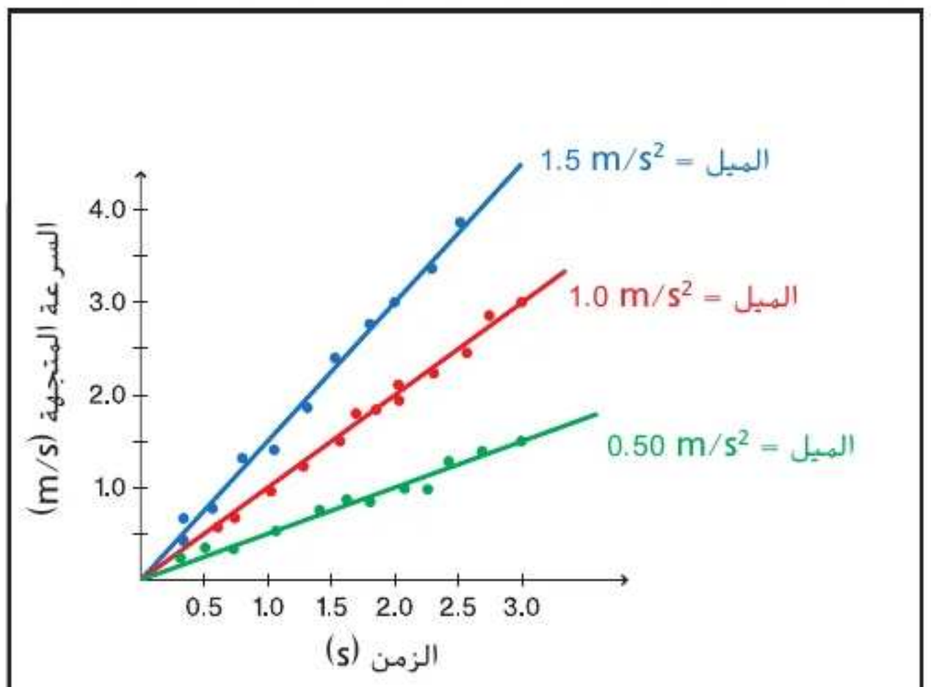
كيف يعتمد التسارع على القوة؟ كرّر التحقق باستخدام قوة ثابتة أكبر. ثم كرّره مرة أخرى باستخدام قوة أكبر كثيرًا. ارسم الرسم البياني للسرعة المتجهة - الزمن لكل قوة مثل الخطوط المستقيمة الأحمر والأزرق في الشكل الأوسط من **الشكل 5**. تذكّر أن ميل الخط المستقيم يمثل تسارع العربة. احسب ميل كل خط مستقيم ومثّل 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:

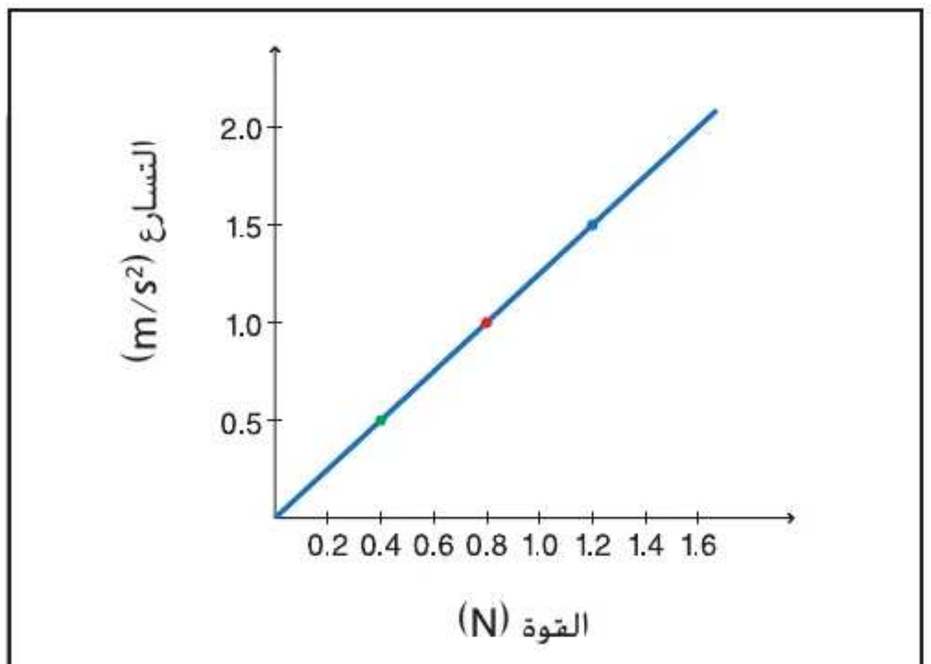
$$y = kx + b$$

مقطع y يساوي 0. لذلك يتم تبسيط المعادلة الخطية إلى $y = kx$. ويمثل المتغير y التسارع في حين يمثل المتغير x القوة. ومن ثمَّ يساوي التسارع ناتج ضرب ميل الخط المستقيم في القوة المحصلة المؤثرة.

التأثير بقوة ثابتة



الرسومات البيانية للسرعة المتجهة - الزمن للقوى الثابتة

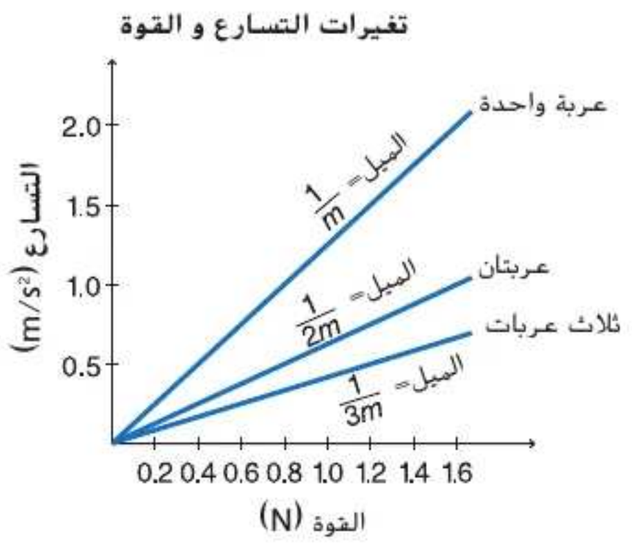


تغيرات تسارع جسم بتغير القوى المؤثرة فيه

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.

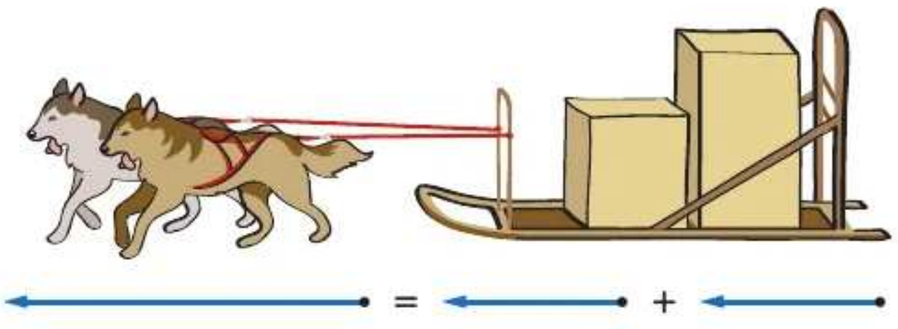
تذكّر أنه يتم قياس القوى بوحدة تُسمى النيوتن. نظرًا لأن $F_{\text{المحصلة}} = ma$، فإن النيوتن يساوي وحدة الكتل مضروبة في وحدة التسارع. لذلك، نيوتن واحد يساوي $1\ kg \cdot m/s^2$. للحصول على فكرة مقاربة عن مقدار 1 N، فكّر في القوة المؤثرة إلى أسفل التي تشعر بها عندما تمسك تفاحة في يدك. تساوي القوة التي 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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الشكل 7 تمثل القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما مجموع متجهات كل القوى المؤثرة في ذلك الجسم.



قانون نيوتن الثاني

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 قانون نيوتن الثاني 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.

قانون نيوتن الثاني

تسارع الجسم يساوي ناتج قسمة محصلة القوى المؤثرة فيه على كتلته.

$$a = \frac{F}{m}$$

حل المسائل باستخدام قانون نيوتن الثاني 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 قانون نيوتن الثاني لحساب التسارع. وأخيرًا، إذا لزم الأمر، يمكنك استخدام ما تعرفه عن الحركة المتسارعة لإيجاد السرعة المتجهة أو موقع الجسم.

تطبيقات

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؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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

- ارسم مخططًا للموقف.
- حدّد الوسادة كنظام وأن الاتجاه الذي تسحب فيه مريم موجب.
- ارسم مخطط الجسم الحر للوسادة وضَع تسميات القوى.

المعلوم	المجهول
$m = 0.30\ kg$	$a = ?$
$F_{\text{مريم في الوسادة}} = 11.0\ N$	
$F_{\text{سارة في الوسادة}} = 10.0\ N$	

2 إيجاد المجهول

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{مريم في الوسادة}} + (-F_{\text{سارة في الوسادة}})$$

استخدم قانون نيوتن الثاني.

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$$

$$= \frac{F_{\text{مريم في الوسادة}} + (-F_{\text{سارة في الوسادة}})}{m}$$ ◄ بالتعويض عن $m = 0.30\ kg$، $F_{\text{سارة في الوسادة}} = 10.0\ N$، $F_{\text{مريم في الوسادة}} = 11.0\ N$

$$= \frac{11.0\ N - 10.0\ N}{0.30\ kg}$$

$$= 3.3\ m/s^2$$

$\mathbf{a} = 3.3\ m/s^2$ 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 مريم 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 ثمَّ يكون التسارع واقعيًا.

تطبيقات

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 $0.80\ m/s^2$. 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

قانون نيوتن الأول

كيف يتحرك جسم ما عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا؟ ينص قانون نيوتن الثاني على أنه إذا كانت $F_{\text{المحصلة}} = 0$، فإن التسارع يساوي صفرًا. تذكّر أنه إذا كان التسارع يساوي صفرًا، فلن تتغير السرعة المتجهة. ومن ثمَّ 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 **قانون نيوتن الأول**.

القصور الذاتي يُسمى قانون نيوتن الأول 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 لقانون نيوتن الأول 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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 لقانون نيوتن الأول، 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 $v = 0$. يعرّف قانون نيوتن الأول 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 قانون نيوتن الأول 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)

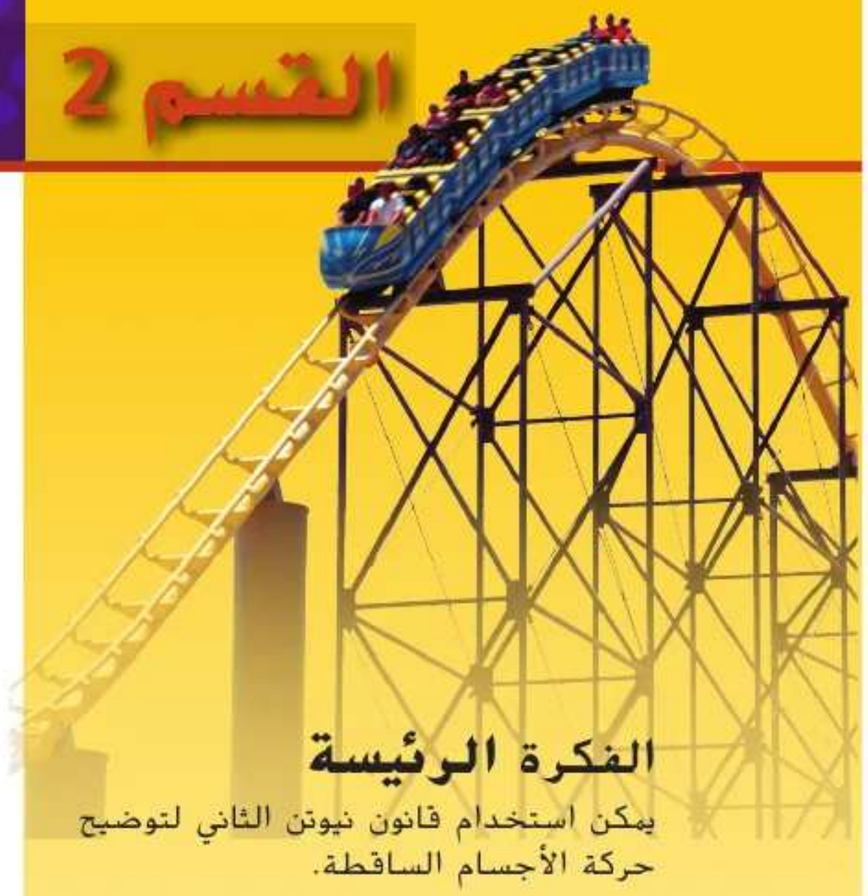
- **الاستخدام العلمي**
  الحالة التي تكون فيها القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفرًا.
  عندما يكون أحد الأجسام متوازنًا، تكون سرعته المتجهة ثابتة.
- **الاستخدام العام**
  حالة الاتزان
  أفسد التلوث توازن النظام البيئي.

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



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؟

الفكرة الرئيسة

يمكن استخدام قانون نيوتن الثاني 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

الوزن	weight
مجال الجاذبية	gravitational field
الوزن الظاهري	apparent weight
انعدام الوزن	weightlessness
القوة المعيقة	drag force
السرعة الحدية	terminal velocity

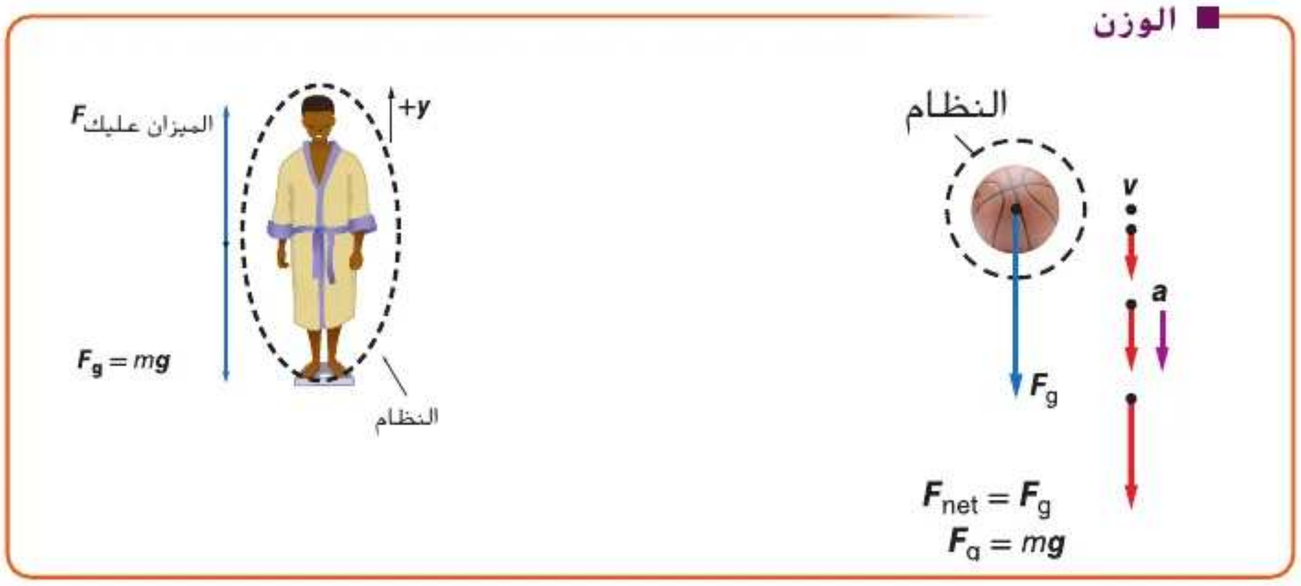
الوزن

من قانون نيوتن الثاني، 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 ثَمَّ 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، ($F_g = mg$).

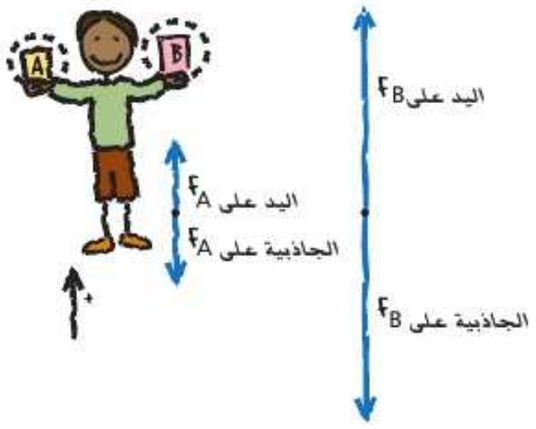
حدّد القوى التي تؤثر فيك عندما تكون متزنا أثناء الوقوف على الميزان.



McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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 المسالة

- ارسم مخططًا للموقف.
- حدّد الأسطوانتين باعتبارهما نظامين واختر الاتجاه إلى أعلى باعتباره موجبًا.
- ارسم مخططات الجسم الحر وضَع تسميات القوى.

المعلوم	المجهول
$m_A = 0.1000\ kg$	$F_{A\ \text{في اليد}} = ?$
$m_B = 0.3000\ kg$	$F_{B\ \text{في اليد}} = ?$
$g = -9.8\ N/kg$	$a_A = ?\quad a_B = ?$

2 إيجاد المجهول

بالنسبة إلى الأسطوانة A:

$F_{\text{الجاذبية في A}} + F_{\text{اليد في A}} = F_{\text{المحصلة في A}}$

$F_{\text{الجاذبية في A}} + F_{\text{اليد في A}} = 0$

$F_{\text{اليد في A}} = -F_{\text{الجاذبية في A}}$

$F_{\text{اليد في A}} = -m_A g$

$= -(0.1000\ kg)(-9.8\ N/kg)$

$= 0.98\ N$ لأعلى

بالنسبة إلى الأسطوانة B:

$F_{\text{الجاذبية في B}} + F_{\text{اليد في B}} = F_{\text{المحصلة في B}}$

$F_{\text{الجاذبية في B}} + F_{\text{اليد في B}} = 0$

$F_{\text{اليد في B}} = -F_{\text{الجاذبية في B}}$

$F_{\text{اليد في B}} = -m_A g$

$= -(0.3000\ kg)(-9.8\ N/kg)$

$= 2.9\ N$ لأعلى

بعد إسقاط الأسطوانتين، تكون القوة الوحيدة المؤثرة في كل منهما قوة الجاذبية.

استخدم قانون نيوتن الثاني.

$$a_A = \frac{F_{\text{المحصلة في A}}}{m_A} \qquad a_B = \frac{F_{\text{المحصلة في B}}}{m_B}$$

► **بالتعويض عن** $m_A g$ = المحصلة في F_A **و** $m_B g$ = المحصلة في F_B

► **بالتعويض عن** $-9.8\ N/kg = -9.8\ m/s^2$ = g.

$$a_A = \frac{m_B g}{m_B} = g \qquad a_B = \frac{m_A g}{m_A} = g$$

$= -9.8\ m/s^2$ $\qquad = -9.8\ m/s^2$

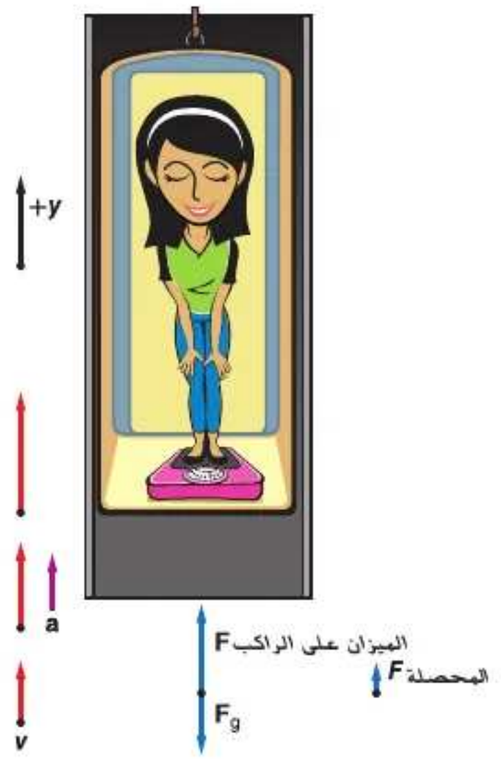
3 تقييم الإجابة

- **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.

تطبيقات

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 $7.0\ m/s^2$؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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.

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 ثمَّ 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 وعندما يبدأ بالتباطؤ حتى يتوقف.

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 من خلال رسم مخطط 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؟

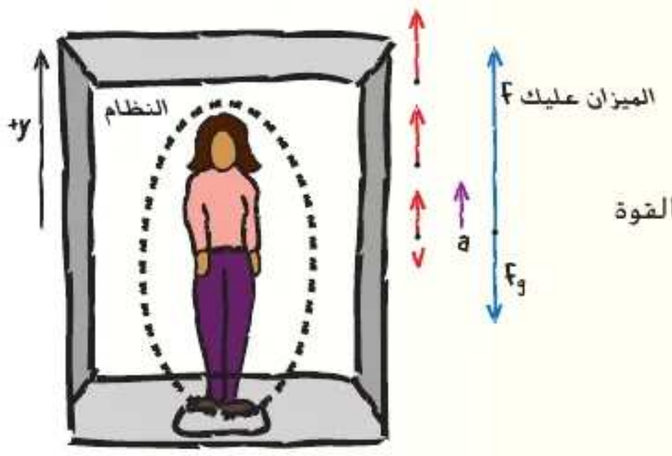
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 مخططًا للموقف.
- 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
$m = 75.0\ kg$	$F_{الميزان} = ؟$
$a = 2.00\ m/s^2$	
$t = 2.00\ s$	
$g = 9.8\ N/kg$	

2 إيجاد المجهول

$F_{المحصلة} = ma$

$F_{المحصلة} = F_{الميزان} + (-F_g)$

► تكون F_g سالبة نظرًا لأنها في الاتجاه السالب الذي يحدده النظام الإحداثي.

أوجد قيمة $F_{الميزان}$.

$F_{الميزان} = F_{المحصلة} + F_g$

المصعد في حالة السكون:

$F_{الميزان} = F_{المحصلة} + F_g$

► لا يتسارع المصعد. لذلك، $F_{المحصلة} = 0.00\ N$.

$= F_g$

► بالتعويض عن $F_{المحصلة} = 0.00\ N$.

$= mg$

► بالتعويض عن $F_g = mg$.

► بالتعويض عن $m = 75.0\ kg$ و$g = 9.8\ N/kg$.

$= (75.0\ kg)(9.8\ N/kg)$

$= 735\ N$

المصعد يتسارع إلى أعلى:

► بالتعويض عن $F_{المحصلة} = ma$، $F_g = mg$

$F_{الميزان} = F_{المحصلة} + F_g$

► بالتعويض عن $m = 75.0\ kg$، $a = 2.00\ m/s^2$، $g = 9.8\ N/kg$

$= ma + mg$

$= (75.0\ kg)(2.00\ m/s^2) + (75.0\ kg)(9.8\ N/kg)$

$= 885\ N$

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 $F_{الميزان} = 885\ N$ أكبر مما هي عليه في حالة السكون عندما تكون $F_{الميزان}$ 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

تطبيقات

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.

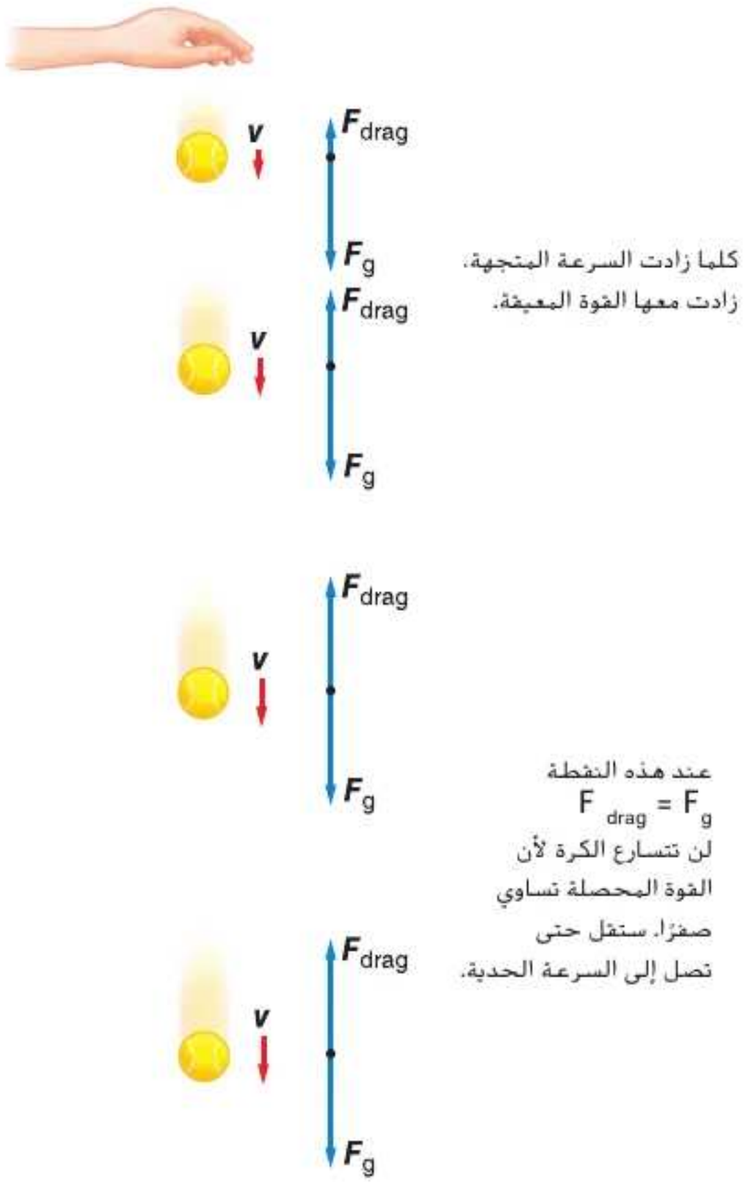
1. إذا تجاهلت مقاومة الهواء، فما المدة التي ستستغرقها الحاوية لتسقط مسافة 300 m إلى الأرض؟
2. مرة أخرى، بتجاهل مقاومة الهواء، ما سرعة الحاوية قبل الارتطام بالأرض مباشرة؟
3. تتصل الحاوية بمظلة مصمّمة لإحداث القوة المعيقة التي تسمح للحاوية بالوصول إلى سرعة متجهة ثابتة إلى أسفل مقدارها 6 m/s. ما مقدار القوة 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 متزنا 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

قانون نيوتن الثالث

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 قانون نيوتن الثالث على الإجابة عن هذا السؤال.

الفكرة الرئيسة

توجد كل القوى في أزواج تأثير متبادل.

الأسئلة الرئيسة

- ما هو قانون نيوتن الثالث؟
- ما المقصود بالقوة العمودية؟

مراجعة المفردات

التناظر symmetry التوافق بين الأجزاء على الجانبين المتضادين للخط الفاصل.

مفردات جديدة

زوجا التأثير المتبادل
interaction pair

قانون نيوتن الثالث
Newton's third law

الشد tension

القوة العمودية normal force

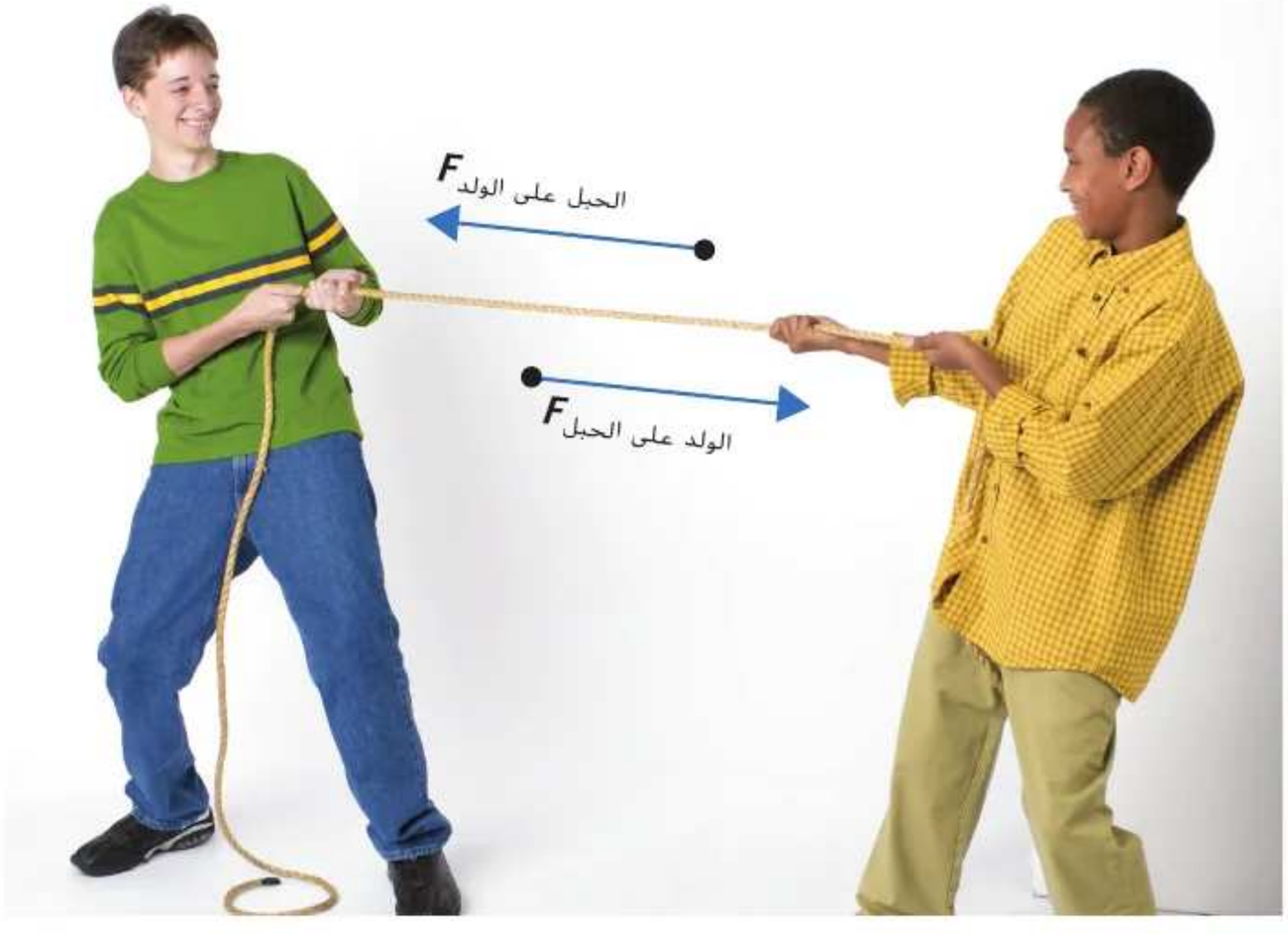
أزواج التأثير المتبادل

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 وB 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 قانون نيوتن الثالث 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 **قانون نيوتن الثالث**، 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

قانون نيوتن الثالث

القوة التي تؤثر بها A في B مساوية للقوة التي تؤثر بها B في A في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.

$$F_{\text{A في B}} = -F_{\text{B في A}}$$

استخدام قانون نيوتن الثالث فكّر في حالة الإمساك بكتاب في يدك. يمكنك رسم مخطط الجسم الحر لكل من يدك والكتاب. هل توجد أزواج تأثير متبادل؟ عند تحديد أزواج التأثير المتبادل، ضع في الحسبان أن أزواج التأثير تكون متبادلة بين جسمين مختلفين وهي ليست قوتان تؤثران على نفس الجسم كما يظهر في مخطط الجسم الحر. وأنه سيكون هناك تناظر في النصوص السفلية دائمًا كما هو مُلاحظ في الصفحة السابقة. في هذه الحالة، يكون زوجا التأثير المتبادل $F_{\text{الكتاب في اليد}}$ و$F_{\text{اليد في الكتاب}}$.

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.

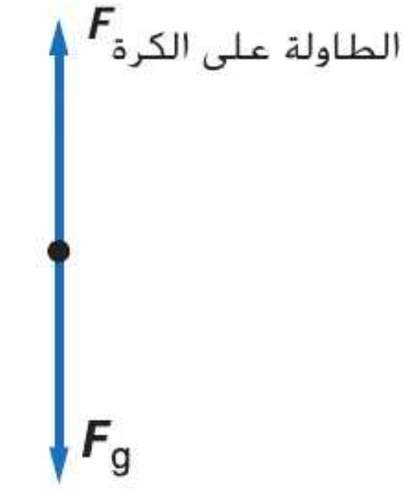
☑ **تأكد من فهمك** **اشرح** لماذا يكون تسارع الأرض عادةً صغيرًا للغاية مقارنةً بتسارع الجسم الذي يتفاعل مع الأرض.

استراتيجيات | حل المسائل

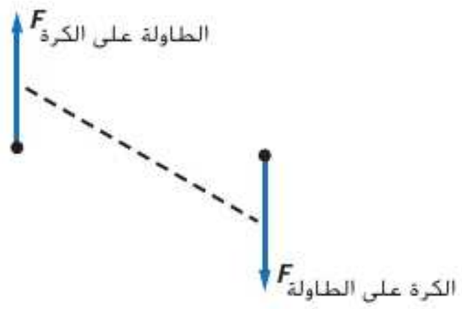
استخدم هذه الاستراتيجيات لحل المسائل التي يوجد فيها تأثير متبادل بين جسمين في نظامين مختلفين.

1. اعزل النظام أو الأنظمة عن المحيط الخارجي.
2. ارسم نموذجًا مصورًا يتضمن الأنظمة الإحدائية لكل نظام.
3. ارسم نموذجًا فيزيائيًا يتضمن مخطط الجسم الحر لكل نظام.
4. صل بين أزواج التأثير المتبادل بخطوط متقطعة.
5. لتحسب إجابتك. استخدم قانون نيوتن الثاني لإيجاد العلاقة بين القوة المحصلة والتسارع لكل نظام.
6. استخدم قانون نيوتن الثالث لوضع معادلة لمقادير أزواج التأثير المتبادل وتوضيح الاتجاه النسبي لكل قوة.
7. حلّ المسألة وتحقق من صحة وحدات الإجابات وإشاراتها ومقاديرها.

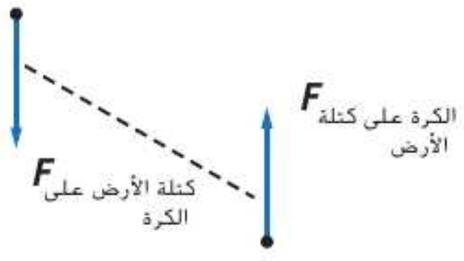
قانون نيوتن الثالث



القوتان اللتان تؤثران في الكرة هما $F_{\text{الطاولة في الكرة}}$ و$F_{\text{كتلة الأرض في الكرة}}$. لا تمثل هاتان القوتان زوجي تأثير متبادل.



زوجا قوة التأثير المتبادل بين الكرة والطاولة.



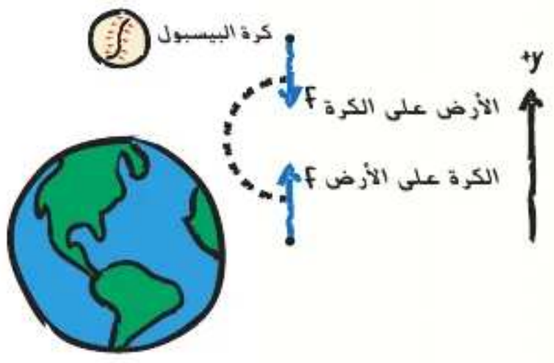
زوجا قوة التأثير المتبادل بين الكرة وكوكب الأرض.

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

- ارسم مخطط الجسم الحر لكلٍّ من الكرة والارض.
- صل بين زوجي التأثير المتبادل بخط متقطع.

المعلوم	المجهول
$m_{\text{الكرة}} = 0.18$ kg	$F_{\text{الأرض في الكرة}} = ?$
$m_{\text{الأرض}} = 6.0\times10^{24}$ kg	$a_{\text{الأرض}} = ?$
$g = 9.8$ N/kg	

2 إيجاد المجهول

استخدم قانون نيوتن الثاني 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 $m_{\text{الكرة}} = 0.18$ kg، $g = -9.8$ N/kg.

استخدم قانون نيوتن الثالث لإيجاد $F_{\text{الكرة في الأرض}}$.

$$F_{\text{الأرض في الكرة}} = -F_{\text{الكرة في الأرض}}$$

$$= -(-1.8\text{ N})$$

$$= +1.8\text{ N}$$

◄ بالتعويض عن $F_{\text{الأرض في الكرة}} = -1.8$ N.

استخدم قانون نيوتن الثاني لإيجاد $a_{\text{الأرض}}$.

$$a_{\text{الأرض}} = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m_{\text{الأرض}}}$$

$$= \frac{1.8\text{ N}}{6.0\times10^{24}\text{ kg}}$$

$$= 2.9\times10^{-25}\text{ m/s}^2\text{ اتجاه العجلة نحو مركز}$$

◄ بالتعويض عن $m_{\text{الأرض}} = 6.0\times10^{24}$ kg، $F_{\text{المحصلة}} = 1.8$ 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.

تطبيقات

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 مخطط 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.

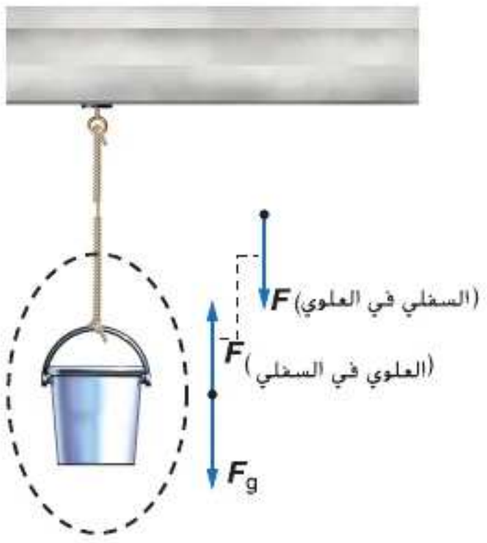
الشكل 16

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 قانون نيوتن الثالث 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**.

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.



الشكل 17 يساوي الشد في الحبل وزن كل الأجسام المعلقة به.

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.

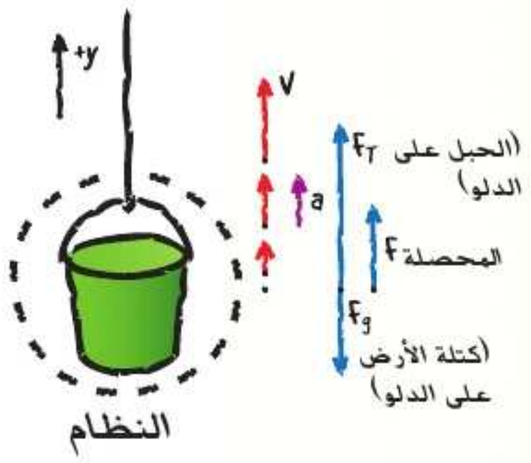
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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 مخططًا للموقف.
- ارسم نظامًا إحداثيًا يشير المحور الموجب فيه إلى أعلى.
- ارسم مخطط الحركة مع تحديد v وa.
- ارسم مخطط الجسم الحر وضَع تسميات القوى.



المعلوم	المجهول
$m = 50.0\ \text{kg}$ $v_f = 3.0\ \text{m/s}$	$F_T = ?$
$v_i = 0.0\ \text{m/s}$ $d = 3.0\ \text{m}$	

2 إيجاد المجهول

تمثل $F_{\text{المحصلة}}$ مجموع القوة الموجبة للحبل التي تسحب إلى أعلى (F_T) وقوة الوزن السالبة $(-F_g)$ التي تسحب إلى أسفل كما هو محدد بالنظام الإحداثي.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_T + (-F_g)$$

$$F_T = F_{\text{المحصلة}} + F_g$$

$$= ma + mg$$

► بالتعويض عن $F_g = mg$، $F_{\text{المحصلة}} = ma$

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 $v_i = 0.0\ \text{m/s}^2$.

$$F_T = ma + mg$$

$$= m\left(\frac{v_f^2}{2d}\right) + mg$$

► بالتعويض عن $a = v_f^2 / (2d)$.

$$= (50.0\ \text{kg})\left(\frac{(3.0\ \text{m/s})^2}{2(3.0\ \text{m})}\right) + (50.0\ \text{kg})(9.8\ \text{N/kg})$$

► بالتعويض عن $m = 50.0\ \text{kg}$، $v_f = 3.0\ \text{m/s}$، $d = 3.0\ \text{m}$، $g = 9.8\ \text{N/kg}$.

$$= 560\ \text{N}$$

الحبل معرض للانقطاع نظرًا لأن الشد يتجاوز 525 N.

3 تقييم الإجابة

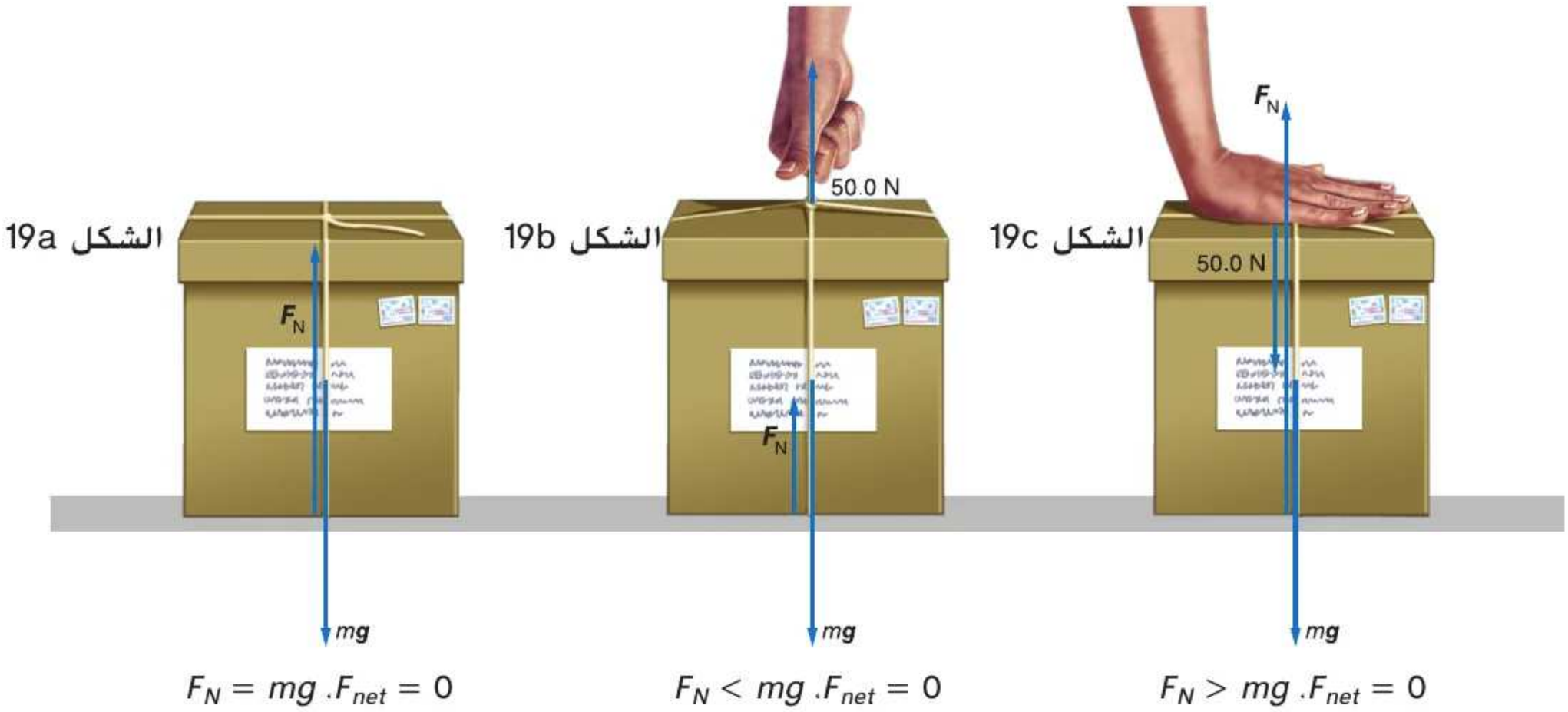
- **هل الوحدات صحيحة؟** يثبت التحليل البُعدي صحة $\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$، وهي N.
- **هل الإشارة منطقية؟** ينبغي أن تكون القوة إلى أعلى موجبة.
- **هل المقدار واقعي؟** يُعد المقدار أكبر بقليل من 490 N، وهو وزن الدلو.
  $F_g = mg = (50.0\ \text{kg})(9.8\ \text{N/kg}) = 490\ \text{N}$

تطبيقات

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 تساوى 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 قانون نيوتن الثاني 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.

مختبر الفيزياء

قانون نيوتن الثالث 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

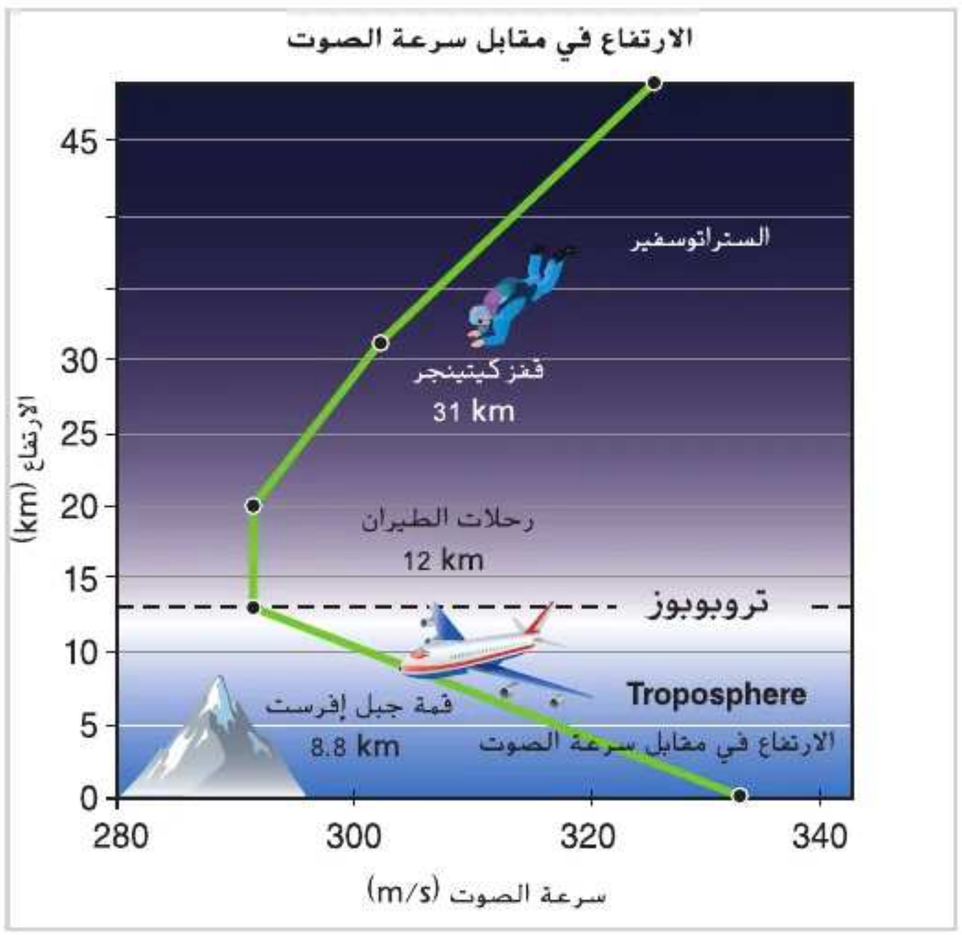
أسرع من الصوت؟

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، وكان 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.

تجربة فيليكس

كرر المغامر السويسري (Felix Baumgartner) تجربة القفز هذه من ارتفاع أعلى من ذلك الذي قفز منه كيتينجر.

إبحث في الانترنت عن تلك القفزة ودوّن تاريخها. والارتفاع الذي قفز منه، وزمن تلك القفزة وأعلى سرعة وصلها.

صمّم شكلاً يشبه **الشكل 1** ولكن لقفزة فيليكس.

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
- قانون نيوتن الثاني Newton's second law
- قانون نيوتن الأول 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 قانون نيوتن الثاني على أن تسارع النظام يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه مقسومة على كتلته.

$$a = \frac{F_{net}}{m}$$

- ينص قانون نيوتن الأول 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 الذى تؤثر فيه قوة محصلة تساوى صفرًا يكون فى 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 قانون نيوتن الثاني 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 قانون نيوتن الثالث

المفردات
- أزواج التأثير المتبادل interaction pair
- قانون نيوتن الثالث Newton's third law
- الشد tension
- القوة العمودية normal force

الفكرة الرئيسة توجد كل القوى في W أزواج تأثير متبادل.

- ينص قانون نيوتن الثالث 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؟

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 أيٍ من الاتجاهين. هل كلاهما صحيح؟ وإذا كان الأمر كذلك. فاشرحْ السرعة المتجهة للعربة وتسارعها (إن وجد) وصِفهما.

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** و**b**.

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.

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 قانون نيوتن الثالث

إتقان المفاهيم

55. عندما تسقط صخرة من أعلى جسر. تجذب الأرض الصخرة وتكسبها تسارعًا إلى أسفل. وفقًا لقانون نيوتن الثالث، تجذب الصخرة أيضًا الأرض ولكن لا يبدو أن الأرض تتسارع. اشرح.

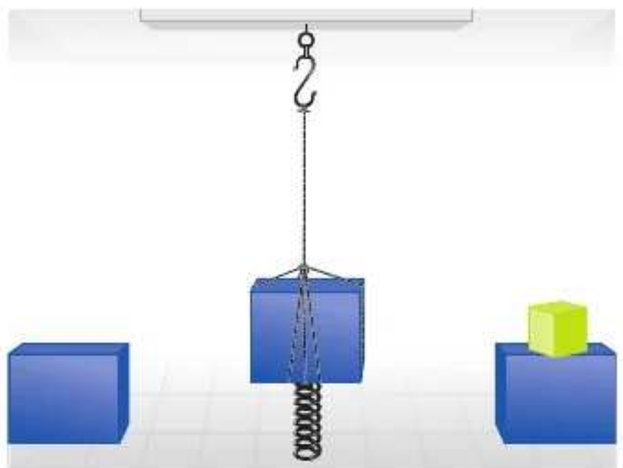
56. اشرح لماذا يكون الشد في حبل عديم الكتلة ثابتًا في جميع أجزاء الحبل.

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 المخططين.

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 وقانون نيوتن الثاني 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؟

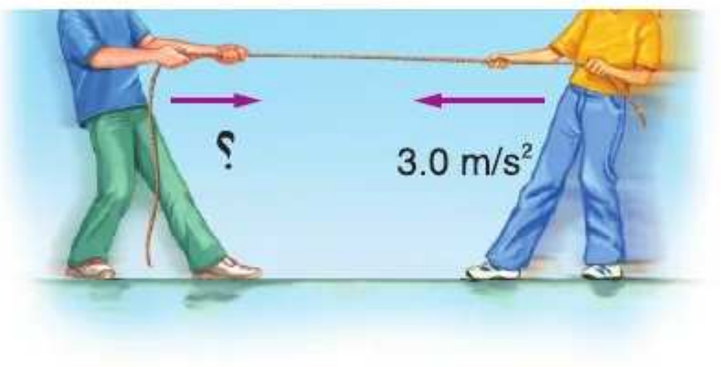
74. سيارة سباق انطلقت سيارة سباق كتلتها 873 kg من وضع السكون ووصلت سرعتها إلى 26.3 m/s خلال 0.59 s.

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. صبيّان 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 ذو القميص الاصفر تجاه الآخر يساوي $3{,}0 m/s^2$، فأوجد مقدار واتجاه تسارع الصبي الاخر.

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؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

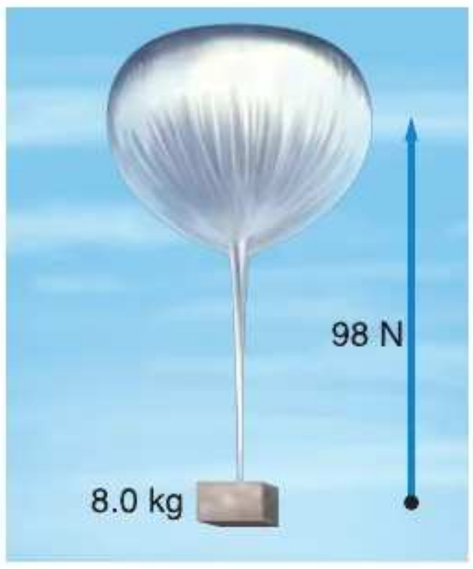
80. بالون الرصد الجوي الأدوات المعلقة في بالون الرصد الجوي في **الشكل 26** تبلغ كتلتها 8.0 kg. يتم إطلاق البالون ويبذل قوة نحو الأعلى تبلغ 98 N على الأدوات.

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

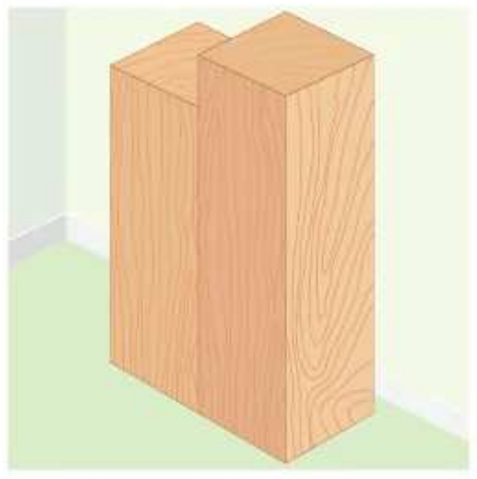
81. عندما تؤثر قوة أفقية مقدارها 4.5 N في ثقل فوق سطح عديم المقاومة، فإنها تؤدي إلى تسارع بمعدل $2.5\ m/s^2$. افترض أنه تم إسقاط ثقل آخر كتلته 4.0 kg على الثقل الأول. فما مقدار التسارع للثقلين إذا استمرت القوة نفسها في التأثير؟ مع افتراض أن الثقل الثاني لا ينزلق فوق الأول.

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 زمنًا 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 نموذج تصويري.

b. ارسم مخططات الحركة والجسم الحر وحدّد اتجاه الحركة.

c. ما مقدار تسارع الكتلة الأصغر؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

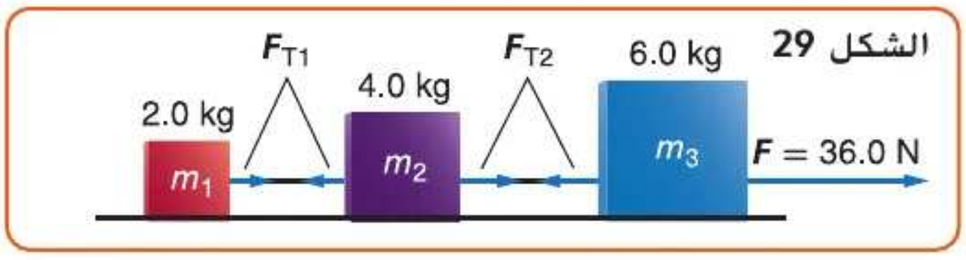
87. استخدم النماذج افترض أن مقداري الكتلتين في المسألة السابقة أصبحا الآن 1.00 kg و4.00 kg. أوجد تسارع الكتلة الأكبر.

88. لاحظ واستدل يتم سحب ثلاث كتل متصلة بخيوط عديمة الكتلة على طول سطح عديم الاحتكاك بتأثير قوة أفقية، كما هو مبين في **الشكل 29**.

a. ما مقدار تسارع كل كتلة؟

b. ما مقدار قوى الشد في كل خيط؟

تلميح: ارسم مخطط الجسم الحر لكل كتلة على حدة.



الشكل 29

89. انقد اكتب حلا للمسألة التالية مستخدمًا أمثلة المسائل في هذه الوحدة كنماذج. يتعلق ثقل كتلته 3.46 kg في حبلين عموديين مربوطين في السقف. ما مقدار الشد في كل حبل؟

90. التفكير الناقد إذا كنت تعمل كمستشار علمي لمسلسل تليفزيوني جديد عن الخيال العلمي حول استكشاف الفضاء. وفي الحلقة الثالثة، طُلب من البطل، نجم البدري، أن يكون أول من يركب في سفينة جديدة للنقل بين الكواكب. وهو يريد التأكد من أن سفينة النقل ستأخذه بالفعل إلى الكوكب الذي يريد الذهاب إليه، وبالتالي هو بحاجة إلى جهاز لقياس قوة الجاذبية عند وصوله. لقياس قوة الجاذبية، يريد كُتاب الحوار أن يُجري نجم تجربة تتضمن استخدام ميزان. ومهمتك هي تصميم تجربة سريعة يمكن لنجم إجراؤها وتتضمن استخدام ميزان لتحديد الكوكب الذي يوجد عليه. صف التجربة واذكر النتائج التي يمكن الحصول عليها على كوكب الزهرة ($g = 8.9$ N/kg)، الذي من المفترض أن يذهب إليه، وعطارد ($g = 3.7$ N/kg)، الكوكب الذي ستنقله إليه سفينة النقل.

91. طبق المفاهيم أعد تجربة تستخدم كاشف الحركة وحاسبة أو برنامج كمبيوتر يرسم رسمًا بيانيًا للمسافة التي يقطعها جسم أثناء السقوط الحر في فترات زمنية متساوية. وارسم أيضًا رسمًا بيانيًا للسرعة المتجهة مقابل الزمن. قارن وقابل الرسومات البيانية. باستخدام الرسم البياني للسرعة المتجهة، حدد مجال الجاذبية. هل يساوي g؟

92. تأليف مسألة أكمل هذه المسألة لكي يكون من اللازم حلها باستخدام المفهوم المذكور أدناه: "أثناء تفريغ شاحنة، يدفع العامل صندوقًا كتلته 10 kg على الأرضية..."

a. قانون نيوتن الثاني

b. قانون نيوتن الثالث

الكتابة في الفيزياء

93. ابحث في إسهامات نيوتن في الفيزياء واكتب ملخصًا من صفحة واحدة. هل تعتقد أن قوانين الحركة الثلاثة كانت أعظم إنجازاته؟ اشرح لم أو لم لا.

94. راجع وحلل وانقد قانون نيوتن الأول. هل تستطيع إثبات هذا القانون؟ اشرح. تأكد من أخذ دور المقاومة في الحسبان.

95. يصنف علماء الفيزياء جميع القوى إلى أربع فئات أساسية: الجاذبية والكهرومغناطيسية والنووية الضعيفة والنووية القوية. تحقق من هذه القوى وصف الحالات التي توجد فيها.

مراجعة تراكمية

96. التزلج لاختراق الضاحية يتدرب صديقك على سباق للتزلج على الجليد لاختراق الضاحية. واتفقت أنت وبعض أصدقائك الآخرين على توفير الغذاء والماء له على طول طريق التدريب. والطقس اليوم شديد البرودة، ولذلك لا يريد أيٌّ منكم الانتظار في الخارج لفترة أطول مما ينبغي. يتصل بك طارق، الذي سيتوقف عنده المتزلج قبل منزلك، في الساعة 8:25 A.M. ليخبرك أن المتزلج مر بمنزله للتو وأنه يخطط للتحرك بسرعة متوسطة 8.0 km/h. إذا كان منزلك يبعد عن منزل طارق بمقدار 5.2 km، فمتى يجب أن تتوقع مرور المتزلج بمنزلك؟

97. الشكل 30 يعرض رسمًا بيانيًا للموقع–الزمن لحركة سيارتين على الطريق.

a. في أي زمن (أزمان) تتجاوز إحدى السيارتين الأخرى؟

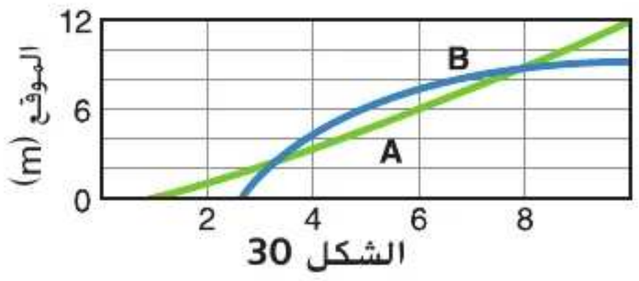
b. أي السيارتين تتحرك أسرع عند 7.0 s؟

c. في أي زمن (أزمان) يكون للسيارتين السرعة المتجهة نفسها؟

d. في أي فترة زمنية تسرع السيارة B طوال الزمن؟

e. في أي فترة زمنية تُبطئ السيارة B طوال الزمن؟

الرسم البياني للموقع مقابل الزمن



الشكل 30

98. راجع **الشكل 30** لإيجاد السرعة اللحظية لكل مما يلي:

a. السيارة B عند 2.0 s

b. السيارة B عند 9.0 s

c. السيارة A عند 2.0 s

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

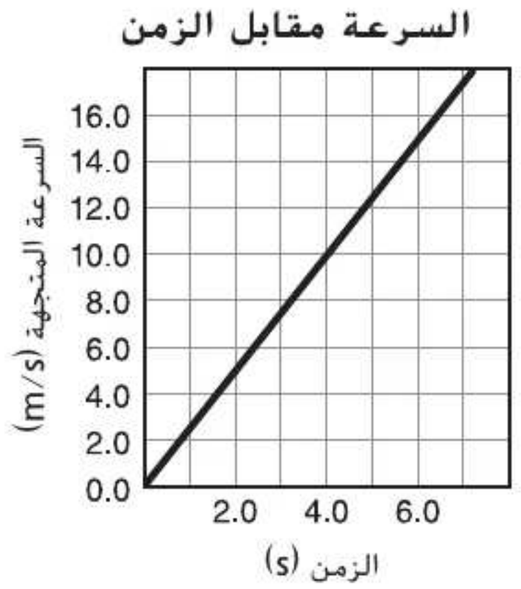
الوحدة 4 تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

1. ما تسارع السيارة المبينة في الرسم البياني التالي؟

a. $0.20\ m/s^2$ c. $1.0\ m/s^2$

b. $0.40\ m/s^2$ d. $2.5\ m/s^2$



2. ما المسافة التي يقطعها العداء في 4.0 s إذا كانت تسارع $25 m/s^2$؟ بافتراض أن العداء بدأ من السكون.

a. 13 m c. 80 m

b. 20 m d. 90 m

3. إذا بدأت دراجة نارية من السكون وحافظت على تسارع ثابت بمقدار $3 m/s^2$. فكم ستكون سرعتها المتجهة بعد 10 s؟

a. 10 m/s c. 90 m/s

b. 30 m/s d. 100 m/s

4. ما مدى تغير تسارع الجسم إذا تضاعفت القوة المحصلة المؤثرة في الجسم؟

a. ينقص التسارع بمقدار النصف.

b. لا يتغير التسارع.

c. يتضاعف التسارع.

d. يُضرب التسارع في أربعة.

5. ما وزن مسبار فضائي كتلته 225 kg على القمر؟ فرض أن مقدار تسارع الجاذبية على سطح القمر $1.62 m/s^2$.

a. 139 N c. 1.35×10^3 N

b. 364 N d. 2.21×10^3 N

6. تقف امرأة كتلتها 73 kg على ميزان في مصعد. إذا كانت قراءة الميزان 810 N. ما مقدار واتجاه تسارع المصعد؟

a. $0.23\ m/s^2$ لأعلى c. $6.5\ m/s^2$ لأسفل

b. $1.3\ m/s^2$ لأعلى d. $11\ m/s^2$ لأسفل

7. يجلس طفل كتلته 45kg على أرجوحة مصنوعة من إطار سيارة كتلته 3.2kg. ما قوة الشد في الحبل المُعلق في فرع الشجرة؟

a. 310 N c. 4.5×10^2 N

b. 4.4×10^2 N d. 4.7×10^2 N

8. مال فرع الشجرة في المسألة السابقة واستقرت قدما الطفل على الأرض. إذا كانت قوة الشد في الحبل قد تناقصت لتصبح 220N. فما قيمة القوة العمودية المؤثرة على قدمي الطفل؟

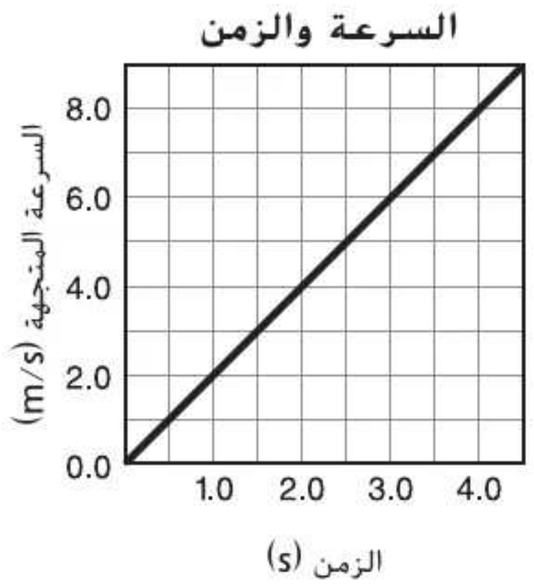
a. 2.2×10^2 N c. 4.3×10^2 N

b. 2.5×10^2 N d. 6.9×10^2 N

9. في الرسم البياني التالي. ما القوة المؤثرة على عربة كتلتها 16kg؟

a. 4 N c. 16 N

b. 8 N d. 32 N



أسئلة ذات إجابات مفتوحة

10. ارسم مخطط الجسم الحر لطفل يقف على ميزان في مصعد. ثم صف باستخدام الكلمات والمعادلات الرياضية ما يحدث لوزن الطفل الظاهري عندما يتسارع المصعد إلى أعلى وعندما يهبط المصعد بسرعة منتظمة إلى أسفل. وعندما يهبط المصعد في حالة سقوط حر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 5

الإزاحة والقوة في بُعدين

الفكرة الرئيسة يمكن وصف القوى في بُعدين باستخدام جمع المتجهات وتحليلها.

الأقسام

1 المتجهات

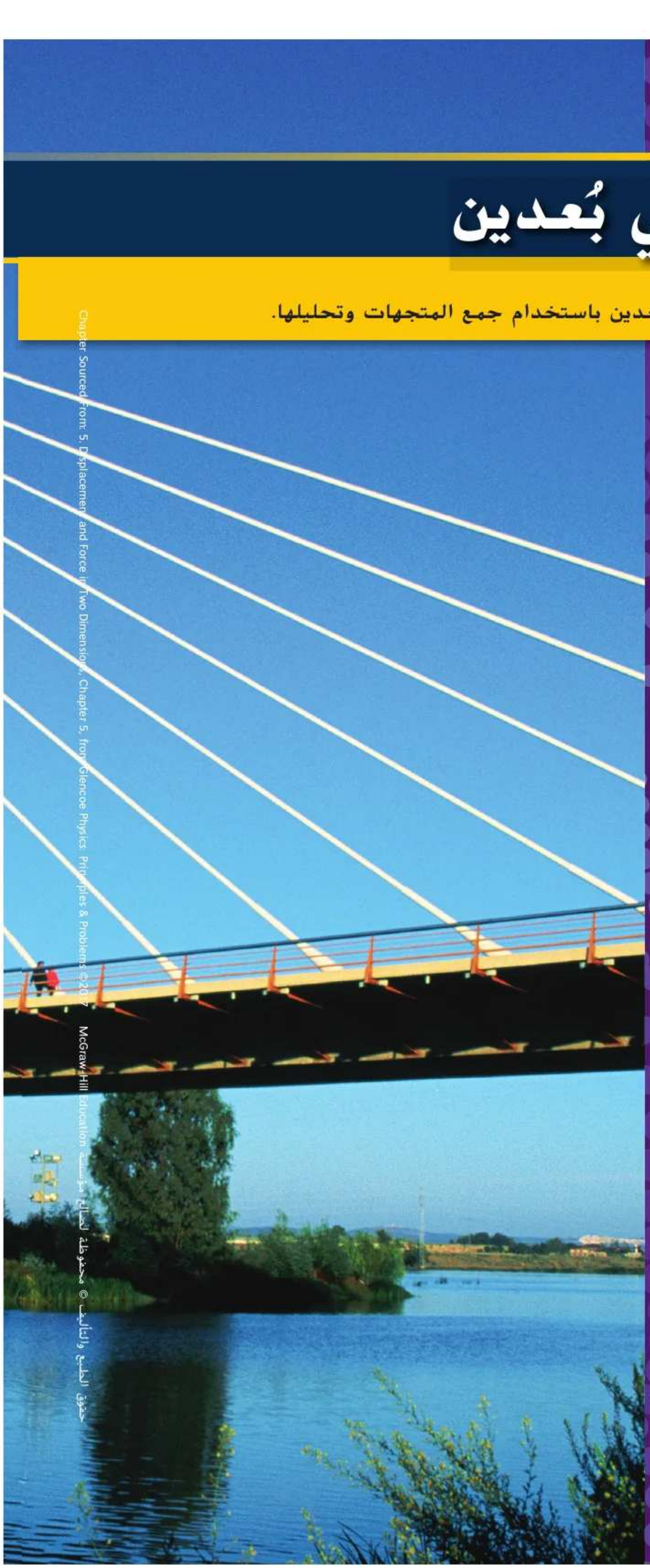
2 الاحتكاك

3 القوى في بُعدين

التجربة الاستهلالية

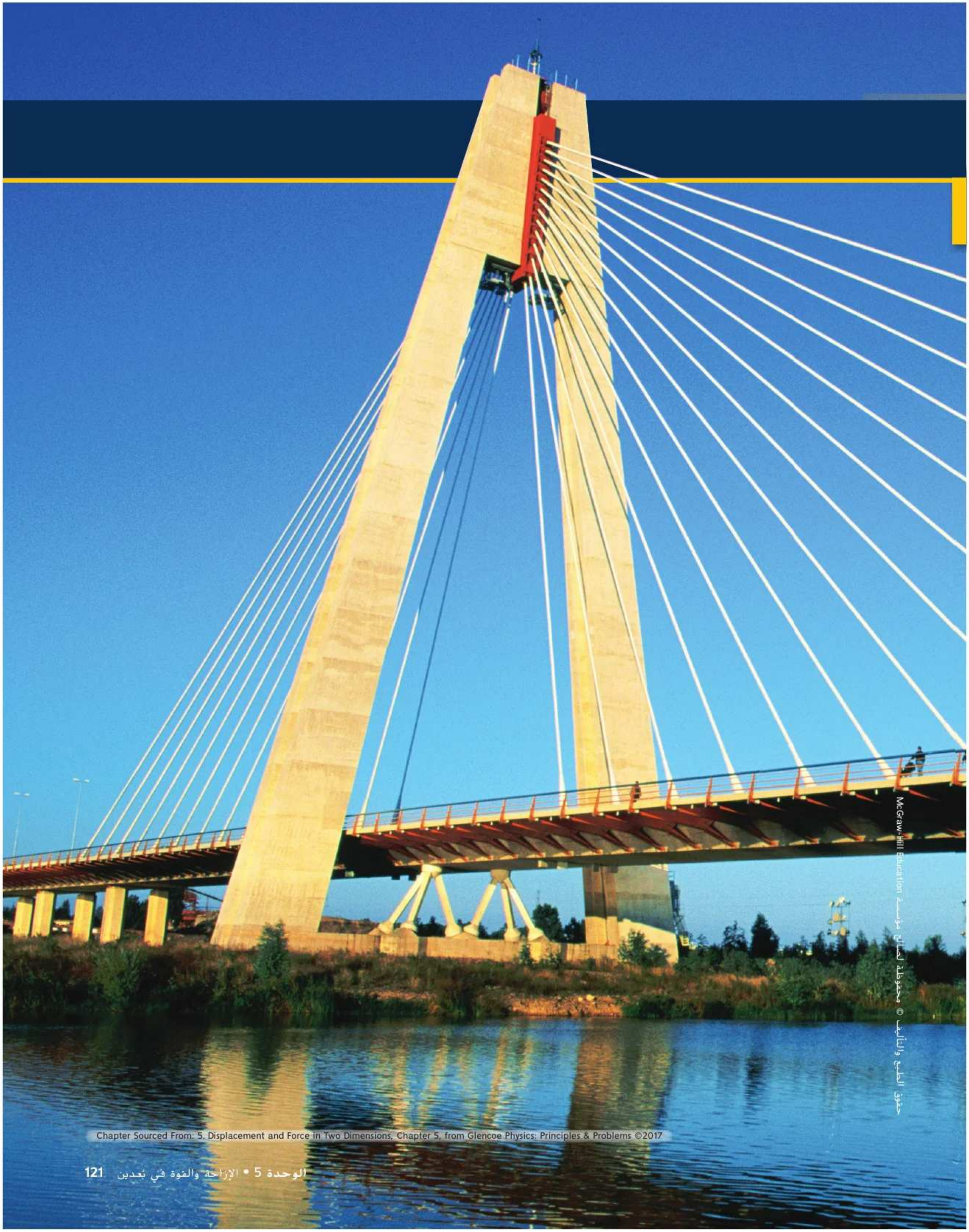
جمع المتجهات

كيف يمكنك جمع متجهَي قوة مقدارهما 2 N وإيجاد حاصل جمع مقداره 2 N؟



Chapter Sourced From: 5, Displacement and Force in Two Dimensions, Chapter 5, from Glencoe Physics: Principles & Problems © 2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

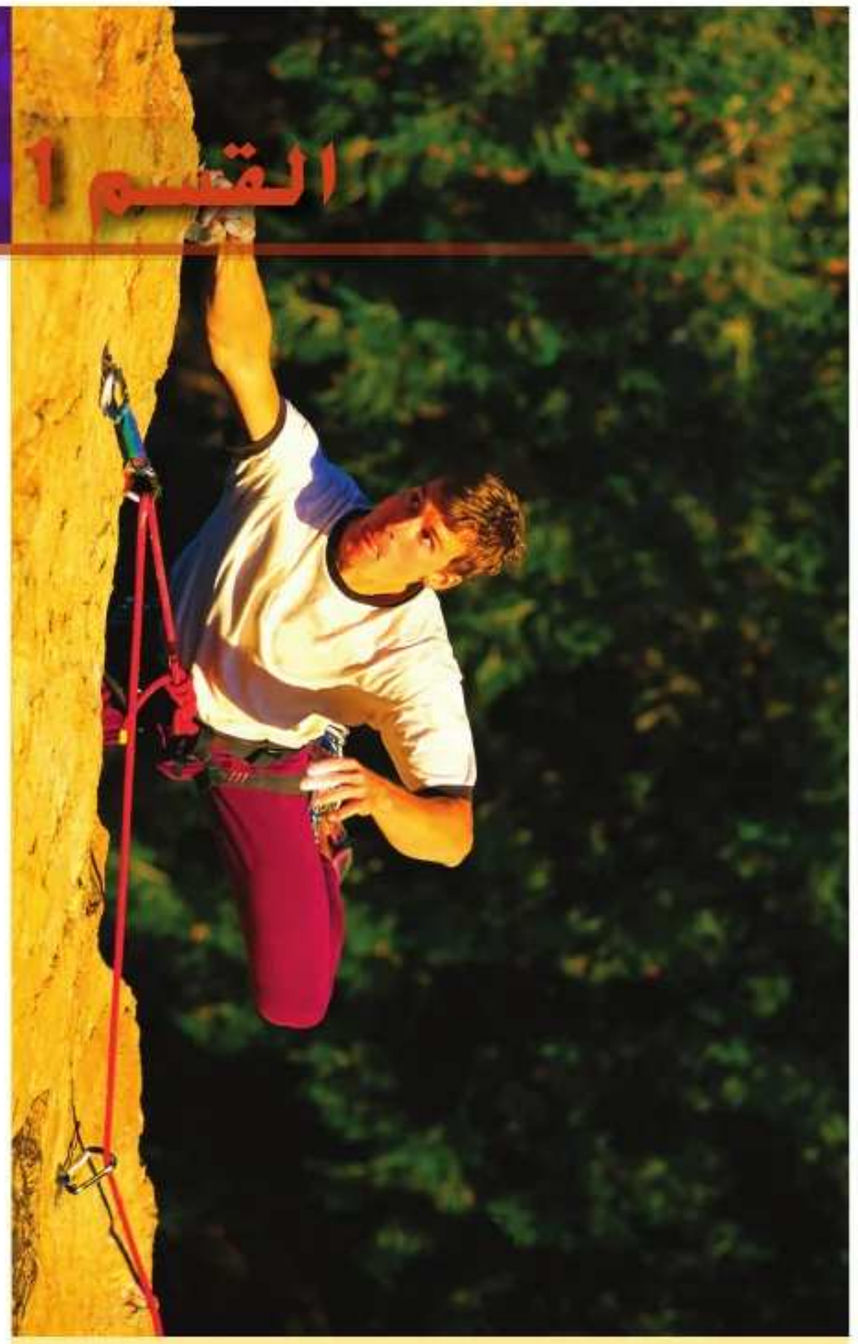


McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

Chapter Sourced From: 5. Displacement and Force in Two Dimensions, Chapter 5, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

القسم 1

المتجهات



الفيزياء في حياتك

ربما لم يكن التسلق بأطراف أصابعك على بُعد مئات الأمتار من سطح الأرض فكرتك للمرح، ومع ذلك يستمتع كل عام ملايين من الناس برياضة تسلق الصخور. أثناء صعودهم، يؤثّر المتسلقون بقوى في اتجاهات مختلفة عديدة للتغلب على قوة الجاذبية التي تجذبهم لأسفل.

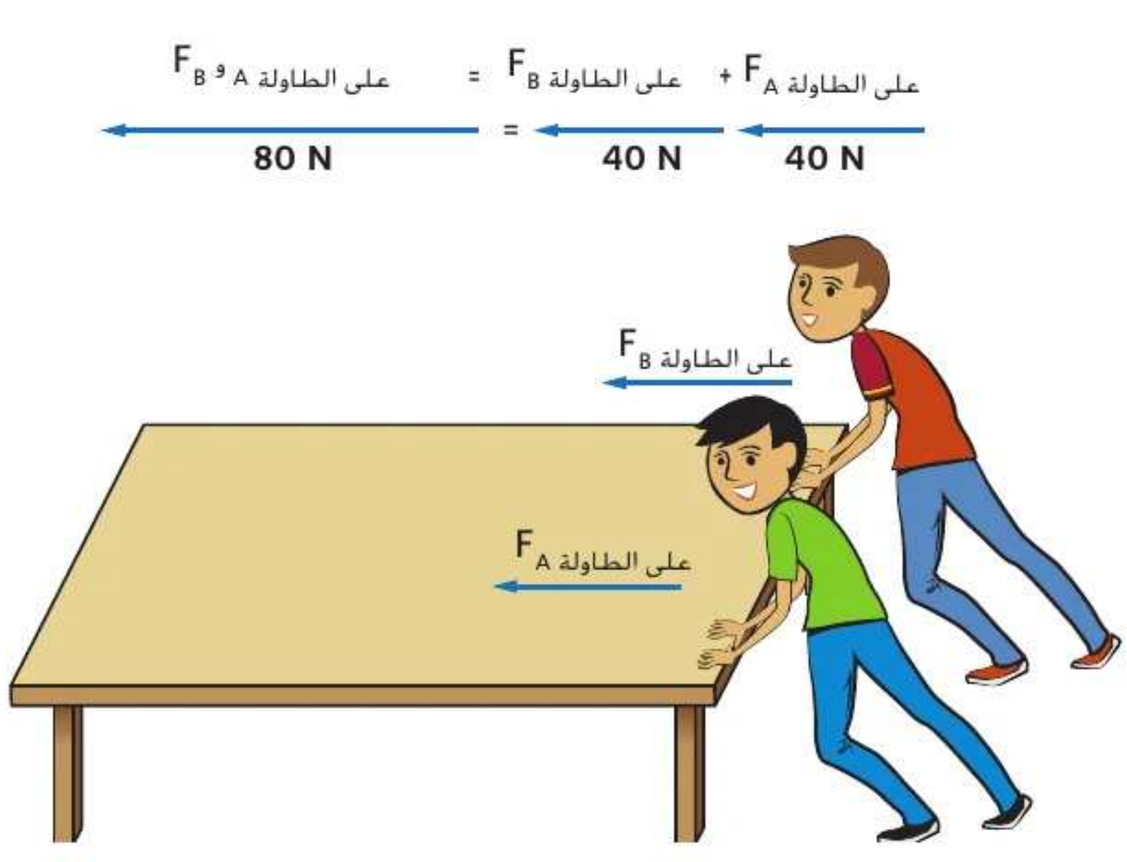
المتجهات في بُعدين

كيف يتشبث المتسلقون بالحواجز الصخرية؟ يوجد لدى المتسلق عادة أكثر من نقطة ارتكاز. يعني هذا أنه توجد قوى متعددة تؤثر فيه. نظرًا لأنه يتشبث بالشقوق الموجودة بين الصخور، فإن الصخور تؤثر فيه بقوة. يؤمنه أيضًا الحبل من الصخور. لذا توجد قوتا تماس تؤثران فيه. تسحبه الجاذبية أيضًا. لذا توجد ثلاث قوى تؤثر في المتسلق.

أحد جوانب هذه الحالة المختلفة عن الحالات الأخرى التي ربما تكون قد درستها من قبل هو أن القوى التي تؤثر بها الصخور في المتسلق لا تدفعه أو تسحبه في الاتجاه الأفقي أو الرأسي. تعرف من الدراسة السابقة أنه يمكنك اختيار النظام الإحداثي الخاص بك وتوجيهه بالطريقة الأكثر إفادة لتحليل الحالة. ولكن كيف يمكنك إعداد نظام إحداثي لمحصلة القوى عند التعامل مع أكثر من بُعد؟ وماذا يحدث عندما لا تكون القوى بزاوية قائمة مع بعضها؟

إعادة النظر في المتجهات لنبدأ بمراجعة متجهات القوة في بُعد واحد. فكّر في الحالة الواردة في **الشكل 1** التي تدفع فيها أنت وصديقك طاولة معًا. لنفترض أن كلاً منكما يؤثر بقوة 40 N باتجاه اليسار. إذن مجموع القوتين 80 N باتجاه اليسار. وهذا ما كنت تتوقعه تقريبًا. ولكن كيف تحصل على مجموع متجهات هذه القوة؟ في المناقشات السابقة لجمع المتجهات في بعد واحد، عرفتَ أن متجه المحصّلة دائمًا يمتد من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الأخير. هل هذه القاعدة لا تزال تُطبق عندما لا تقع المتجهات في بعد واحد؟

الشكل 1 مجموع القوتين المؤثرتين 80N باتجاه اليسار.



الفكرة الرئيسة

يُمكن تحليل كل المتجهات إلى المركّبتين x وy.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تجمع المتجهات بيانيًا؟
- ما مركبات المتجهات؟
- كيف تُجمع المتجهات جبريًا؟

مراجعة المفردات

المتجه vector كمية لها مقدار واتجاه

المفردات الجديدة

المركبات components

تحليل المتجهات vector resolution

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جمع متجهات في بُعدين حتى عندما لا تقع المتجهات على خط مستقيم، يرسم متجه المحصلة دائمًا من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الأخير. يمكنك استخدام منقلة ومسطرة لرسم المتجهات بالزوايا الصحيحة وقياس مقدار متجه المحصّلة واتجاهه أيضًا. يوضّح **الشكل 2** كيفية جمع متجهين بيانيًا في بُعدين. لاحظ أنه عندما يتحرك المتجه ***B*** ، لا يتغير مقداره واتجاهه. هذا هو الحال دائمًا، لا تُغير طول المتجه أو اتجاهه عندما تحرك المتجه.

تأكد من فهمك وضّح عملية جمع المتجهات بيانيًا باستخدام منقلة ومسطرة.

المتجهات المتعامدة يمكنك أيضًا استخدام حساب المثلثات لتحديد طول متجهات المحصّلة واتجاهها. تذكّر أنه يمكنك استخدام نظرية فيثاغورس لإيجاد أطوال أضلاع المثلث القائم الزاوية. إذا كنت تجمع متجهين بزاوية قائمة معًا، مثل المتجه ***A*** باتجاه الشرق والمتجه ***B*** باتجاه الشمال الموضحين في **الشكل 2**، يمكنك استخدام نظرية فيثاغورس لإيجاد مقدار المحصلة (R).

$$R^2 = A^2 + B^2$$

الزوايا غير القائمة إذا كنت تجمع متجهين بزاوية غير قائمة، كما في **الشكل 3**، يمكنك استخدام قانون الجيب أو قانون جيب التمام. يُفضل استخدام قانون الجيب عندما تعرف قياس زاويتين ومقدار اتجاه واحد. يفيد قانون جيب التمام بشكل خاص عندما تعرف متجهين وزاوية بينهما.

قانون الجيب

$$\frac{R}{\sin\theta} = \frac{A}{\sin a} = \frac{B}{\sin b}$$

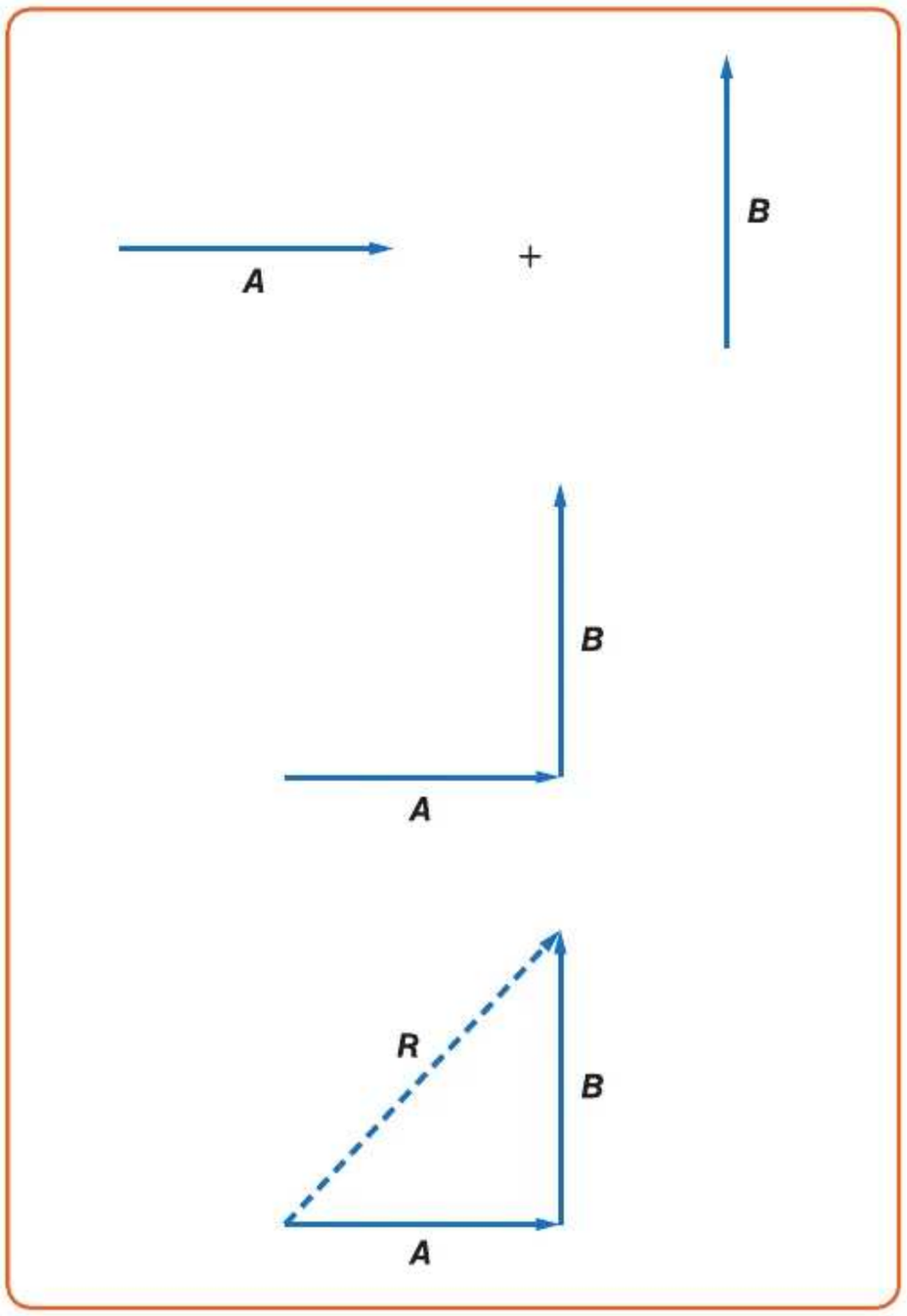
قانون جيب التمام

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta$$

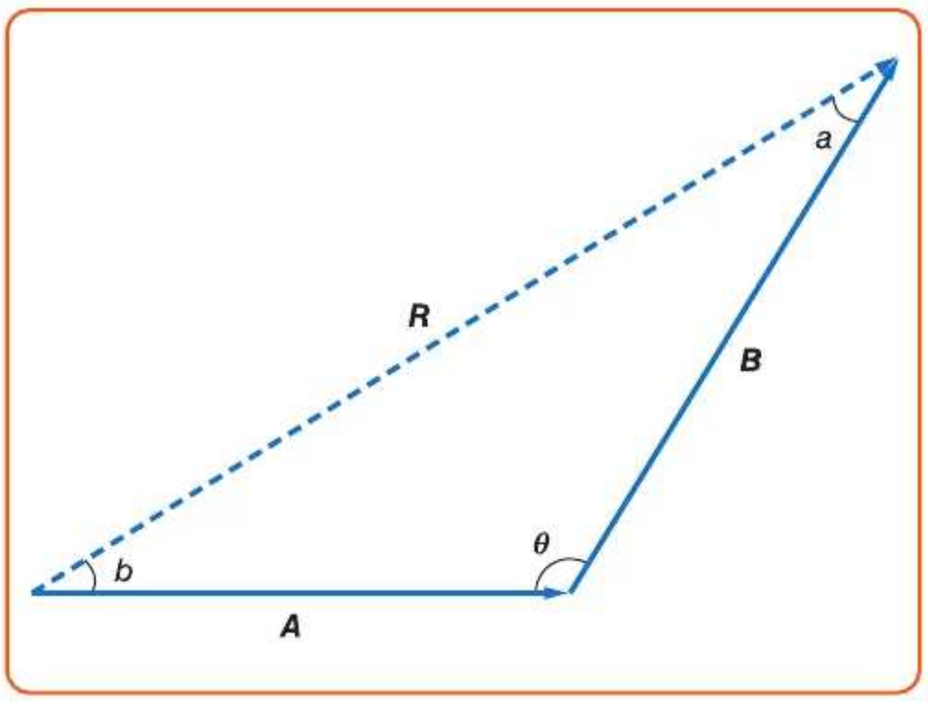
ماذا يحدث إذا طبّقت قانون جيب التمام على مثلث فيه $\theta = 90°$؟ لاحظ أن الشروط الثلاثة الأولى في قانون جيب التمام هي نفسها الشروط الثلاثة الموجودة في نظرية فيثاغورس. التعبير الأخير في قانون جيب التمام، $-2AB\cos\theta$ يساوي صفرًا إذا كانت $\theta = 90°$ لأن $\cos(90°) = 0$.

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos 90°$$
$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB(0)$$
$$R^2 = A^2 + B^2$$

إذا كانت $\theta = 90°$ ، فإن المثلث قائم الزاوية وبالتالي يؤول قانون جيب التمام إلى نظرية فيثاغورس.



الشكل 2 عند جمع متجهات في بُعدين، اتبع نفس عملية جمع المتجهات في بُعد واحد: صل رؤوس المتجهات بذيولها ثم صل ذيل المتجه الأول برأس المتجه الأخير للحصول على المحصلة.



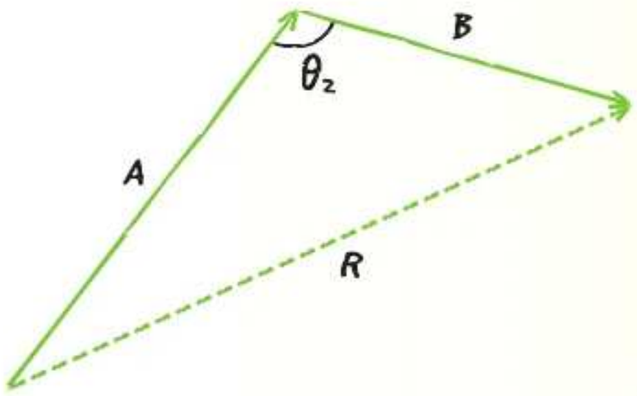
الشكل 3 إذا لم تكن المتجهات بزاوية قائمة، فلا تنطبق نظرية فيثاغورس. ولكن، استخدم قانون جيب التمام أو قانون الجيب مع المتغيرات كما هو موضح أدناه.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

أوجد مقدار مجموع متجهين أوجد مقدار مجموع إزاحة تبلغ 15 km وإزاحة تبلغ 25 km عندما تكون زاوية θ بينهما تساوي 90° وعندما تكون زاوية θ بينهما تساوي 135°.

1 تحليل المسألة



- ارسم متجهي الإزاحة A وB والزاوية التي بينهما.

المعلوم	المجهول
A = 25 km B = 15 km $\theta = 90°$ أو $\theta_2 = 135°$	R = ?

2 إيجاد المجهول

عندما تكون زاوية θ تساوي 90°، استخدم نظرية فيثاغورس لإيجاد مقدار متجه المحصّلة.

$$R^2 = A^2 + B^2$$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$= \sqrt{(25\ km)^2 + (15\ km)^2}$$ ◄ بالتعويض عن A = 25 km، B = 15 km

$$= 29\ km$$

عندما تكون زاوية θ لا تساوي 90°، استخدم قانون جيب التمام لإيجاد مقدار متجه المحصّلة.

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB(cos\ \theta_2)$$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB(cos\ \theta_2)}$$

$$= \sqrt{(25\ km)^2 + (15\ km)^2 - 2(25\ km)(15\ km)(cos\ 135°)}$$ ◄ بالتعويض عن A = 25 km، B = 15 km، $\theta_2 = 135°$

$$= 37\ km$$

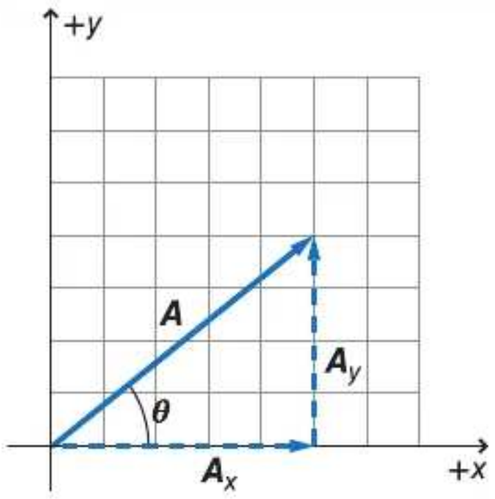
3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** كل إجابة عبارة عن طول مقاس بالكيلو متر.
- **هل الإشارات لها مدلول؟** الكميات موجبة.
- **هل المقادير واقعية؟** من الرسم، يمكنك أن تعرف أن المحصلة ينبغي أن تكون أكبر من أي متجه؟

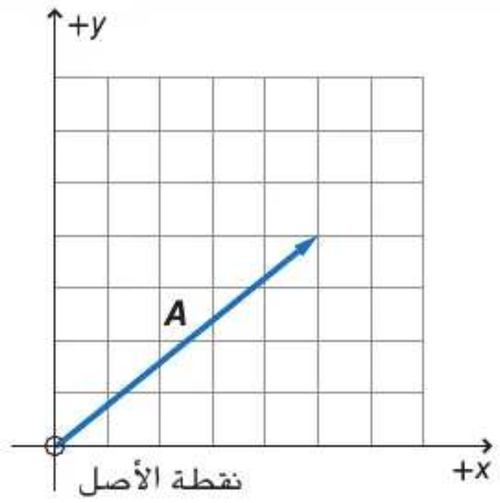
تطبيقات

1. تسير سيارة 125.0 km غربًا ثم 65.0 km جنوبًا. ما مقدار إزاحتها؟ أوجد حل هذه المسألة بيانيا وجبريا وقارن إجاباتك ببعضها.
2. يمشي متسوّقان من باب المركز التجاري إلى سيارتهما. قطعا مسافة 250.0 m على طول ممر السيارات ثم اتجها يمينًا بزاوية 90° وقطعا مسافة أخرى 60.0 m. كم تبعد سيارة المتسوقَين عن باب المركز التجاري؟ أوجد حل هذه المسألة بيانيا وجبريا وقارن إجاباتك ببعضها.
3. يمشي مسافر 4.5 km في اتجاه واحد ثم يتجه يمينًا بزاوية 45° ويمشي 6.4 km أخرى. ما مقدار إزاحة المسافر؟
4. **التحدي** تمشي نملة على الرصيف. أولاً مسافة 5.0 cm جنوبًا، ثم تتجه إلى الجنوب الغربي وتمشي 4.0 cm. ما مقدار إزاحة النملة؟

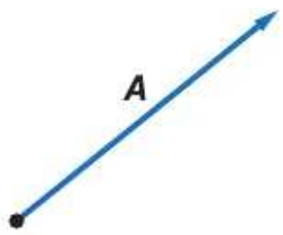
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



إذا جُمعت مركبات متجه مع بعضها، فإنها تكوّن المتجه الأصلي.



يمكن تدوير النظام الإحداثي حتى يسهل حل المسألة.



يمكنك أن تضع المتجه على أي نظام إحداثي طالما ظل اتجاه المتجه وطوله من دون تغيير.

الشكل 4 وُضع المتجه **A** على نظام إحداثي. لاحظ أن اتجاه **A** يُقاس عكس اتجاه عقارب الساعة من محور x الموجب.

صف متجهًا يساوي مركب y الخاص به صفرًا.

مركبات المتجهات

ما اتجاه المتجه المرسوم في الصورة اليسرى الموضحة في **الشكل 4**؟ لا يشير المتجه مباشرة إلى الأعلى أو اليسار، ولكن إلى نقطة ما بينهما. لتحديد الاتجاه الصحيح، يجب أن نختار نظامًا إحداثيًا. هذا النظام الإحداثي، مثل النظام المرسوم في الصورة الوسطى الموضحة في **الشكل 4**، يشبه وضع شبكة مرسومة على ورقة من البلاستيك الشفاف أعلى مسألة متجهات. تختار النقطة التي تضع فيها مركز الشبكة (نقطة الأصل) وتحدد الاتجاهات التي تشير إليها المحاور. لاحظ أن المحور x مرسوم من نقطة الأصل بسهم يشير إلى الاتجاه الموجب. يقع المحور y الموجب على بُعد 90° من المحور x الموجب ويقطع المحور x في نقطة الأصل.

كيف تختار اتجاه المحور x؟ لا توجد إجابة واحدة صحيحة، ولكن بعض الاختيارات تجعل حل المسألة أسهل مقارنة بغيرها. عندما تقتصر الحركة التي تصفها على سطح الأرض، فمن المناسب غالبًا أن تجعل المحور x باتجاه الشرق والمحور y باتجاه الشمال. إذا كانت الحركة على منحدر، فمن المناسب أن تضع المحور x الموجب باتجاه الحركة الموازية لسطح المنحدر.

متجهات المركبات يتيح لك تحديد نظام إحداثي وصف متجه بطريقة مفيدة للغاية. المتجه ***A*** المرسوم في الصورة اليمنى الموضحة في **الشكل 4**، على سبيل المثال، يمكن وصفه الآن بأنه انتقل 5 وحدات في اتجاه x الموجب و4 وحدات في اتجاه y الموجب. يمكنك تمثيل هذه المعلومات في شكل متجهين مثل المتجهين A_x وA_y الموضحين في الرسم. لاحظ أن A_x يوازي المحور x وA_y يوازي المحور y. بالإضافة إلى ذلك، يمكنك أن تعرف أنه إذا جمعت A_x وA_y، فإن المحصلة ستكون المتجه الأصلي، ***A***. يمكن تقسيم المتجه إلى **مركباته** وهي متجه موازٍ للمحور x ومتجه آخر موازٍ للمحور y. يمكن إجراء هذا دائمًا، وتُعد معادلة المتجهات التالية صحيحة دائمًا.

$$A = A_x + A_y$$

تُسمى عملية تقسيم المتجه إلى مركباته هذه أحيانًا **تحليل المتجه**. لاحظ أن المتجه الأصلي هو وتر مثلث قائم الزاوية. يعني هذا أن مقدار المتجه الأصلي سيكون دائمًا أكبر من أو يساوي مقدار أي مركبة.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

المركبات

- **الاستخدام العلمي**
  إسقاطات للمتجهات على المحور x والمحور y
  المتجه هو المجموع الجبري لمركباته.
- **الاستخدام العام**
  جزء أو عنصر مكون
  تعطلت بعض مكونات الكمبيوتر الإلكترونية أثناء التدفق المفاجئ للتيار.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الاتجاه في الأنظمة الإحداثية في مسألة من مسائل القوى في بعدين، ينبغي أن تحدد بدقة نظامك الإحداثي لأن اتجاه أي متجه سيُحدد بالنسبة إلى هذه الإحداثيات. نعرّف اتجاه المتجه بالزاوية التي يكوّنها المتجه مع المحور x، التي تُقاس عكس اتجاه عقارب الساعة من المحور x الموجب. في **الشكل 5**، تمثل زاوية (θ) اتجاه المتجه ($\boldsymbol{A}$). لا تتطلب جميع الحسابات الجبرية إلا مركبات المتجهات وليست المتجهات نفسها.

بالإضافة إلى قياس أطوال متجهات المركبات بيانيًا، يمكنك إيجاد المركبات باستخدام حساب المثلثات. تُحسب المركبات باستخدام المعادلات التالية.

$$\cos\theta = \frac{\text{الضلع المجاور}}{\text{الوتر}} = \frac{A_x}{A}\text{؛ بما أن، } A_x = A\cos\theta$$

$$\sin\theta = \frac{\text{الضلع المقابل}}{\text{الوتر}} = \frac{A_y}{A}\text{؛ وبالتالي، } A_y = A\sin\theta$$

عندما تكون الزاوية التي يكونها المتجه مع المحور x أكبر من 90°، تصبح إشارة مركبة واحدة أو أكثر سالبة، كما هو مرسوم أعلى النظام الإحداثي الموضح في **الشكل 5**.

☑ **تأكد من فهمك** **اشرح** كيف ينبغي قياس اتجاه المتجه.

الشكل 5 ينقسم المستوى الإحداثي إلى أربعة أرباع. ستكون مركبات المتجهات موجبة أو سالبة حسب ربع المتجه.

صنّف هل مركبات المتجه الذي يكوّن زاوية 280° موجبة أم سالبة. في أي ربع يقع المتجه؟

النظام الإحداثي

الربع الثاني		الربع الأول
$90° < \theta < 180°$	$+y$ ↑	$0° < \theta < 90°$
A_x قيمة سالبة A_y قيمة موجبة $\tan\theta$ قيمة سالبة		A_x قيمة موجبة A_y قيمة موجبة $\tan\theta$ قيمة موجبة
II		I
III	$+x$ →	IV
A_x قيمة سالبة A_y قيمة سالبة $\tan\theta$ قيمة موجبة		A_x قيمة موجبة A_y قيمة سالبة $\tan\theta$ قيمة سالبة
الربع الثالث $180° < \theta < 270°$		الربع الرابع $270° < \theta < 360°$

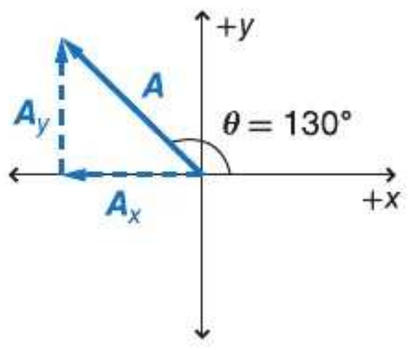
مثال :

- $\boldsymbol{A}$ موجود في الربع الثاني
- توقّع أن تكون A_x قيمة سالبة

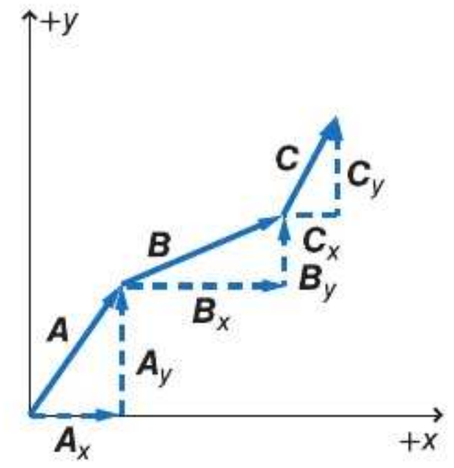
$$A_x = A\cos\theta = (5.0\text{ N})\cos 130° = -3.2\text{ N}$$

- توقّع أن تكون A_y قيمة موجبة

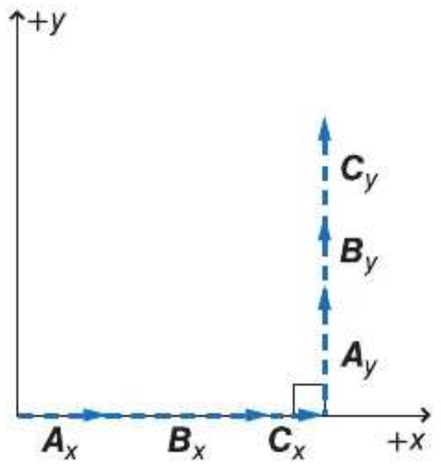
$$A_y = A\sin\theta = (5.0\text{ N})\sin 130° = 3.8\text{ N}$$



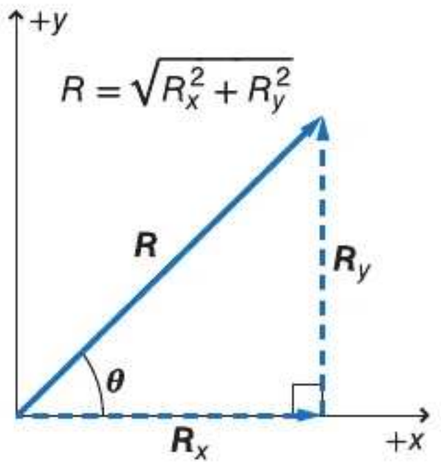
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



اجمع المتجهات بيانيًا بوضعها بطريقة متتالية.



اجمع مركبات المحور x مع بعضها ومركبات المحور y مع بعضها.



يمكن حساب مقدار متجه المحصّلة R باستخدام نظرية فيثاغورس.

الشكل 6 مجموع المتجهات A وB وC هو مجموع المتجهين R_x وR_y.

جمع المتجهات جبريًا

ربما تتساءل عن السبب الذي يجعلك تحلل المتجهات إلى مركباتها. يوضح **الشكل 6** كيف يجعل تحليل المتجهات إلى مركبات جمع المركبات مع بعضها أكثر سهولة. يمكن جمع متجهين أو أكثر (A وB وC وما إلى ذلك) بتحليل كل متجه أولاً إلى مركبات x وy الخاصة به. تجمع مركبات x لتكوين مركبة x الخاصة بمتجه المحصّلة:

$$R_x = A_x + B_x + C_x.$$

وبالمثل، تجمع مركبات y لتكوين مركبة y الخاصة بمتجه المحصّلة:

$$R_y = A_y + B_y + C_y.$$

نظرًا لأن R_x و R_y يكوّنان زاوية قائمة (90°)، يمكنك حساب مقدار متجه المحصّلة باستخدام نظرية فيثاغورس.

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

لمعرفة اتجاه متجه المحصّلة، تذكّر أن الزاوية التي يكونها المتجه مع المحور x تمثلها المعادلة التالية.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$

يمكنك معرفة الزاوية باستخدام مفتاح $\tan^{-1}$ على الآلة الحاسبة. لاحظ أنه عندما تكون $\theta > 0$، تعطي معظم الآلات الحاسبة الزاوية بين 0° و90°. عندما تكون $\theta < 0$، ستكون الزاوية المذكورة بين 0° و−90°.

استراتيجيات | حل المسائل

جمع المتجهات

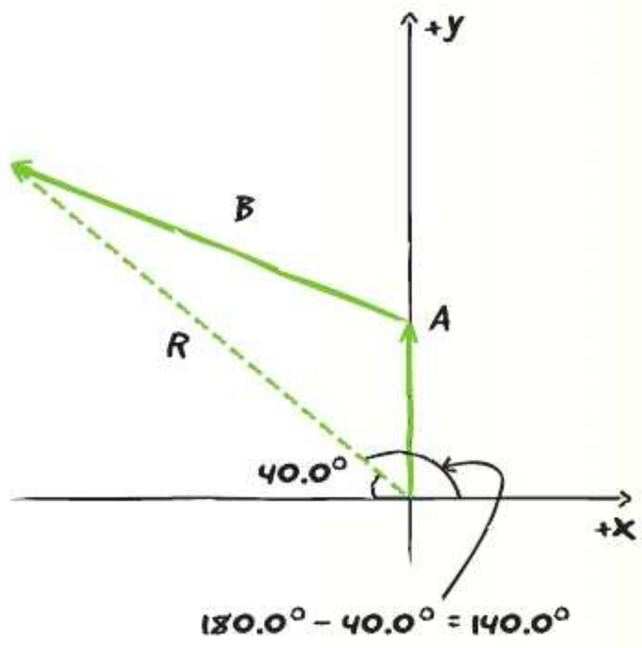
استخدم الأسلوب التالي لحل المسائل التي يجب فيها جمع المتجهات أو طرحها.

1. اختر نظامًا إحداثيًا.
2. حلل المتجهات إلى مركبات x الخاصة بها باستخدام $A_x = A\cos\theta$ ومركبات y الخاصة بها باستخدام $A_y = A\sin\theta$. حيث إن θ هي الزاوية المقيسة عكس اتجاه عقارب الساعة من المحور x الموجب.
3. اجمع متجهات المركبات أو اطرحها في اتجاه x.
4. اجمع متجهات المركبات أو اطرحها في اتجاه y.
5. استخدم نظرية فيثاغورس، $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$، لإيجاد مقدار متجه المحصّلة.
6. استخدم $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$ لإيجاد زاوية متجه المحصّلة.

McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 2

البحث عن طريق الرجوع أنت في سفر. يبعد معسكرك 15.0 km باتجاه شمال الغرب بزاوية 40.0°. يؤدي الطريق الوحيد عبر الغابات إلى الشمال مباشرة. إذا مشيت في هذا الطريق مسافة 5.0 km قبل أن تجد نفسك داخل حقل، فما مقدار المسافة التي يجب أن تمشيها للوصول إلى المعسكر وفي أي اتجاه ستمشي؟



1 تحليل المسألة

- ارسم متجه المحصّلة، ***R***، من موقعك الأصلي إلى معسكرك.
- ارسم ***A***، المتجه المعلوم وارسم ***B***، المتجه غير المعلوم.

المعلوم

$A = 5.0\ \text{km}$ شمالاً

$R = 15.0\ \text{km}$، 40.0° في الشمال الغربي

$\theta = 140.0°$

المجهول

$B = ?$

2 إيجاد المجهول

أوجد مركبات متجه المحصّلة **R**.

$R_x = R\cos\theta$

$= (15.0\ \text{km})\cos 40°$

$= 11.5\ \text{km}$

◄ **بالتعويض عن** $R = 15.0\ \text{km}$، $\theta = 40°$.

$R_y = R\sin\theta$

$= (15.0\ \text{km})\sin 140.0°$

$= 9.64\ \text{km}$

◄ **بالتعويض عن** $R = 15.0\ \text{km}$، $\theta = 40°$.

نظرًا لأن ***A*** باتجاه الشمال، $A_x = 0.0\ \text{km}$ و$A_y = 5.0\ \text{km}$.

استخدم مركبات ***R*** و ***A*** لإيجاد مركبات ***B***.

$B_x = R_x - A_x$

$= 11.5\ \text{km} - 0.0\ \text{km}$

$= 11.5\ \text{km}$

◄ **بالتعويض عن** $R_x = 11.5\ \text{km}$، $A_x = 0.0\ \text{km}$.

$B_y = R_y - A_y$

$= 9.64\ \text{km} - 5.0\ \text{km}$

$= 4.6\ \text{km}$

◄ **بالتعويض عن** $R_y = 9.64\ \text{km}$، $A_y = 5.0\ \text{km}$.

◄ **هذا المركب باتجاه الشمال.**

استخدم مركبات المتجه ***B*** لإيجاد مقدار المتجه ***B***.

$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$

$\sqrt{(11.5\ \text{km})^2 + (4.6\ \text{km})^2}$

$= 12.4\ \text{km}$

◄ **بالتعويض عن** $B_x = 11.5\ \text{km}$، $B_y = 4.6\ \text{km}$.

حدد موقع نهاية المتجه ***B*** في نقطة الأصل من النظام الإحداثي وارسم مركبات B_x وB_y. المتجه ***B*** في الربع الثاني. استخدم دالة الظل لإيجاد اتجاه المتجه ***B***.

$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{B_y}{B_x}\right)$

$= \tan^{-1}\left(\frac{4.6\ \text{km}}{11.5\ \text{km}}\right)$

$= 22°$

◄ **بالتعويض عن** $B_y = 4.6\ \text{km}$، $B_x = -11.5\ \text{km}$.

◄ **ظل الزاوية سالب في الربع الثاني والربع الرابع، لذا توجد إجابتان محتملتان.**

بما أن ***B*** في الربع الثاني، يجب أن تكون θ المقيسة من المحور x الموجب 22° باتجاه شمال الغرب. لذا، $B = 12.4\ \text{km}$ عند ***B*** عند 22° باتجاه شمال الغرب.

3 تقييم الإجابة

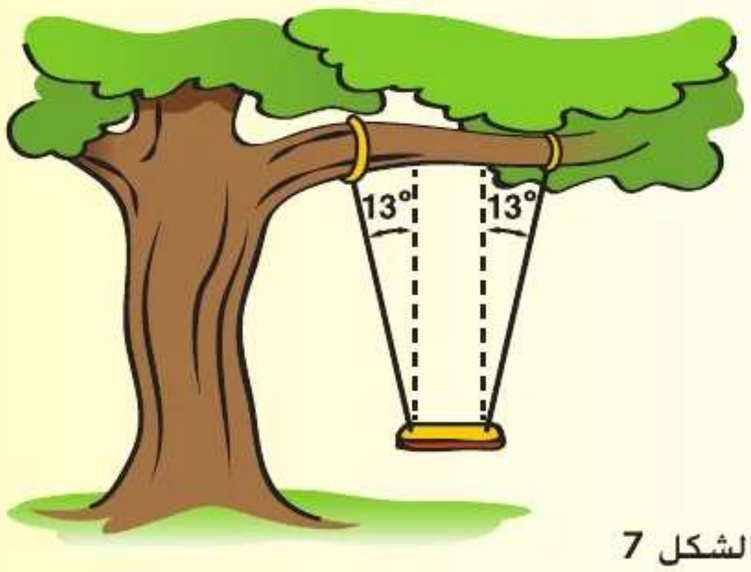
- **هل الوحدات صحيحة؟** الكيلو مترات والدرجات صحيحة.
- **هل الإشارات لها مدلول؟** تتوافق مع الرسم.
- **هل المقدار واقعي؟** ينبغي أن يكون طول ***B*** أطول من R_x لأن الزاوية بين ***A*** و ***B*** أكبر من 90°.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

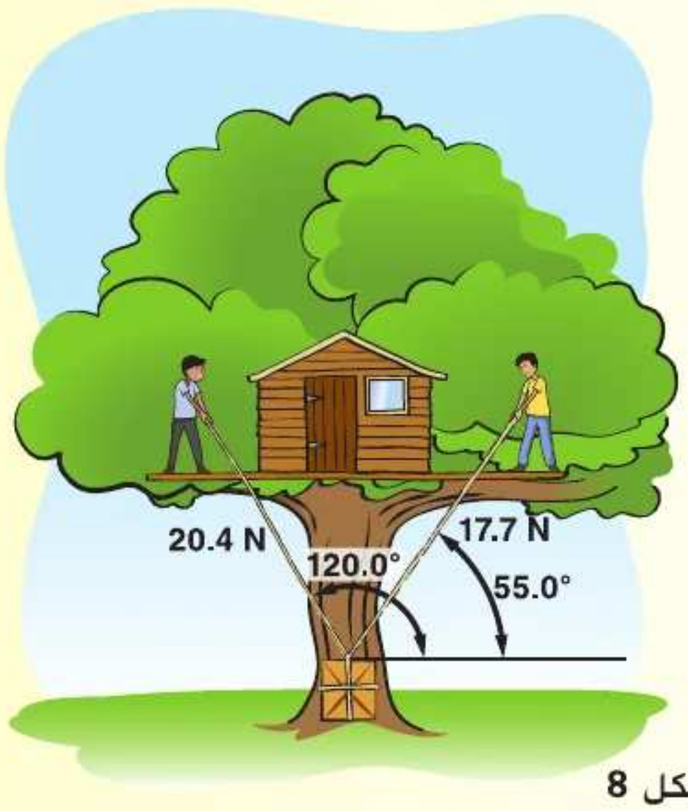
تطبيقات

أوجد حل المسائل *5–10* جبريًا. يمكنك أيضًا حل بعضها بالرسم للتحقق من إجاباتك.

5. يقطع فهد مسافة 0.40 km في اتجاه بزاوية 60.0° باتجاه غرب الشمال ثم يقطع مسافة 0.50 km غربًا. كم تبلغ إزاحته؟
6. تقطع أولاً مسافة 8.0 km شمالاً من البيت ثم تمشي شرقًا حتى تكون إزاحتك من البيت 10.0 km. ما مقدار المسافة التي قطعتها شرقًا؟
7. في نظام إحداثي يوجد فيه المحور x الموجب باتجاه الشرق، كم مجموعة من الزوايا على مركب x الموجب؟ كم مجموعة على المركب السالب؟
8. هل يمكن أن يكون المتجه أقصر من مركب من مركباته؟ هل يمكن أن يساوي المتجه مركبًا من مركباته في الطول؟ اشرح.
9. يوجد حبلان مربوطان في فرع شجرة لتعليق أرجوحة طفل كما هو موضح في **الشكل 7**. تبلغ قوة الشد في كل حبل 2.28 N. ما القوة المحصلة (بالمقدار والاتجاه) التي يؤثر بها الحبلان في الأرجوحة؟
10. **التحدي** يذهب فارس وهيثم إلى النوم في منزلهما المبني على شجرة ويستخدمان بعض الحبال لسحب صندوق كتلته 3.20 kg يحتوي على الوسائد والأغطية الخاصة بهم. يقف الولدان على فروع مختلفة كما هو موضح في **الشكل 8** ويسحبان الصندوق بالزوايا ذات القوى المحددة. أوجد مركبات x وy لمحصلة القوة التي تؤثر في الصندوق. تلميح: ارسم مخطط الجسم الحر لكي لا تهمل قوة.



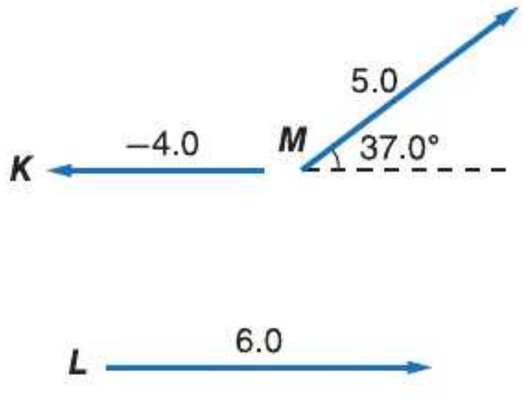
الشكل 7



الشكل 8

القسم 1 مراجعة

11. **الفكرة الرئيسة** أوجد مركبات المتجه ***M*** الموضح في **الشكل 9**.



الشكل 9

12. **مركبات المتجهات** أوجد مركبات المتجهين ***K*** و***L*** في **الشكل 9**.
13. **مجموع المتجهات** أوجد مجموع المتجهات الثلاثة الموضحة في **الشكل 9**.
14. **طرح المتجهات** اطرح المتجه ***K*** من المتجه ***L*** الموضح في **الشكل 9**.
15. **العمليات الإبدالية** يقول علماء الرياضيات إن جمع المتجهات عملية إبدالية لأن ترتيب المتجهات المضافة غير مهم.
    a. استخدم متجهات من **الشكل 9** لتثبت بيانيًا أن $M + L = L + M$.
    b. ما العملية الحسابية العادية (الجمع والطرح والضرب والقسمة) التي تُعد إبدالية؟ ما العملية غير الإبدالية؟ أعطِ مثالاً لكل عملية لدعم استنتاجك.
16. **المسافة والإزاحة** هل المسافة التي تمشيها تساوي مقدار إزاحتك؟ أعطِ مثالاً يدعم استنتاجك.
17. **التفكير الناقد** تنقل صندوقًا من خلال إزاحة واحدة ثم من خلال إزاحة ثانية. مقدارا الإزاحتين غير متساوي. هل يمكن أن يكون للإزاحات اتجاهات تجعل الإزاحة المحصلة تساوي صفرًا؟ لنفترض أنك نقلت الصندوق من خلال ثلاث إزاحات غير متساوية المقدار. هل يمكن أن تساوي الإزاحة المحصلة صفرًا؟ ادعم استنتاجك برسم.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 2 الاحتكاك

الفيزياء في حياتك

تخيّل أنك تحاول ممارسة رياضة كرة السلة وأنت ترتدي جوارب بدلاً من أحذية رياضية. ستنزلق وتسقط في أنحاء ملعب كرة السلة. تساعد الأحذية على توفير القوى اللازمة لتغيير الاتجاهات تغييرًا سريعًا أثناء الركض والتوقف في الملعب.

الاحتكاك الحركي والسكوني

ادفع كتابك على سطح المكتب. عندما تتوقف عن الدفع، سرعان ما يصبح الكتاب في حالة من السكون. أثرت قوة الاحتكاك الناشئة عن سطح المكتب على الكتاب فأكسبته تسارعا بعكس اتجاه حركته. في دراستك السابقة، لم تكن تراعي الاحتكاك أثناء حل المسائل، على الرغم من وجود الاحتكاك من حولك.

أنواع الاحتكاك يوجد نوعان من الاحتكاك. عندما دفعت كتابك على سطح المكتب، تأثر الكتاب بنوع من الاحتكاك يؤثر في الأجسام المتحركة. تُعرف قوة الاحتكاك هذه باسم **الاحتكاك الحركي**، و يؤثر بها سطح على سطح آخر عندما يحدث احتكاك بين السطحين ناتج عن حركة أحد السطحين أو كليهما.

لفهم النوع الآخر من الاحتكاك، تخيّل أنك تحاول دفع أريكة على سطح الأرضية كما هو موضح في يسار **الشكل 10**. تدفعها بقوة صغيرة، لكنها لا تتحرك. نظرًا لعدم تسارعها، وبالرجوع لقوانين نيوتن فإن محصلة القوة المؤثرة في الأريكة يجب أن تساوي صفرًا. لذا لا بد من أن هناك قوة أفقية ثانية تؤثر في الأريكة، قوة تكون معاكسة للقوة التي تؤثر بها في الاتجاه ومساوية لها في المقدار. تُعرف هذه القوة باسم **الاحتكاك السكوني**، الذي يُمثّل القوة المؤثرة على أحد الأسطح من سطح آخر في حالة عدم وجود حركة بين السطحين. يجب أن تدفع بقوة كبيرة.

إذا كانت الأريكة لا تزال ساكنة، فذلك يعني أن قوة الاحتكاك السكوني تزداد بزيادة القوة التي تؤثر بها على الأريكة. وأخيرًا عندما تدفع بقوة كبر بحيث تبدأ الأريكه في التحرك الأريكة في التحرك كما هو موضح في يمين **الشكل 10**. يوجد حد أقصى لمقدار قوة الاحتكاك السكوني يمكنها أن تصل إليه. بمجرد أن تصبح القوة التي تطبقها أكبر من الحد الأقصى لهذا الاحتكاك السكوني، تبدأ الأريكة في التحرك ويبدأ الاحتكاك الحركي في التأثير فيها.

الشكل 10 تتوازن القوة المطبقة مع الاحتكاك السكوني حتى تصل إلى الحد الأقصى. عند تجاوز هذا الحد، يبدأ الجسم في التحرك.

حدد نوع قوة الاحتكاك المؤثرة في الأريكة عندما تبدأ في التحرك.

تتسارع حركة الأريكة عندما تتجاوز القوة المطبقة الحد الأقصى لقوة الاحتكاك السكوني.

يزداد الاحتكاك السكوني ليصل إلى أقصى حد ليُحقق التوازن مع القوة المطبقة.

الفكرة الرئيسة

الاحتكاك عبارة عن قوة بين سطحَين متلامسين.

الأسئلة الرئيسة

- ماذا يقصد بقوة الاحتكاك؟
- ما أوجه الاختلاف بين الاحتكاك السكوني والحركي؟

مراجعة المفردات

القوة force الدفع أو السحب الذي يمارس على جسما ما

المفردات الجديدة

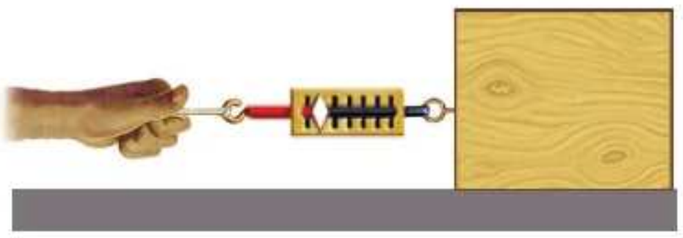
الاحتكاك الحركي
kinetic friction

الاحتكاك السكوني static friction

معامل الاحتكاك الحركي
coefficient of kinetic friction

معامل الاحتكاك السكوني
coefficient of static friction

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



الشكل 11 يمارس الميزان الزنبركي قوة ثابتة على القالب.

نماذج رياضية تتناول قوى الاحتكاك ما الذي تعتمد عليه قوة الاحتكاك؟ تؤدي المواد التي تصنع منها الأسطح دورًا في ذلك. على سبيل المثال، يوجد احتكاك بين الأحذية التي ترتديها والأرضية الإسمنتية أكثر من الاحتكاك الموجود بين الجوارب التي ترديها والأرضية الخشبية المصقولة. قد يبدو منطقيا أن قوة الاحتكاك تعتمد على مساحة السطح أو السرعة التي تتحرك بها الأسطح بعيدًا عن بعضها. لكن أظهرت التجارب أن هذا غير صحيح. ومع ذلك، فالقوة المتعامدة الموجودة بين جسمين لها أهمية. كلما كان من الصعب دفع أحد الأجسام بعكس اتجاه الآخر، كانت قوة الاحتكاك الناتجة أكبر.

☑ **تأكد من فهمك** **حدّد اثنين من العوامل المؤثرة في قوة الاحتكاك.**

الاحتكاك الحركي تخيّل أنك تسحب قالبًا ما على أحد الأسطح بسرعة ثابتة. نظرًا لعدم تسارع القالب، وفقًا لقوانين نيوتن، يجب أن تكون قوة الاحتكاك متساوية مع قوة السحب ومعاكسة لها في الاتجاه. يوضح **الشكل 11** طريقة واحدة يمكنك من خلالها قياس القوة المبذولة أثناء سحب قالب معروف الكتلة على طاولة وبسرعة ثابتة. سيشير الميزان الزنبركي إلى القوة التي تطبقها على القالب. يمكنك بعد ذلك وضع قوالب إضافية أعلى القالب الأول لزيادة القوة المتعامدة وتكرار القياس. يوضح **الجدول 1** نتائج هذه التجربة.

عند تمثيل البيانات نحصل على رسم بياني مماثل للرسم الموجود في **الشكل 12**. توجد علاقة طردية بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة المتعامدة. الخطوط المختلفة ناتجة عن سحب الجسم على اسطح مختلفة. لاحظ أن الخط البياني الخاص بسطح ورق الصنفرة ميله أكبر من الخط الخاص بالطاولة المصقولة تمامًا. تتوقع أن سحب قالب على ورق الصنفرة سيكون أصعب بكثير من سحبه على طاولة مصقولة. لذا يجب الربط بين زاوية الانحدار ومقدار قوة الاحتكاك الناتجة. يُطلق على ميل الخط البياني للعلاقة بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة المتعامدة، μ_k، اسم **معامل الاحتكاك الحركي** يربط بين قوة الاحتكاك والقوة المتعامدة.

قوة الاحتكاك الحركي

قوة الاحتكاك الحركي تساوي ناتج ضرب معامل الاحتكاك الحركي في القوة المتعامدة.

$$F_k = \mu_k F_N$$

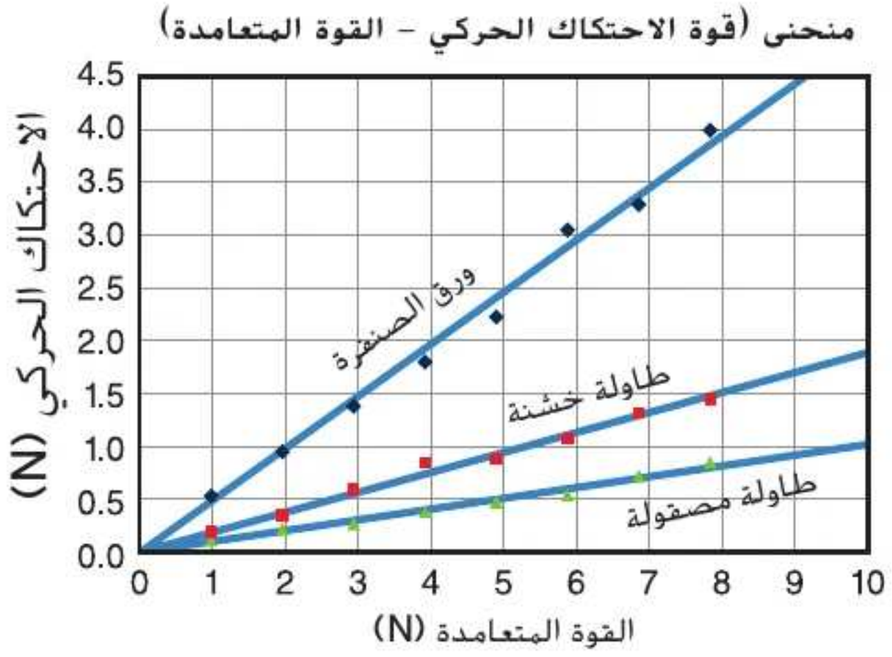
مختبر الفيزياء

حادث صدم وهروب

المختبر الجنائي كيف تتمكن من تحديد سرعة السيارة بواسطة فحص علامات الإطارات المتروكة في موقع الحادث؟

الشكل 12 يوضح المخطط البياني العلاقة بين الاحتكاك الحركي والقوة المتعامدة التي تؤثر على قالب يُسحب على أسطح مختلفة ويشير لوجود علاقة طردية بين القوتين في كل سطح. زاوية الانحدار للخط هي μ_k.

قارن بين معامل الاحتكاك الحركي للأسطح الثلاثة الموضحة على الرسم البياني.



الجدول 1 الاحتكاك الحركي مقابل القوة المتعامدة (ورق الصنفرة)

عدد القوالب	القوة المتعامدة (N)	الاحتكاك الحركي (N)
1	0.98	0.53
2	1.96	0.95
3	2.94	1.4
4	3.92	1.8
5	4.90	2.3
6	5.88	3.1
7	6.86	3.3
8	7.84	4.0

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفيزياء في حياتك

أسباب الاحتكاك تكون جميع الأسطح، حتى التي تبدو ملساء، خشنة على المستوى المجهري. إذا ألقيت نظرة على صورة فوتوغرافية لبلورة الجرافيت المكبرة بواسطة مجهر المسح النفقي، فستظهر تعرجات على سطح البلورة. عندما يحدث تلامس بين سطحين، تكون النقاط العليا في كل منهما متلامسة ومتلاصقة لفترة مؤقتة. يُمثل هذا المنشأ لكل من الاحتكاك السكوني والحركي. لا تزال تفاصيل هذه العمليات مجهولة وقيد البحث في كل من مجالي الفيزياء والهندسة.

الاحتكاك السكوني يرتبط الحد الأقصى لقوة الاحتكاك السكوني بالقوة المتعامدة بالطريقة نفسها التي ترتبط بها قوة الاحتكاك الحركي. تذكر أن قوة الاحتكاك السكوني تظهر كنتيجة للقوة التي تحاول تحريك جسم ساكن. إذا لم تؤثر أي قوة في ذلك الجسم، فستساوي قوة الاحتكاك السكوني صفرًا. إذا كانت هناك قوة تحاول تحريك الجسم، فإن قوة الاحتكاك السكوني ستزداد حتى تصل إلى القيمة القصوى قبل أن تتلاشى ويبدأ الجسم في الحركة.

قوة الاحتكاك السكوني
تكون قوة الاحتكاك السكوني أقل أو تساوي ناتج ضرب معامل الاحتكاك السكوني في القوة المتعامدة.

$$F_s \leq \mu_s F_N$$

في معادلة الحد الأقصى لقوة الاحتكاك السكوني، يُمثّل μ_s **معامل الاحتكاك السكوني** بين سطحين. الحد الأقصى لقوة الاحتكاك السكوني التي يجب أن تتلاشى قبل بدء الحركة يساوي $\mu_s F_N$. في المثال الذي يتناول دفع الأريكة الموضحة في **الشكل 10**، يعمل الحد الأقصى لقوة الاحتكاك السكوني على تحقيق التوازن للقوة التي يدفع بها الشخص الأريكة في اللحظة السابقة لبدء حركة الأريكة.

لاحظ أن معادلات قوى الاحتكاك الحركي والحد الأقصى لقوى الاحتكاك السكوني تتضمن مقادير القوى. قوى الاحتكاك (F_k) دائمًا عمودية على القوة المتعامدة (F_N).

قياس معاملات الاحتكاك يوضح **الجدول 2** معاملات الاحتكاك بين الأسطح المختلفة. تُعد هذه المعاملات تقديرات لتراكيب معينة من الأسطح. قياسات معاملات الاحتكاك حساسة جدًا لحالات الأسطح. يمكن أن يكون لشوائب الأسطح، مثل الغبار أو وجود كميات ضئيلة من الزيت سقطت من أيدي القائمين بالتجارب، تأثير كبير في القياسات. ثمة حقيقة مهمة أخرى تتعلق **بالجدول 2** وهي أن جميع القياسات تمت على أسطح جافة (فيما عدا الصلب المعالج بالزيت). تتصرف الأسطح الرطبة بشكل مختلف تمامًا عن الأسطح الجافة. لا تنطبق العلاقة الطردية دائمًا بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة المتعامدة على الأسطح الرطبة أو الأسطح المعالجة بالزيت. تفترض جميع المسائل الواردة في هذا النص أن الأسطح جافة ووجود علاقة طردية بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة المتعامدة.

الجدول 2 معامل الاحتكاك

الأسطح	معامل الاحتكاك السكوني (μ_s)	معامل الاحتكاك الحركي (μ_k)
حديد زهر على حديد زهر	1.1	0.15
زجاج على زجاج	0.94	0.4
جلد على خشب بلّوط	0.61	0.52
طبقة غير لاصقة على فولاذ	0.04	0.04
خشب بلّوط على خشب بلّوط	0.62	0.48
فولاذ على فولاذ	0.78	0.42
فولاذ على فولاذ (معالج بزيت خروع)	0.15	0.08

*تتم جميع القياسات على أسطح جافة ما لم يذكر خلاف ذلك.

مختبر الفيزياء

معامل الاحتكاك
كيف تُقاس معاملات الاحتكاك السكوني والحركي؟

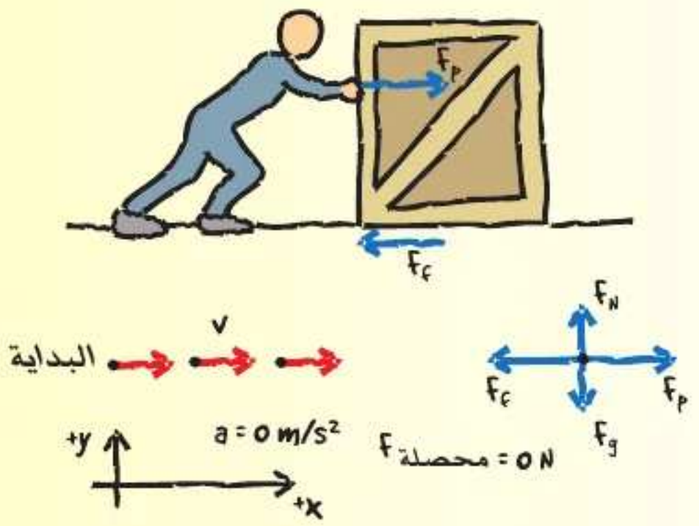
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 3

قوى الاحتكاك المتزنة تدفع صندوقًا خشبيًا كتلته 25.0 kg على أرضية خشبية بسرعة ثابتة تبلغ 1.0 m/s. معامل الاحتكاك الحركي يساوي 0.20. ما مقدار قوة دفعك للصندوق؟

1 تحليل المسألة

- حدد القوى وأنشئ نظامًا إحداثيًا.
- ارسم مخططًا للحركة يوضح أن السرعة (v) الثابتة و$a = 0$.
- ارسم مخطط الجسم الحر.



المعلوم		المجهول
$m = 25.0$ kg	$v = 1.0$ m/s	؟ = $F_{\text{شخص على صندوق}}$
$a = 0.0$ m/s²	$\mu_k = 0.20$	

2 إيجاد المجهول

تكون القوة المتعامدة في اتجاه المحور *y*. ولا يتسارع الصندوق في ذلك الاتجاه.

$$F_N = -F_g$$

بتعويض $F_g = mg$ ◄

$$= -mg$$

بتعويض $g = 9.8$ N/kg ،$m = 25.0$ kg ◄

$$= -(25.0 \text{ kg})(-9.8 \text{ N/kg})$$

$$= +245 \text{ N}$$

تكون قوة الدفع في اتجاه المحور *x*؛ وتكون *v* ثابتة. لذلك لا يتسارع الصندوق.

$$F_{\text{شخص على صندوق}} = \mu_k F_N$$

بتعويض $\mu_k = 0.20$ ،$F_N = 245$ N ◄

$$=(245 \text{ N})(0.20)$$

$$= 49 \text{ N}$$

$F_{\text{شخص على صندوق}} = 49$ N, إلى اليمين

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس القوة بالنيوتن.
- **هل الإشارة ذات مدلول؟** تتوافق الإشارة الموجبة مع الرسم التخطيطي.
- **هل المقدار واقعي؟** تساوي قوة الدفع $\frac{1}{5}$ وزن الصندوق. يتوافق هذا مع $\mu_k = 0.20 = \frac{1}{5}$.

تطبيقات

18. تؤثر مروة بقوة أفقية تبلغ 36 N وهي تسحب مزلجة وزنها 52 N على رصيف من الأسمنت بسرعة ثابتة. ما معامل الاحتكاك الحركي بين الرصيف الجانبي والمزلجة المعدنية؟ تجاهل مقاومة الهواء.

19. يسحب حسن صندوقًا ممتلئًا بالكتب من مكتبه إلى سيارته. يبلغ إجمالي وزن كل من الصندوق والكتب معًا 134 N. إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين الرصيف والصندوق يبلغ 0.55. فما مقدار القوة التي يجب أن يدفع حسن بها الصندوق في اتجاه أفقي لكي يبدأ في التحرك؟

20. يجلس مروان على سجادة صغيرة موضوعة على أرضية خشبية مصقولة. يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين السجادة والأرضية الخشبية الزلقة 0.12 فقط. إذا كان مروان يزن 650 N. فما مقدار القوة الأفقية اللازمة لسحب السجادة ومروان على الأرضية بسرعة ثابتة؟

21. **التحدي** تحتاج إلى أن تحرّك أريكة كتلتها 105 kg إلى مكان مختلف في الغرفة. تحتاج إلى قوة تبلغ 403 N لكي تبدأ الأريكة في التحرك. ما معامل الاحتكاك السكوني بين الأريكة والسجادة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 4

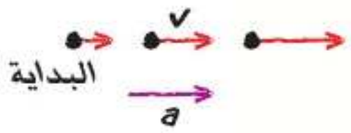
قوى الاحتكاك غير المتوازنة تخيّل أن مقدار القوة التي تطبقها على صندوق كتلته 25.0 kg في المسألة المذكورة في المثال 3 زادت لمثلي قيمتها.

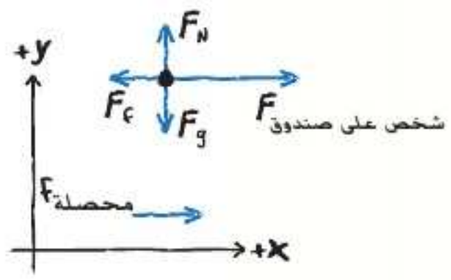
a. ما التسارع الناتج المؤثر على الصندوق؟

b. ما المسافة التي ستدفع الصندوق إليها علمًا بأن الوقت المحدد يبلغ 3 s؟

1 تحليل المسألة

- ارسم مخططًا للحركة يوضح v و a.
- ارسم مخطط الجسم الحر مع مضاعفة $F_{\text{شخص على صندوق}}$





المعلوم	المجهول
$m = 25.0\ \text{kg}$	$a = ?$
$v_i = 1.0\ \text{m/s}$	$\mu_k = 0.20$
$t = 3.0\ \text{s}$	$F_{\text{شخص على صندوق}} = 2(49\ \text{N}) = 98\ \text{N}$

2 إيجاد المجهول

a. القوة المتعامدة في اتجاه المحور y، ولا يتسارع الصندوق في ذلك الاتجاه.

$$F_N = -F_g$$

$$= -mg$$

يتسارع الصندوق في اتجاه المحور x. إذن يجب أن تكون القوى غير متساوية.

$$F_{\text{محصلة}} = F_{\text{شخص على صندوق}} - F_f$$

$$ma = F_{\text{شخص على صندوق}} - F_f$$

◄ بتعويض $F_{\text{محصلة}} = ma$.

$$a = \frac{F_{\text{شخص على صندوق}} - F_f}{m}$$

أوجد F_f وعوّض عنها بتعبير a.

$$F_f = \mu_k F_N$$

$$= \mu_k mg$$

◄ بتعويض $F_N = mg$.

$$a = \frac{F_{\text{شخص على صندوق}} - \mu_k mg}{m}$$

◄ بتعويض $F_f = \mu_k mg$.

$$= \frac{98\ \text{N} - (0.20)(25.0\ \text{kg})(9.8\ \text{N/kg})}{25.0\ \text{kg}}$$

◄ بتعويض $F_{\text{شخص على صندوق}} = 98\ \text{N}$، $\mu_k = 0.20$، $m = 25.0\ \text{kg}$، $g = 9.8\ \text{N/kg}$.

$$= 2.0\ \text{m/s}^2$$

b. استخدم العلاقة بين المسافة والزمن والتسارع الثابت.

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

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

◄ بتعويض $x_i = 0\ \text{m}$.

$$= (10\ \text{m/s})(3.0\ \text{s}) + \left(\frac{1}{2}\right)(2.0\ \text{m/s}^2)(3.0\ \text{s})^2$$

◄ بتعويض $v_i = 1\ \text{m/s}$، $t = 3.0\ \text{s}$، $a = 2.0\ \text{m/s}^2$.

$$= 12\ \text{m}$$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** يُقاس a بوحدة m/s^2، ويُقاس x_f بوحدة المتر.
- **هل الإشارة ذات مدلول؟** في هذا النظام الإحداثي، ينبغي أن تكون الإشارة موجبة.
- **هل المقدار واقعي؟** يبلغ طول سيارتين كاملتي الحجم 12 m. من الواقعي دفع صندوق ما لهذه المسافة في زمن قدره 3 s.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيقات

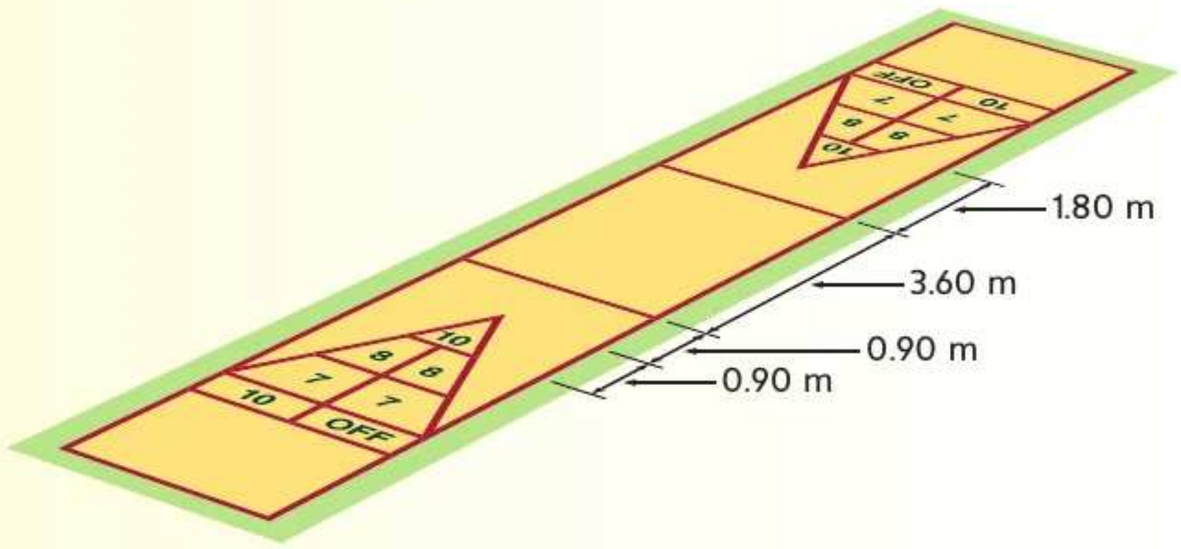
22. ينزلق قالب كتلته 1.4 kg على سطح خشن بحيث تقل سرعة القالب بمعدل $1.25\ m/s^2$. كم يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين القالب والسطح؟

23. تريد أن تحرّك خزانة كتب كتلتها 41 kg إلى مكان مختلف في غرفة المعيشة. إذا كنت تدفع بقوة تبلغ 65 N وتتسارع خزانة الكتب بمعدل $0.12\ m/s^2$. فكم يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين خزانة الكتب والسجادة؟

24. افترض أن القوة التي تدفع بها الصندوق هي الواردة في مثال المسألة 4. ما المدة المستغرقة لكي تتضاعف سرعة الصندوق لتصبح 2.0 m/s ؟

25. يقود عمر بسرعة 23 m/s. يرى فرع شجرة مرميًا على الطريق. يبدأ بالضغط على الفرامل عندما كان فرع الشجرة على بعد 60.0 m أمامه. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الإطارات المثبتة في السيارة والطريق 0.41. فهل ستتوقف السيارة قبل الاصطدام بالفرع؟ علمًا بأن كتلة السيارة 1200 kg.

26. التحدي يدفع فهد قرص في لعبة الأقراص، بسرعة 6.5 m/s كما هو موضح في **الشكل 13**. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين القرص والملعب الصلب يبلغ 0.31. فما المسافة التي يقطعها القرص قبل أن يتوقف؟ هل ستتوقف رمية فهد في الجزء المقسم إلى 10 نقاط في الملعب؟



الشكل 13

القسم 2 مراجعة

27. الفكرة الرئيسة قارن بين الاحتكاك السكوني والاحتكاك الحركي. ما أوجه الشبه بين قوى الاحتكاك، وما أوجه الاختلاف بينها؟

28. الاحتكاك ولد يركض على المسرح ثم ينزلق على ركبتيه حتى تقترب كتلته تقريبا 25 kg. إذا كان معامل لاحتكاك الحركي بين سروال الولد والأرضية 0.15. فما مقدار قوة الاحتكاك المؤثرة فيه أثناء الانزلاق؟

29. السرعة تلعب دينا بالبطاقات مع صديقاتها. وحان دورها في التوزيع. تبلغ كتلة البطاقة 2.3 g. وتُدفع مسافة 0.35 m على الطاولة قبل أن تتوقف. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين البطاقة والطاولة 0.24. فكم كانت تبلغ السرعة الابتدائية للبطاقة عندما خرجت من يد دينا؟

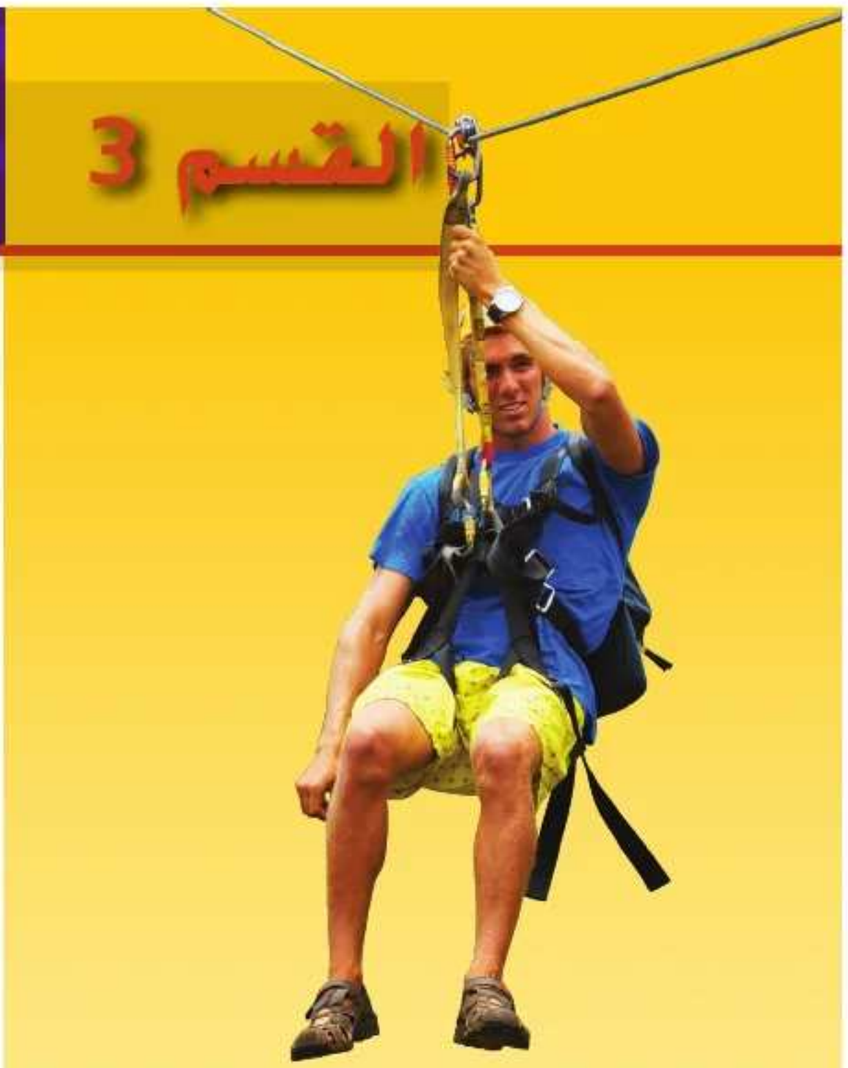
30. القوة يبلغ معامل الاحتكاك السكوني بين طاولة الحديقة التي كتلتها 40.0 kg والأرض أسفل الطاولة 0.43. ما مقدار أكبر قوة أفقية التي يمكن التأثير بها على الطاولة من دون تحريك الطاولة؟

31. التسارع تدفع طاولة كتلتها 13 kg في المقصف بقوة أفقية تبلغ 20 N. لكن الطاولة لا تتحرك. تدفع بعد ذلك الطاولة بقوة أفقية تبلغ 25 N. وتتسارع بمعدل $0.26\ m/s^2$. ما الذي يمكنك استنتاجه، بشأن معاملات الاحتكاك السكوني والحركي؟ اذكر أي استنتاج.

32. التفكير الناقد تنتقل رزان إلى شقة جديدة وتضع خزانة الملابس في الجزء الخلفي من شاحنتها الصغيرة. عندما تبدأ الشاحنة في التحرك بسرعة للأمام، كم تبلغ القوة التي تسبب تسارع الخزانة؟ اذكر الحالات التي يمكن أن تنزلق فيها الخزانة؟ وفي أي اتجاه؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Mc Graw-Hill Education

القسم 3 القوى في بُعدين



الفيزياء في حياتك

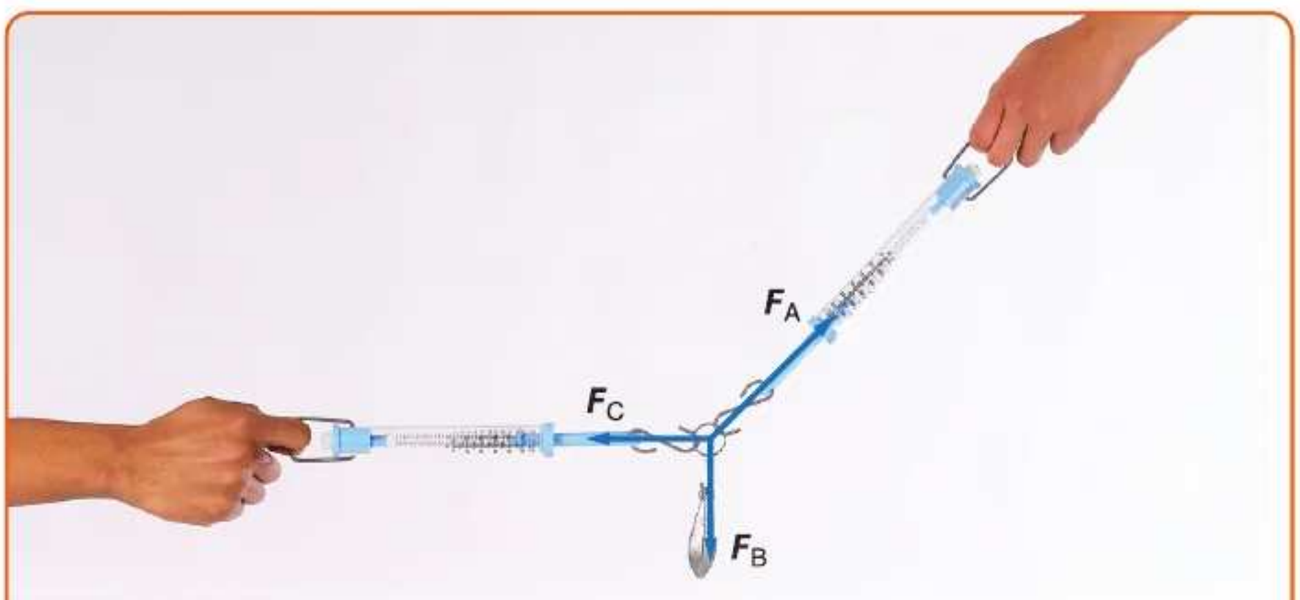
ينزلق الشخص الذي يظهر على يمين الصفحة على حبل معلق. يُوفر الشد الناشىء في الحبل قوة الدفع لأعلى اللازمة لتحقيق الاتزان مع وزن الشخص. إذا زاد الشد في الحبل، فكيف يمكن أن تتغير الزاوية التي يصنعها الحبل مع المحور الأفقي؟

إعادة النظر في الاتزان

لقد درستَ بالفعل حالات عديدة تتضمن قوى في بُعدين. منها على سبيل المثال، عندما يحدث احتكاك بين سطحين. لا بد أن تضع في حسبانك كلاً من قوة الاحتكاك الموازية للسطح والقوة العمودية على هذا السطح. وفي ما سبق درستَ الحركة في مستوى أفقي فقط. ستُحلل الآن حالات تتضمن قوى غير متعامدة (الزوايا بينها ليست 90°).

تذكّر أن الجسم يتزن عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه صفرًا. وطبقًا لقوانين نيوتن، لا يتسارع الجسم عندما لا توجد قوة محصلة تؤثر فيه؛ أيْ أن الجسم المتزن يتحرك بسرعة متجهة ثابتة. (تذكّر أن بقاء الجسم الساكن هي حالة من الحركة بسرعة متجهة ثابتة). ولقد حلّلت سابقًا أوضاع اتزان عديدة تتضمن قوتَين تؤثران في جسم ما. لكن من المهم أن تُدرك أن الاتزان قد يحدث أيضًا إذا تعددت القوى المؤثرة في الجسم. فإذا كانت القوة المحصلة تساوي صفرًا، كان الجسم متزنًا.

ما مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الحلقة في **الشكل 14**؟ يوضح مخطط الجسم الحر في **الشكل 14** القوى الثلاث المؤثرة في الحلقة. لأن الحلقة لا تتسارع، تستنتجُ أن القوة المحصّلة لا بد أن تكون صفرًا. لكن مخطط الجسم الحر وحده لا يوضح أن محصلة القوة تساوي صفرًا. لإيجاد محصلة القوة هذه، لا بد أن تجمع كل المتجهات معًا. تذكّر أنه يمكن نقل المتجهات مع المحافظة على اتجاهاتها (زواياها) وأطوالها. يوضح **الشكل 15** الموجودة في الصفحة التالية عملية جمع متجهات القوة لمعرفة محصلة القوة.



الشكل 14 الحلقة لا تتسارع، ومن ثم لا بد أن محصلة القوة المؤثرة فيها تساوي صفرًا.
قارن بين المركّبة الرأسية لقوة السحب لأعلى في اتجاه اليمين ووزن الكتلة المتدلية من الحلقة.

الفكرة الرئيسة

يتزن الجسم عندما تكون محصلة القوة في الاتجاه x والاتجاه y صفرًا.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكن إيجاد القوة اللازمة لتحقيق الاتزان؟
- كيف تُحلّل مركّبتي متجهات القوة للحركة على سطح مائل؟

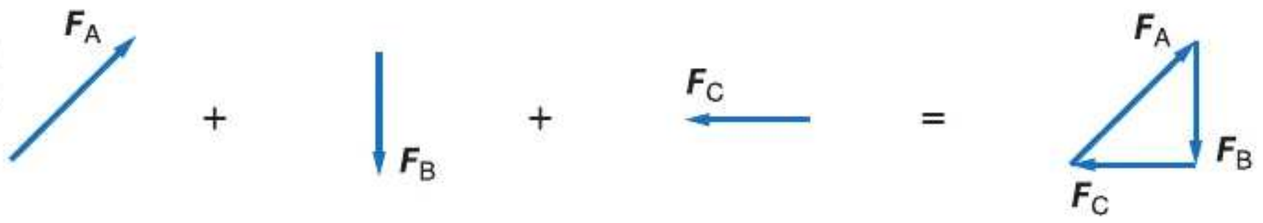
مراجعة المفردات

الاتزان equilibrium الحالة التي تساوي فيها محصلة القوة المؤثرة في جسم ما صفرًا

المفردات الجديدة

قوة التوازن equilibrant

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



الشكل 15 محصلة القوى المؤثرة في الحلقة تساوي صفرًا.

قوى التوازن **الشكل 15** يبين عملية جمع القوى الثلاث، F_A و F_B و F_C، المؤثرة في الحلقة. لاحظ أن المتجهات الثلاثة تُشكّل مثلثًا مغلقًا. لذا فإن محصلة القوى $F_A + F_B + F_C$ تساوي صفرًا. لنفترض الآن أن هناك قوتَين تؤثران في جسم ما وأن محصلتهما لا تساوي صفرًا، كما هو موضح في مخطط الجسم الحر في **الشكل 16**. كيف يمكن إيجاد قوة ثالثة بحيث إذا جُمعت مع القوتين السابقتين تصبح المحصلة صفرًا، ويكون عندها الجسم متزنًا؟ لإيجاد هذه القوة، يجب أن تجد أولاً محصلة القوتين اللتين تؤثران في الجسم. تُسمى هذه القوة الواحدة التي لها نفس تأثير محصلة قوتين أو أكثر القوةَ المحصلة. ولكي يكون الجسم متزنًا، لا بد من إضافة قوة ثالثة. تُسمى **قوة التوازن**، تساوي القوة المحصلة في المقدار وتعاكسها في الاتجاه. لاحظ أنه في **الشكل 15** تكون القوة F_C هي قوة التوازن لـ $F_A + F_B$. يبيّن **الشكل 16** خطوات إيجاد قوة التوازن لمتجهين. لاحظ أن هذه الطريقة لإيجاد قوة التوازن هي الطريقة العامة المُستخدمة أيًا كان عدد المتجهات.

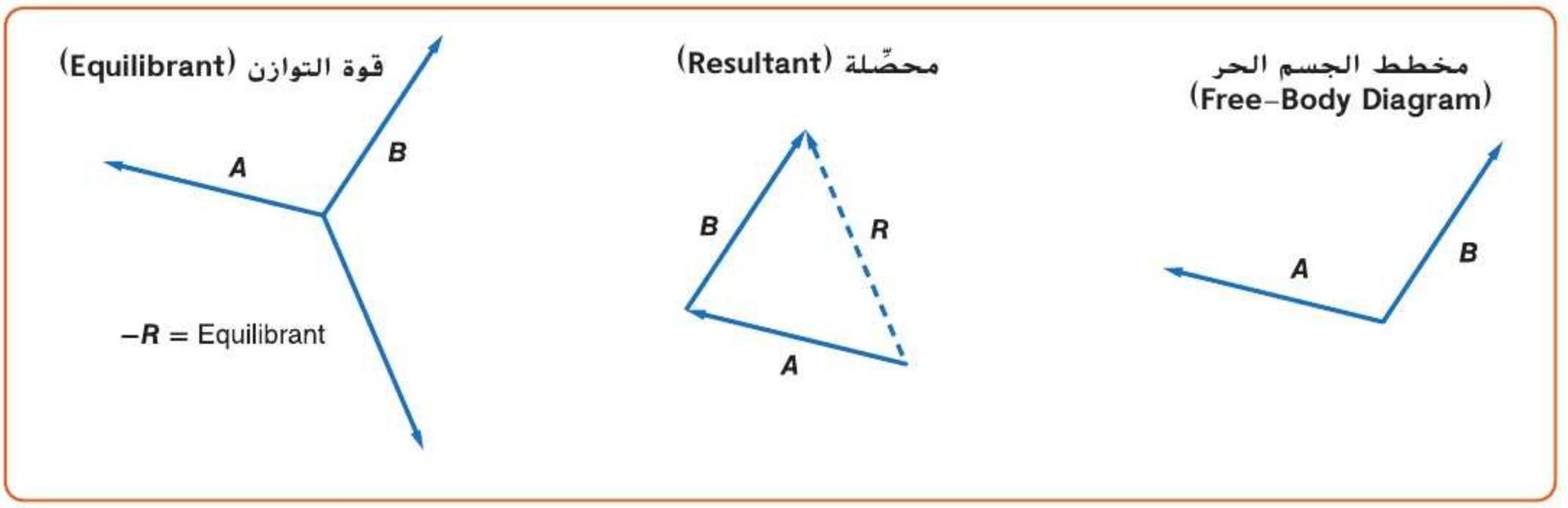
☑ **تأكد من فهمك** **حدّد** العلاقة بين قوة التوازن ومتجه المحصّلة.

تجربة مصغرة

قوة التوازن

كيف يمكنك إيجاد قوة التوازن لقوتين؟

الشكل 16 يُعرف قوة التوازن بأنه القوة اللازمة لكي يُصبح الجسم متزنًا.



التحدي في الفيزياء

أوجِد قوة التوازن لكل من القوى التالية الموضحة في الشكل المجاور.

$F_1 = 61.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $17.0°$ شمال الشرق

$F_2 = 38.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $64.0°$ شمال الشرق

$F_3 = 54.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $8.0°$ غرب الشمال

$F_4 = 93.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $53.0°$ غرب الشمال

$F_5 = 65.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $21.0°$ جنوب الغرب

$F_6 = 102.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $15.0°$ غرب الجنوب.

$F_7 = 26.0$ N في اتجاه الجنوب.

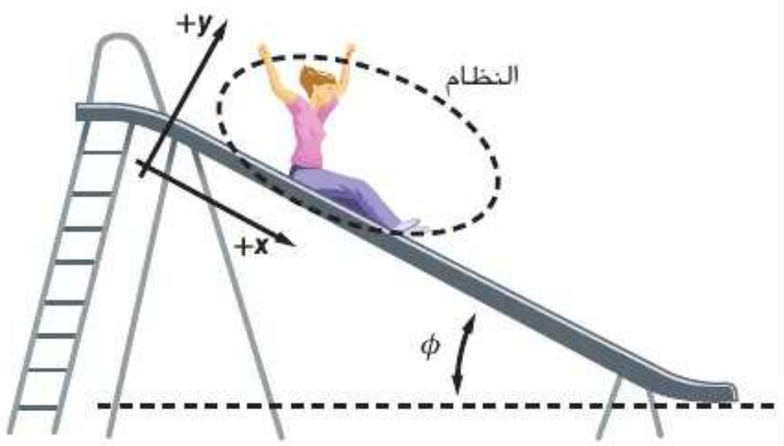
$F_8 = 77.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $22.0°$ شرق الجنوب.

$F_9 = 51.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $0.33°$ شرق الجنوب.

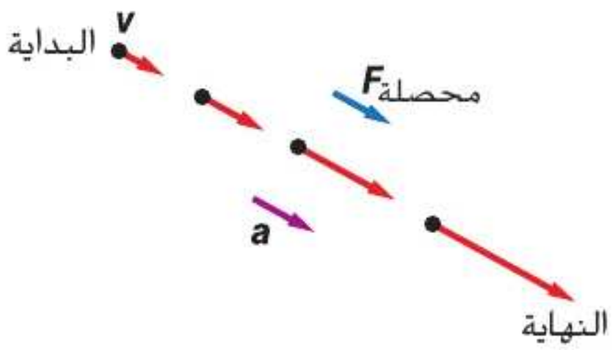
$F_{10} = 82.0$ N في اتجاه يصنع زاوية $0.5°$ جنوب الشرق

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

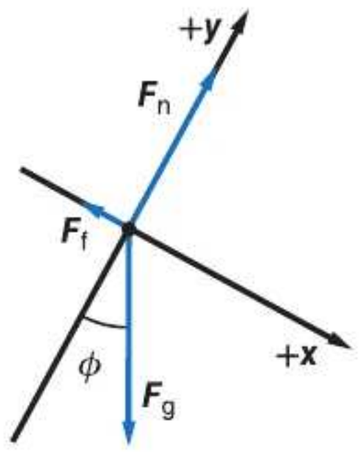
رسم توضيحي



مخطط الحركة



مخطط الجسم الحر



الشكل 17 يُلاحظ أن وزن الفتاة يؤدي إلى تسارعها إلى أسفل الزلاجة.

صِف كيف تتغير مركّبة وزن الفتاة الموازية للسطح المائل عندما تزداد الزاوية بين الزلاجة والمستوى الأفقي.

الأسطح المائلة

سبق وأن طبّقت قوانين نيوتن على حالات اتزان متنوعة. لكن كانت الحركة في هذه الحالات مقتصرة على الاتجاه الأفقي أو الرأسي. كيف يمكن تطبيق هذه القوانين على حالة مماثلة لما في **الشكل 17**، التي تريد فيها إيجاد محصلة القوى المؤثرة في الفتاة؟

ابدأ أولاً بتحديد القوى المؤثرة في النظام. في هذه الحالة، ستكون الفتاة هي النظام. تؤثر قوة الجاذبية الأرضية في الفتاة إلى أسفل في اتجاه مركز الأرض. وتؤثر القوة العمودية في اتجاه عمودي على المستوى المائل. بالإضافة إلى تأثير قوة الاحتكاك الحركي الموازية للمستوى المائل. لاحظ مخطط الجسم الحر الموضح في الجزء الأخير من **الشكل 17**. تعلم من خبرتك السابقة أن تسارع الفتاة سيكون إلى أسفل المستوى.

اختيار نظام إحداثي ينبغي أن تختار بعد ذلك نظامًا إحداثيًا بعناية. ولأن تسارع الفتاة يكون موازيًا للسطح المائل، فإن أحد المحاور، المحور *x*، يجب أن يكون في هذا الاتجاه. أما المحور *y* فيكون عموديًا على المحور *x* وعلى السطح المائل. في هذا النظام الإحداثي، تكون هناك قوتان في اتجاه محاور النظام الإحداثي، هما القوة العمودية وقوة الاحتكاك. لكن يكون للوزن مركّبتان في اتجاه كل من المحورين *x* و*y*. يعني هذا أنه عند وضع جسم على سطح مائل، فإن مقدار القوة العمودية بين الجسم والسطح لا تساوي وزن الجسم.

☑ **تأكد من فهمك** **اشرح** لماذا تختار اتجاه المحور *x* ليكون موازيًا للسطح المائل.

ستحتاج إلى تطبيق قوانين نيوتن في اتجاه المحور *x* مرة، وفي اتجاه المحور *y* مرة أخرى. ولأن الوزن لا يشير إلى أي من الاتجاهين، فستحتاج إلى تحليل المتجه إلى مركّبتي *x* و*y* قبل جمع القوى في هذين الاتجاهين. هذه الخطوات موضحة في مثال المسألة 5 ومثال المسألة 6.

تجربة مصغرة

القوى على سطح مائل

كيف تُغير زاويةُ السطحِ المائلِ القوى المؤثرةَ في جسم على السطح المستوي؟

مختبر الفيزياء

التزلّج على منحدر

كيف يؤثر ميل السطح المائل في التسارع؟

مختبر المجسات

الاحتكاك على سطح مستوٍ

متى ينزلق الجسم إلى الأسفل على سطح مائل؟

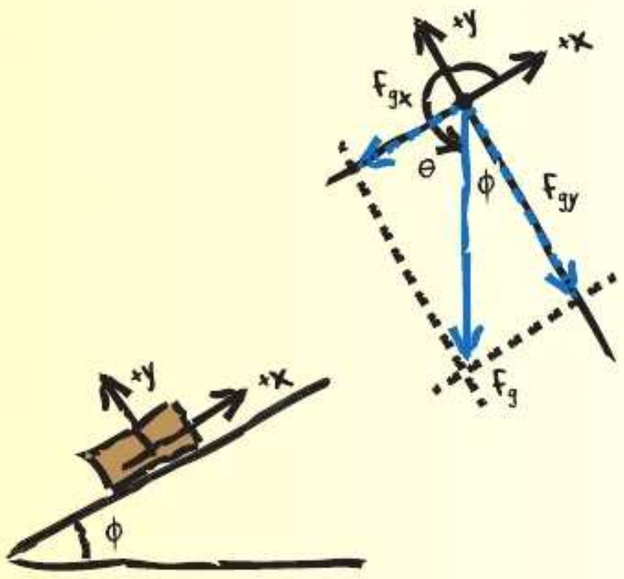
القوى العمودية

كيف تكون حركة الجسم عندما تؤثر فيه قوى عمودية؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 5

مركبتا الوزن لجسم على سطح مائل يستقر صندوق وزنه 562 N على سطح مائل يصنع زاوية 30.0° فوق المستوى الأفقي. أوجِد مركّبتي قوة وزن الصندوق الموازية للسطح والعمودية عليه.



1 تحليل المسألة

- ارسم نظامًا إحداثيًا يشير فيه المحور *x* الموجب إلى أعلى السطح المائل.
- ارسم مخطط الجسم الحر مبيّنًا F_g ومركّبتيها F_{gx} وF_{gy} والزاويتين θ وϕ.

المعلوم

$F_g = 562\ N$ في الاتجاه السفلي

$\phi = 30.0°$

المجهول

$F_{gx} = ?$

$F_{gy} = ?$

$\theta = ?$

2 إيجاد المجهول

$\theta + \phi = 270°$

► الزاوية بين المحور *x* الموجب والمحور *y* السالب هي 270°.

$\theta = 270° - 30°$

► بالتعويض $\phi = 30°$ ثم إعادة الترتيب.

$= 240°$

$F_{gx} = F_g(\cos \theta)$

$= (562\ N)(\cos 240.0°)$

► بالتعويض $F_g = 562\ N$ و$\theta = 240.0°$.

$= -281\ N$

$F_{gy} = F_g(\sin \theta)$

$= (562\ N)(\sin 240.0°)$

► بالتعويض $F_g = 562\ N$ و$\theta = 240.0°$.

$= -487\ N$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس القوة بالنيوتن.
- **هل الإشارات لها مدلول؟** تشير المركّبتان إلى اتجاهين يعاكسان المحورين الموجبَين.
- **هل المقادير واقعية؟** قيمة كل من المركّبتين أقل من F_g، كما كان متوقعًا.

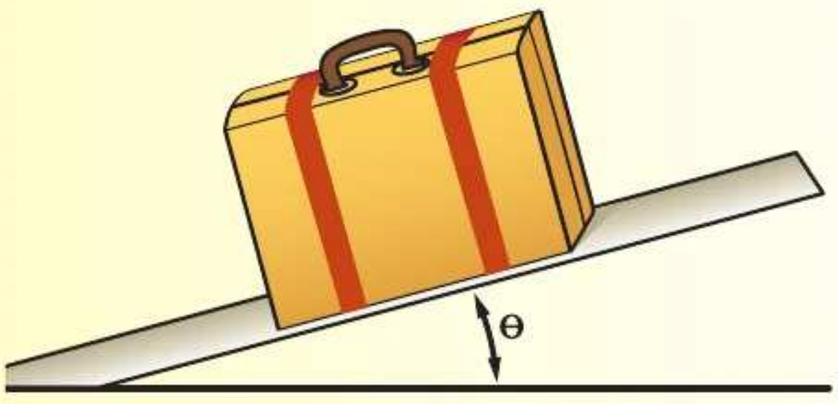
تطبيقات

33. تصعد نملة بسرعة ثابتة كثيبَ نمل يميل عن المستوى الرأسي بزاوية 30.0°. ارسم مخطط الجسم الحر لهذه النملة.

34. حرَّك عمر وأحمد طاولةً بعيدًا عن أشعة الشمس. كان على الطاولة كأسٌ من عصير الليمون، وكانت كتلة الكأس 0.44 kg. رفع أحمد طرف الطاولة من ناحيته قبل أن يرفع عمر الطرف المقابل، فمالت الطاولة على المستوى الأفقي بزاوية 15.0°. أوجِد مركّبتي وزن الكأس الموازية لسطح الطاولة والعمودية عليه.

35. ينزلق عَليٌّ، الذي كتلته 43.0 kg، على عمود درابزين في منزل جَدَّيه. إذا كان عمود الدرابزين يصنع زاوية 35.0° مع المستوى الأفقي، فما مقدار القوة العمودية بين علي وعمود الدرابزين؟

36. التحدي وُضعت حقيبة على سطح مائل كما هو موضح في **الشكل 18**. ما مقدار الزاوية θ المطلوبة لتكون مركّبة وزن الحقيبة الموازية للسطح مساويةً لنصف مقدار مركّبة وزنها العمودية عليه؟



الشكل 18

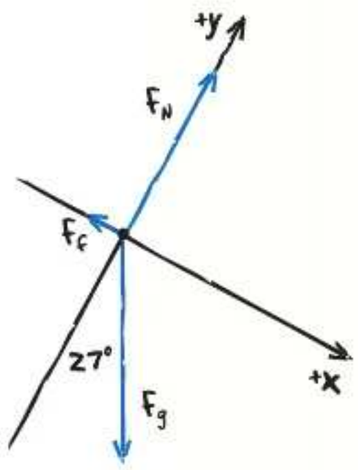
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 6

انزلاق ينزلق عمر، الذي كتلته 45 kg، إلى أسفل منحدر يميل بزاوية 27°. إذا كان معامل الاحتِكاك الحرَكِيّ 0.23، فما سرعة انزلاقه بعد مرور 1.0 s من بدء الحركة، علمًا بأنه انزلق من السكون؟

1 تحليل المسألة

- أنشئ نظامًا إحداثيًا.
- ارسم مخطط الجسم الحر مبيّنًا عليه القوى المؤثرة في عمر أثناء انزلاقه.
- القوى الثلاث المؤثرة في عمر هي القوة العمودية وقوة الاحتكاك الحركي ووزن عمر.



المعلوم		المجهول
$m = 45\ \text{kg}$	$\phi = 27°$	$a = ?$
$\mu_k = 0.23$	$v_i = 0.0\ \text{m/s}$	$v_f = ?$
$t = 1.0\ \text{s}$		$\theta = ?$

2 إيجاد المجهول

► الزاوية بين المحور x الموجب والمحور y السالب هي 270°.

► بالتعويض $\phi = 27°$.

$$\theta = 270° + \phi$$
$$= 270° + 27°$$
$$= 297°$$

في اتجاه المحور y:

► لا يوجد تسارع في اتجاه المحور y، لذا فإن $a_y = 0.0\ \text{m/s}^2$.

$$F_{\text{محصلة},y} = ma_y$$
$$= 0.0\ \text{N}$$

اجمع القوى في اتجاه المحور y لإيجاد F_N.

► بالتعويض $F_{\text{محصلة},y} = 0.0\ \text{N}$ ثم إعادة الترتيب.

► بالتعويض $F_{gy} = mg \sin\theta$.

$$F_{\text{محصلة},y} = F_N + F_{gy}$$
$$F_N = -F_{gy}$$
$$= -mg(\sin\theta)$$

في اتجاه المحور x:

استخدم محصلة القوة في اتجاه المحور x وقانون نيوتن الثاني في الحل لإيجاد a.

► F_f سالبة لأنها في اتجاه محور x السالب.

► بالتعويض $F_{\text{محصلة},x} = ma_x$ و $F_{gx} = mg\cos\theta$ و $F_f = \mu_k F_N$.

► بالتعويض $a_x = a$ (التسارع في اتجاه المحور x) و $F_N = -mg\sin\theta$.

► بالتعويض $g = 9.8\ \text{m/s}^2$ و $\theta = 297°$ و $\mu_k = 0.23$.

$$F_{\text{محصلة},x} = F_{gx} - F_f$$
$$ma_x = mg(\cos\theta) - \mu_k F_N$$
$$ma = mg(\cos\theta) + \mu_k mg(\sin\theta)$$
$$a = g(\cos\theta + \mu_k \sin\theta)$$
$$= (9.8\ \text{m/s}^2)(\cos 297° + (0.23)\sin 297°)$$
$$= 2.4\ \text{m/s}^2$$

بما أن v_i و a و t قيمها معلومة، استخدم معادلة العلاقة بين السرعة المتجهة والتسارع والزمن.

► بالتعويض $v_i = 0.0\ \text{m/s}$ و $a = 2.4\ \text{m/s}^2$ و $t = 1.0\ \text{s}$.

$$v_f = v_i + at$$
$$= 0.0\ \text{m/s} + (2.4\ \text{m/s}^2)(1.0\ \text{s})$$
$$= 2.4\ \text{m/s}$$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** يُبيّن تحليل الأبعاد أن وحدة v_f هي m/s وأن وحدة a هي m/s^2.
- **هل الإشارات لها مدلول؟** بما أن كلاً من v_f و a في اتجاه محور x الموجب، فالإشارات لها مدلول.
- **هل المقادير واقعية؟** تبدو السرعة المتجهة كبيرة، وهذا منطقي بالنسبة إلى منزلق أو منحدر شديدة الانحدار ومعامل احتِكاك حرَكِيّ منخفض.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

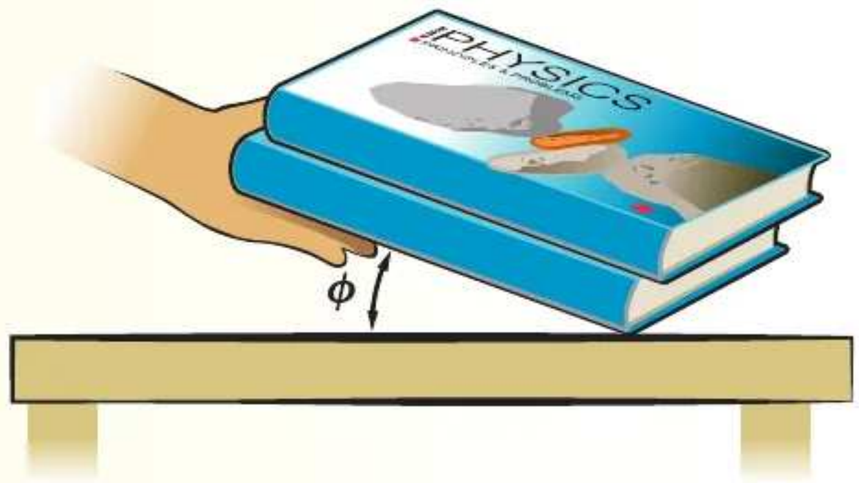
تطبيقات

37. ارجع إلى الصندوق الموجود على السطح المائل في مثال 5. احسب مقدار التسارع. ما مقدار سرعة الصندوق بعد مرور 4.00 s؟

38. قرّر جمال أن يجرب الانزلاق إلى أسفل المنحدر المستخدم في مثال المسألة 6. لكن اختلف انزلاق جمال عن انزلاق عمر. فبعد أن دفع مُراد نفسه ليبدأ الانزلاق، انزلق بسرعة ثابتة. ما معامل الاحتِكاك الحرَكِيّ بين جمال وسطح المنحدر؟

39. انزلقت داليا، التي كتلتها 45 kg، إلى أسفل منزلق مائل على المستوى الأفقي بزاوية 45°. إذا كان معامل الاحتِكاك الحرَكِيّ بين داليا وسطح المنزلق 0.25، فما مقدار تسارعها؟

40. التحدي وضعتَ كتابَي فيزياء أحدهما فوق الآخر كما هو موضح في **الشكل 19**. وقمتَ بإمالة الكتاب السفلي بالقدر الذي يبدأ معه الكتاب العلوي في الانزلاق. أجريتَ خمسَ محاولات وقستَ الزوايا الموضحة في **الجدول 3**.



الشكل 19

الجدول 3 المحاولات وزاوية الميل

المحاولة	ϕ
1	21°
2	17°
3	21°
4	18°
5	19°

a. ما متوسط الزاوية ϕ المقيسة خلال المحاولات الخمس؟

b. ما مقدار معامل الاحتكاك السكوني بين غلافَي الكتابَين؟ استخدام متوسط الزاوية ϕ الذي أوجدتَه في السؤال **(a)**.

c. إذا فترضنا أنك قستَ تسارع الكتاب العلوي إلى أسفل فوجدتَه $1.3\ m/s^2$. فما مقدار معامل الاحتِكاك الحرَكِيّ؟ افترض أن الزاوية ϕ تساوي قيمة المتوسط الذي أوجدتَه في السؤال **(a)**.

القسم 3 مراجعة

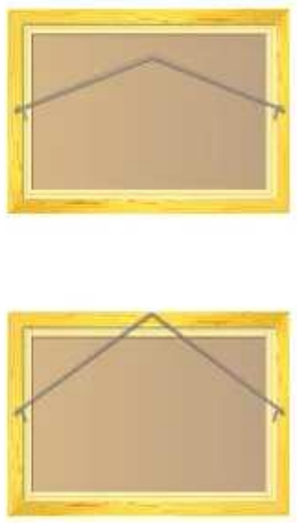
41. الفكرة الرئيسة يُسحب متزلجٌ على الماء كتلتُه 63 kg بحبل على سطح مائل يصنع زاوية 14.0° مع المستوى الأفقي بقوة شد في الحبل تعادل 512 N. إذا كان معامل الاحتِكاك الحرَكِيّ بين الشخص المتزلّج والسطح المائل 0.27. فما مقدار تسارع الشخص المتزلّج؟ وما اتجاهه؟

42. القوى من طرائق تخليص سيارتك من الغَرز أن تربط طرف حبل متين بالسيارة وطرفه الآخر بشجرة، ثم تسحب الحبل من نقطة المنتصف بزاوية قائمة على الحبل. ارسم مخطط الجسم الحر ثم وضّح كيف يُمكن أن تكون القوة المؤثرة في السيارة كبيرةً حتى لو بذلتَ قوةً صغيرة عند سحب الحبل.

43. الكتلة تُعلَّق لوحة النتائج الإلكترونية في سقف صالة ألعاب رياضية باستخدام عشرة أسلاك متينة. تصنع ستة من هذه الأسلاك زاوية 8.0° مع المستوى الرأسي، بينما تصنع الأسلاك الأربعة الأخرى زاوية 10.0° مع المستوى الرأسي. إذا كان الشد في كل سلك 1300 N. فما مقدار كتلة لوحة النتائج الإلكترونية؟

44. جمع المتجهات ما مجموع المتجهات الثلاثة التي تُشكّل مثلثًا عند وضع رأس متجه على ذيل آخر؟ إذا كانت هذه المتجهات تمثل القوى المؤثرة في جسم ما، فما الذي يعنيه ذلك بالنسبة إلى حالة الجسم؟ صِف الحركة الناتجة عن هذه القوى الثلاث المؤثرة في الجسم.

45. الاتزان تُعلّق لوحة فنية بسلكَين طويلَين. سينقطع السلكان إذا كانت القوة المؤثرة فيهما كبيرة جدًا. هل يجب أن تُعلّق اللوحة كما في الشكل العلوي أم كما في الشكل السفلي في **الشكل 20**؟ اشرح.



الشكل 20

46. التفكير الناقد هل يمكن أن يكون لمعامل الاحتكاك قيمةٌ، بحيث يتمكن طفل من الوصول إلى قمة منحدر بسرعة متجهة ثابتة؟ اشرح لم أو لم لا. افترض عدم وجود قوة دفع أو سحب أخرى تؤثر في الطفل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المجازفة

هل سمعتَ من قبل عن المثل الذي يقول "ما طار طير وارتفع، إلا كما طار وقع"؟ يعتمد المهندسون المعماريون على الفهم التام للقوى للتأكد من سلامة المباني والمنشآت الأخرى.

القوى المتوازنة ربما تتذكر أن الجسم يتسارع بسبب محصلة القوة المؤثرة فيه. لكن إذا كان الجسم لا يتحرك، فلا يعني هذا عدم وجود قوى تؤثر فيه. فعندما يكون الجسم ساكنًا، تكون القوى المؤثرة فيه متوازِنة.

على سبيل المثال، أنت الآن تنجذب إلى أسفل بفعل قوّة الجاذبيّة الأرضية. وفي الوقت نفسه، قوّة الجاذبيّة الأرضية متوازنة بفعل القوة العمودية للمقعد الذي تجلس عليه حيث إن هذه القوة العمودية تدفعك لأعلى. لذا فإنك لن تتسارع لأن هاتين القوتين متوازنتان، أيْ لا توجد قوة محصلة. عند تصميم مبنى أو جسر أو أي منشأة أخرى، يجب أن يتأكد المهندس المعماري أن قوّة الجاذبيّة الأرضية متوازنة تمامًا مع القوى الأخرى.

الشرفة المعلقة هل وقفتَ من قبل في شُرفة كالموضحة في **الشكل 1**؟ رغم أنه لا يوجد شيء بالأسفل يدفع الشرفة لأعلى لموازنته مع قوّة الجاذبيّة الأرضية، لِمَ لا يسقط إذن؟ الشرفة عبارة عن حامل يرتكز على ناحية واحدة فقط. يجب أن يكون وزن الشرفة متوازنًا مع القوى الناتجة عن باقي المبني.

الشكل 1 ينظر هؤلاء الأشخاص من شرفة زجاجية معلقة في برج ويليس في شيكاغو.

لمزيد من التعمق >>>

الأبحاث كيف تتوزع القوى بوابة القوس في ميسوري. أنشئ ملصقًا يوضح القوى الموزعة في القوس.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 5 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة يمكن وصف القوى في بُعدين باستخدام جمع المتجهات وتحليلها.

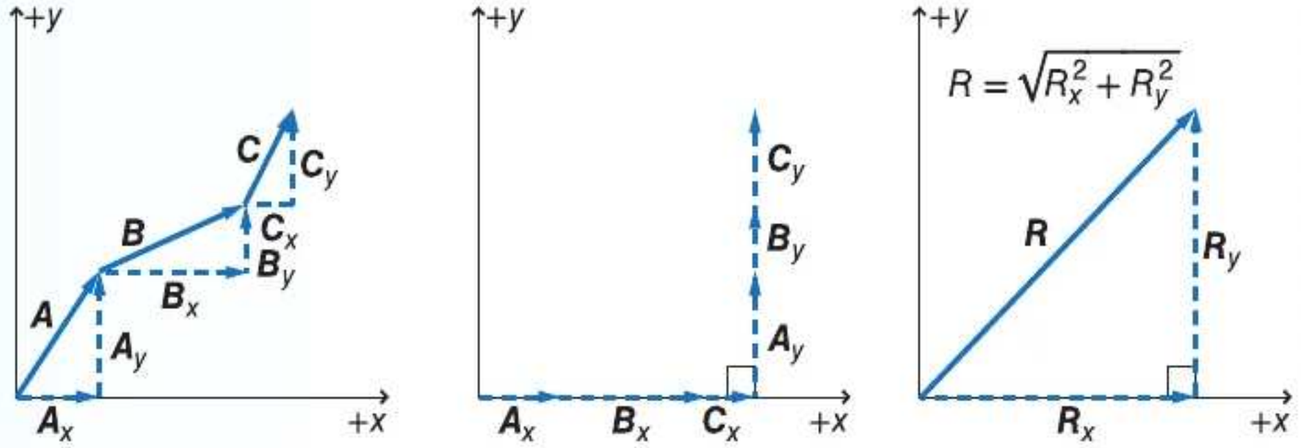
القسم 1 المتجهات

المفردات

- المركّبات
- تحليل المتجهات

الفكرة الرئيسة يُمكن تحليل كل المتجهات إلى مركبتين x وy.

- تُجمع المتجهات بيانيًا بوضع ذيل المتجه التالي على رأس المتجه الذي يسبقه. تكون المحصّلة اتجاهًا من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الأخير.
- مركّبتا المتجه عبارة عن متجهين يُسقطان على محوري الإحداثيات. يُمكن جمع المتجهات من خلال جمع المركّبات الموجودة في اتجاه المحور x وفي اتجاه المحور y بصورة منفصلة.



- يُمكن استخدام نظرية فيثاغورس لتحديد مقدار متجه المحصّلة عندما يكون المتجهان متعامدَين. يُستخدم قانون جيب التمام وقانون الجيب لإيجاد محصلة أي متجهين.

القسم 2 الاحتكاك

المفردات

- الاحتِكاك الحرَكِيّ
- الاحتِكاك السكوني
- معامل الاحتِكاك الحرَكِيّ
- معامل الاحتِكاك السكوني

الفكرة الرئيسة الاحتكاك عبارة عن قوة بين سطحَين متلامسين.

- الاحتكاك قوة مؤثرة في سطحَين متلامسين وموازية لهما.
- قوة الاحتِكاك الحرَكِيّ تساوي معامل الاحتِكاك الحرَكِيّ مضروبًا في القوة المتعامدة.

قوة الاحتكاك السكوني أقل من أو تساوي معامل الاحتكاك السكوني مضروبًا في القوة المتعامدة.

$$F_{\text{الاحتكاك الحركي}} = \mu_k F_N$$

$$F_{\text{الاحتكاك السكوني}} \leq {}_s F_N$$

القسم 3 القوى في بُعدين

المفردات

- قوة التوازن

الفكرة الرئيسة يتزن الجسم عندما تكون محصلة القوى في الاتجاه x والاتجاه y صفرًا.

- قوة التوازن عبارة عن قوة مساوية لمحصلة القوى المؤثرة في الجسم في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.
- تكون قوة الاحتكاك موازية لسطح مائل وفي اتجاه أعلى السطح إذا كانت حركة الجسم إلى أسفل السطح. الجسم الموجود على سطح مائل له مركّبةُ قوة جاذبية في اتجاه يوازي السطح تجعل الجسم يتسارع في اتجاه أسفل السطح.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 5 التقويم

القسم 1 المتجهات

إتقان المفاهيم

47. **الفكرة الرئيسة** كيف ستضيف متجهين بيانيًا؟

48. أي من الإجراءات التالية مسموح بها عندما تضيف متجهًا إلى آخر بيانيًا: نقل المتجه أم تدوير المتجه أم تغيير طول المتجه؟

49. اكتب بأسلوبك الخاص تعريفًا واضحًا لناتج متجهين أو أكثر. لا تشرح كيفية إيجاده؛ بل اشرح ما الذي يمثله.

50. كيف تتأثر الإزاحة الناتجة عند إضافة متجهي إزاحة بترتيب مختلف؟

51. اشرح الطريقة التي ستستخدمها لطرح متجهين بيانيًا.

52. اشرح الفرق بين $\boldsymbol{A}$ وA.

53. تكتب نظرية فيثاغورس عادة بالشكل التالي $c^2 = a^2 + b^2$. إذا استخدمت هذه العلاقة في جمع متجه، فما الذي يمثله a وb وc؟

54. عند استخدام نظام إحداثي، كيف تحدد زاوية المتجه أو اتجاهه بالنسبة إلى محاور النظام الإحداثي؟

إتقان حل المسائل

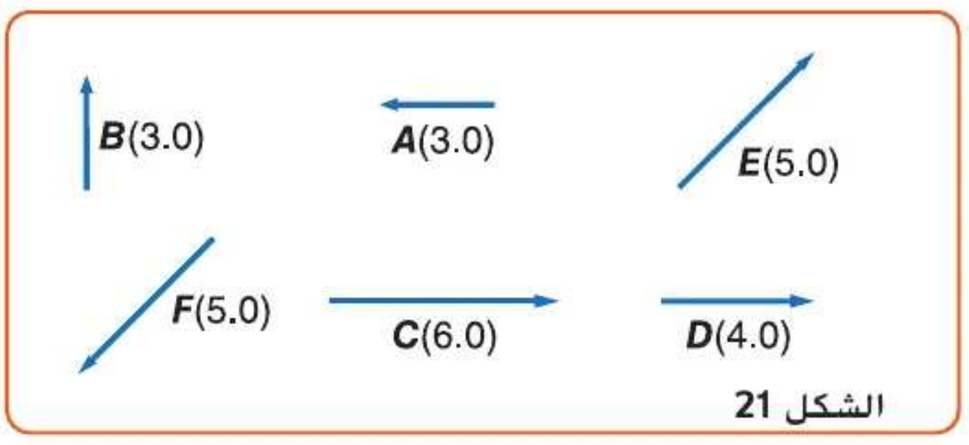
55. **السيارات** تتحرك السيارة لمسافة 65 km باتجاه الشرق ثم لمسافة 45 km باتجاه الغرب. كم مقدار إزاحتها الإجمالية؟

56. أوجد المركبات الأفقية والرأسية للمتجهات التالية الموضحة في **الشكل 21**. في جميع الحالات، افترض أن الاتجاهين لأعلى ولليمين موجبان.

a. E

b. F

c. A



الشكل 21

57. أوجد بالرسم حاصل جمع المتجهات التالية، الموضحة في **الشكل 21**.

a. A و D

b. D و C

c. A و C

d. F و E

58. أوجد بالرسم حاصل جمع مجموعة المتجهات الموضحة في **الشكل 21**.

a. A و C و D

b. A و B و E

c. B و D و F

59. **مهمة الترتيب** رتب ما يلي وفقًا لمقدار محصلة القوى، من الأصغر إلى الأكبر. أشر إلى أي علاقة على وجه التحديد.

A. 20 N لأعلى + 10 N لأسفل

B. 20 N لأعلى + 10 N لليسار

C. 20 N لأعلى + 10 N لأعلى

D. 20 N لأعلى + 10 N 20° أسفل المستوى الأفقي

E. 20 N لأعلى

60. تسير لمسافة 30 m جنوبًا ولمسافة 30 m شرقًا. أوجد مقدار الإزاحة الناتجة واتجاهها بيانيًا وجبريًا على حد سواء.

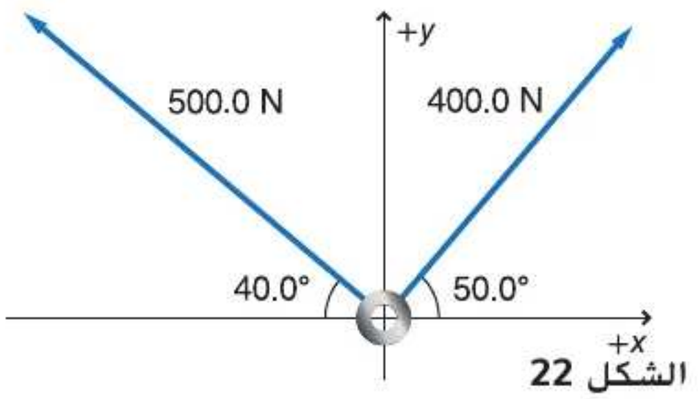
61. تتألف الرحلة التي يقوم بها متجول من ثلاثة أجزاء. المسار A ويصل طوله إلى 8.0 km بزاوية 60.0° شمال الشرق. المسار B ويصل طوله إلى 7.0 km باتجاه الشرق. المسار C ويصل طوله إلى 4.0 km بزاوية 315° باتجاه عكس عقارب الساعة من الشرق.

a. أضف إزاحات المتجول بيانيًا بالترتيب A, B, C.

b. أضف إزاحات المتجول جبريًا بالترتيب A, B, C.

c. ما الذي يمكنك استنتاجه بشأن الإزاحات الناتجة؟

62. تؤثر قوتان في الحلقة في **الشكل 22**. ما محصلة القوى المؤثرة في الحلقة؟



الشكل 22

63. **استكشاف الفضاء** تهبط مركبة فضائية على سطح المريخ بسرعة رأسية باتجاه سطح المريخ بسرعة 5.5 m/s. في الوقت نفسه، تبلغ سرعتها الأفقية 3.5 m/s .

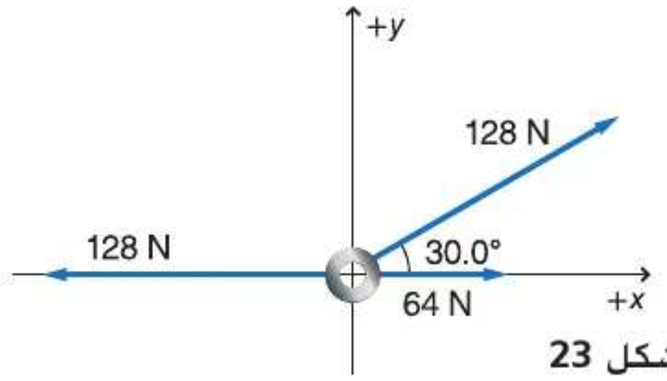
a. ما مقدار السرعة التي تتحرك عندها المركبة على مسار الهبوط؟

b. ما الزاوية الناتجة من التقاء المسار الرأسي مع هذا المسار؟

c. إذا كانت المركبة تبعد عن السطح مسافة 230 m. فما الزمن الذي تستغرقه حتى تصل إلى السطح؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

64. تؤثر ثلاث قوى في الحلقة المشار إليها في **الشكل 23**. ما محصلة القوة المؤثرة في الحلقة؟



الشكل 23

65. سفينة في البحر سفينة متوقع وصولها خلال يومين الى ميناء يبعد عنها مسافة 500.0 km. ومع ذلك، تهب عاصفة قوية مسافة 100.0 km باتجاه الشرق من موقعها الأصلي. كم تبعد السفينة عن الميناء؟ ما الاتجاه الذي يجب أن تتبعه السفينة للوصول إلى الميناء؟

66. الملاحة يغادر أمير المعسكر ويسير لمسافة 4 km باتجاه الشرق باستخدام البوصلة ثم لمسافة 6 km باتجاه الجنوب ولمسافة 3 km باتجاه الشرق ولمسافة 5 km باتجاه الشمال ولمسافة 10 km باتجاه الغرب ولمسافة 8 km باتجاه الشمال وأخيرًا لمسافة 3 km باتجاه الجنوب. في نهاية اليومين، كان يخطط للعودة من رحلته. عن طريق رسم أحد الرسومات. احسب المسافة التي يبعدها أمير عن المعسكر وأي اتجاه ينبغي أن يسلكه للعودة إلى المعسكر.

القسم 2 الاحتكاك

إتقان المفاهيم

67. ماذا يعني أن يكون معامل الاحتكاك أكبر من 1.0؟ كيف تقيسه؟

68. السيارات باستخدام نموذج الاحتكاك الموضح في هذا الكتاب المدرسي، هل يزداد الاحتكاك بين الإطار والطريق حسب الإطار العريض أم الضيق؟ اشرح. افترض أن الإطارات لها الكتلة نفسها.

إتقان حل المسائل

69. إذا كنت تستخدم قوة أفقية تبلغ 30.0 N لزلق صندوق خشبي كتلته 12.0 kg على أرضية بسرعة ثابتة، فكم يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق والأرضية؟

70. يُدفع صندوق كتلته 225 kg لمسافة أفقية بقوة تبلغ 710 N. إذا كان معامل الاحتكاك 0.20، فاحسب مقدار تسارع الصندوق.

71. تعمل قوة تبلغ 40.0 N على زيادة سرعة جسم كتلته 5.0 kg وتكسبه تسارعا مقداره $6.0\ m/s^2$ على سطح أفقي.

a. كم سيكون مقدار تسارع الكتلة إذا كان السطح بلا احتكاك؟

b. ما مقدار قوة الاحتكاك الحركي؟

c. كم يبلغ معامل الاحتكاك الحركي؟

72. نقل الأجهزة استلمت عائلتك ثلاجة جديدة للتو. غادر الموزع وترى أن الثلاجة ليست في المكان المناسب لها، ولذلك تنوي نقلها عدة سنتيمترات. إذا كانت كتلة الثلاجة تبلغ 88 kg. وكان معامل الاحتكاك الحركي بين قاع الثلاجة والأرضية 0.13. ومعامل الاحتكاك السكوني بين هذين السطحين نفسيهما 0.21. فما مقدار القوة التي تدفع بها الثلاجة في الاتجاه الأفقي لتحريكها؟

73. التوقف عند الإشارة الحمراء تقود سيارة كتلتها 1200.0 kg بسرعة ثابتة تبلغ 14.0 m/s على طريق مستقيم ومستوٍ. بينما تقترب من إحدى نقاط التقاطع، تتحول إشارة المرور إلى اللون الأحمر. تضغط على الفرامل. تتوقف عجلات السيارة وتبدأ الإطارات في الانزلاق وتتوقف السيارة تمامًا على بُعد 25.0 m. كم يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين الإطارات والطريق؟

القسم 3 القوى في بُعدين

إتقان المفاهيم

74. صِف النظام الإحداثي المناسب للتعامل مع المسألة التي تتناول إلقاء كرة لأعلى في الهواء.

75. إذا تم إعداد نظام إحداثي بحيث تكون النقاط الموجبة على المحور *x* في اتجاه 30° فوق المستوى الأفقي، فماذا يجب أن تمثل الزاوية الواقعة بين المحور *x* والمحور *y*؟ ما اتجاه المحور *y* الموجب؟

76. اشرح كيفية إعداد النظام الإحداثي للحركة على هضبة.

77. إذا كان كتابك المدرسي في حالة توازن، فماذا يمكن أن نقول بشأن القوى المؤثرة فيه؟

78. هل يمكن لجسم ما التحرك وهو في حالة توازن؟ اشرح.

79. يُطلب منك تحليل حركة الكتاب الموضوع على طاولة مائلة.

a. صف النظام الإحداثي الأفضل لتحليل الحركة.

b. ما مدى ارتباط مركبات وزن الكتاب بزاوية الطاولة؟

80. بالنسبة إلى الكتاب الموضوع على الطاولة المائلة، صِف ماذا يحدث لمركبة القوة التي يؤثر بها الوزن والموازية للطاولة وقوة الاحتكاك المؤثرة في الكتاب عندما تزيد الزاوية التي تنشأ بين الكتاب والمستوى الأفقي.

a. ما مركبات القوة (القوى) التي تزداد مع زيادة الزاوية؟

b. ما مركبات القوة (القوى) التي يقل مقدارها؟

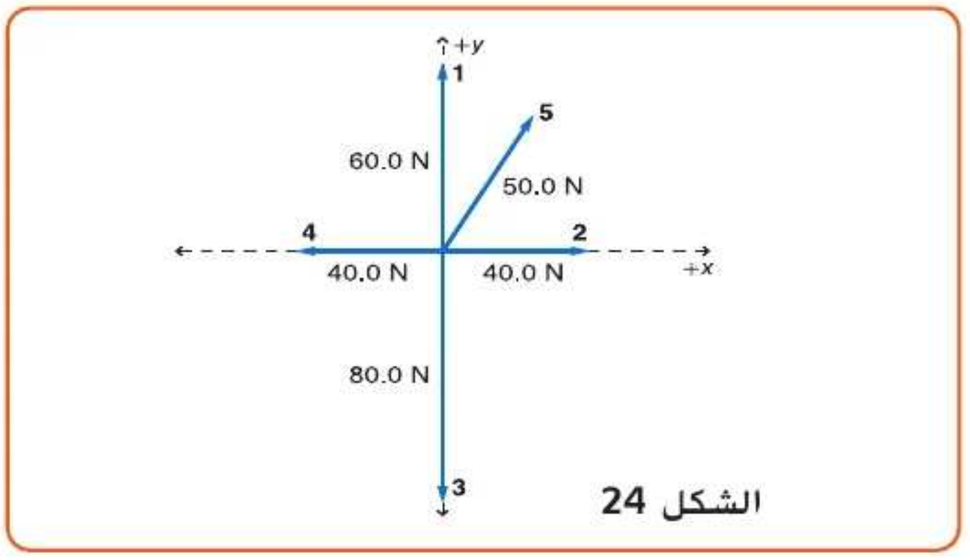
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

إتقان حل المسائل

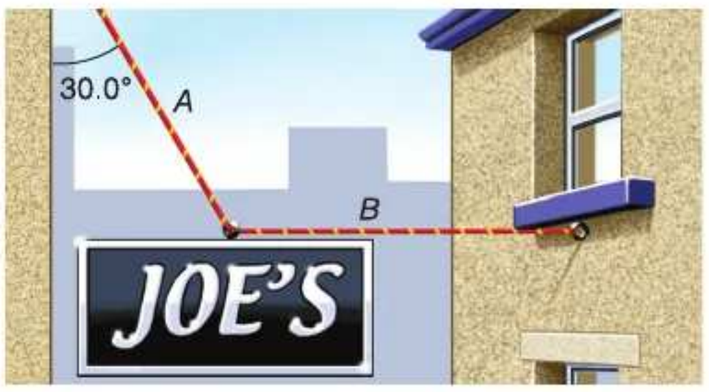
81. توجد ثلاث قوى تؤثر في جسم متزن. تؤثر الأولى والتي تبلغ 33.0 N بزاوية 90.0° من المحور *x* وتؤثر الثانية ومقدارها 44.0 N بزاوية 60.0° من المحور *x*. تُقاس كل من الزاويتين باتجاه عكس عقارب الساعة من المحور *x*. ما مقدار القوة الثالثة واتجاهها؟

82. تؤثر خمس قوى في الجسم المشار إليه في **الشكل 24**: (1) 60.0 N بزاوية 90.0° و(2) 40.0 N بزاوية 0.0° و(3) 80.0 N بزاوية 270.0° و(4) 40.0 N بزاوية 180.0° و(5) 50.0 N بزاوية 60.0°. ما مقدار واتجاه القوة السادسة التي تحدث اتزاناً للجسم؟



الشكل 24

83. الدعاية والإعلان يرغب أيمن في تعليق لافتة تزن 7.50×10^2 N بحيث ينشئ السلك A، المربوط بالمتجر، زاوية 30.0°. كما هو موضح في **الشكل 25**. يكون السلك B على المستوى الأفقي ويُربط بالمبنى المجاور. ما مقدار الشد في السلك B؟



الشكل 25

84. تبلغ قوة مصباح الشارع 150 N. يدعمه سلكان يكونان معًا زاوية قدرها 120.0°. الشد في السلكين متساوٍ.

a. ما مقدار الشد في كل سلك؟

b. إذا انخفضت الزاوية بين السلكين الداعمين لمصباح إنارة الشارع إلى 90.0°. فما مقدار الشد في كل سلك؟

85. يوضع صندوق يبلغ ثقله 215 N على مستوى مائل مما يؤدي إلى تكوين زاوية قدرها 35.0° مع المستوى الأفقي. أوجد مركب مركبة الوزن الموازية للمستوى المائل.

86. غرفة الطوارئ تقوم بعمل الممرضة في غرفة الطوارئ في مستشفى محلي. تنقل بعربة المرضى أحد المسنين الذي تعرض لحادث خطير جدًا ويعاني من نزيف حاد. تشرح الممرضة لك في عجالة أنه في حالة كهذه، عليك إمالة سرير المريض بحيث تكون الرأس متجهة لأسفل للتأكد من وصول كمية كافية من الدم إلى الدماغ. تخبرك بأن أكبر زاوية يمكن الوصول إليها دون أن يبدأ المريض في الانزلاق لأسفل تبلغ 45.0° من المستوى الأفقي، وذلك بالنسبة إلى معظم المرضى.

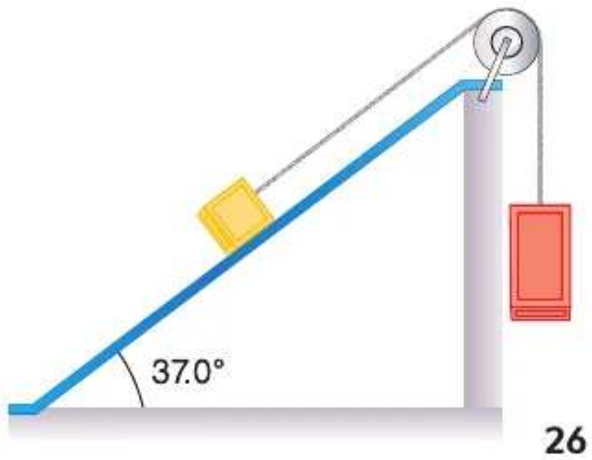
a. ما العامل أو العوامل التي تعتمد عليها زاوية الميل؟

b. أوجد معامل الاحتكاك السكوني بين المريض العادي وغطاء السرير.

87. يرتبط قالبان بسلسلة على بكرة بلا احتكاك ومهملة الكتلة بحيث يكون القالب الأول موضوعًا على مستوى مائل والثاني معلقًا من الحافة العلوية للمستوى، كما هو موضح في **الشكل 26**. تبلغ كتلة القالب المعلق 16.0 kg. بينما تبلغ كتلة القالب الموضوع على المستوى المائل 8.0 kg. يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين القالب والمستوى المائل 0.23. يتم إطلاق القالبين من السكون.

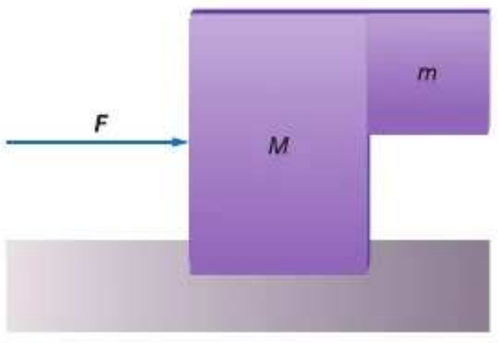
a. ما مقدار تسارع القالبين؟

b. ما مقدار الشد في السلسلة التي تربط القالبين؟



الشكل 26

88. في **الشكل 27**، يُدفع قالب كتلته *M* بقوة (*F*) بحيث لا ينزلق القالب الأصغر ذو الكتلة *m* لأسفل أمامه. لا يوجد احتكاك بين القالب الأكبر والسطح الموجود أسفله، لكن معامل الاحتكاك السكوني بين الكتلتين يساوي μ_s. أوجد تعبيرًا لـ *F* من حيث *M*، *m*، μ_s، و *g*.



الشكل 27

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق المفاهيم

89. يمثل متجه يبلغ طوله 1 cm إزاحة قدرها 5 km. كم عدد الكيلومترات التي يمثلها متجه طوله 3 cm مرسوم بمقياس الرسم نفسه؟

90. يمثل المتجه المرسوم الذي يبلغ طوله 15 mm سرعة قدرها 30 m/s. ما طول المتجه الذي ترسمه لتمثيل سرعة قدرها 20 m/s؟

91. ما أكبر مقدار لمحصلة إزاحة محتملة تنتج عن إزاحتين مقدارهما 3 m و4 m؟ ما مقدار أصغر ناتج محتمل؟ ارسم مخططات لتبرهن على إجاباتك.

92. كيف تتغير الإزاحة الناتجة عندما تزيد الزاوية الواقعة بين متجهين من 0° إلى 180°؟

93. يمثل A وB ضلعين في مثلث قائم، حيث $\tan\theta = \frac{A}{B}$.

a. أي ضلع في المثلث يكون أطول إذا كانت $\tan\theta$ أكبر من 1.0؟

b. أي ضلع يكون أطول إذا كانت $\tan\theta$ أصغر من 1.0؟

c. ماذا يعني إذا كان $\tan\theta$ يساوي 1.0؟

94. السفر بالسيارة سيارة تبلغ سرعتها 50 km/h اتجاهها 60° إلى الشمال الشرقي. يتم اختيار نظام إحداثي يكون فيه المحور x الذي يشير إلى الشرق والمحور y الذي يشير إلى الشمال. أي مكون لمتجه السرعة أكبر، x أم y؟

95. ما الحالات التي يفضل فيها استخدام نظرية فيثاغورس، على قانون جيب التمام، لإيجاد مقدار متجه المحصّلة؟

96. تتناول المسألة سيارة تتحرك لأعلى في إحدى الهضاب، لذلك يُحدد النظام الإحداثي باستخدام المحور x الموجب الموازي لسطح الهضبة. تتناول المسألة أيضًا حجرًا سقط على السيارة. ارسم مخططًا للمسألة ووضح مركبات متجه سرعة الحجر.

97. جر عربة وفقًا للأسطورة، تعلَّم الحصان قوانين نيوتن. عندما يراد من الحصان جر عربة، يبدي رفضًا تجاه ذلك، متعللاً بأنه في حالة جر العربة إلى الأمام، ستتولد قوة مساوية للخلف، وفقًا لقانون نيوتن الثالث. لذلك، ستكون هناك قوتان متوازنتان، وستزداد سرعة العربة وفقًا لقانون نيوتن الثاني. كيف ترد على هذا الحصان؟

98. التنس عند تمديد شبكة التنس بين عمودين، يسهل نسبيًا سحب أحد طرفي الشبكة بقوة تكفي لإزالة الجزء المتراخي، لكن تحتاج إلى ذراع بمقبض لضبط آخر جزء متراخٍ من الشبكة بهدف جعل الجزء العلوي في المستوى الأفقي تمامًا. لماذا يُعد هذا صحيحًا؟

99. يمكن تقسيم وزن الكتاب الموضوع على مستوى مائل إلى اثنين من مركبات المتجهات، واحدة على المستوى والأخرى متعامدة عليه.

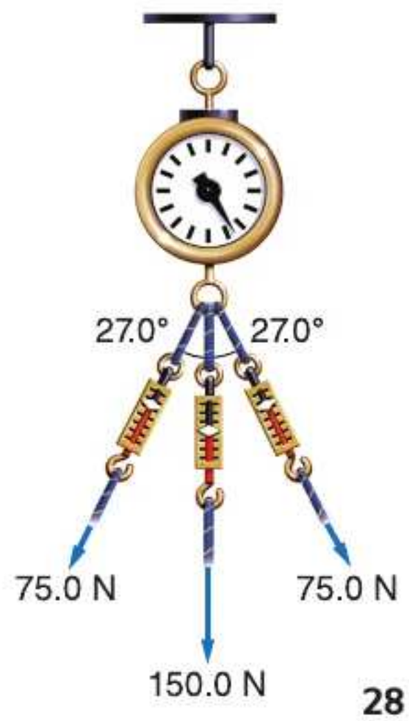
a. ما الزاوية التي تتساوى عندها المركبات؟

b. ما الزاوية التي تساوي عندها المركبة الموازية صفرًا؟

100. أبراج التلفاز يُثبت برج الإرسال في محطة التلفاز تثبيتًا مستقيمًا بواسطة أسلاك تثبيت ممتدة من الأرض إلى الجزء العلوي من البرج بزاوية قدرها 67° أعلى المستوى الأفقي. يمكن تحليل القوة قوة الشد في أسلاك التثبيت إلى مركبات متعامدة ومتوازية بالنسبة إلى الأرض. أي هذه المركبات تكون أكبر؟

مراجعة عامة

101. يُسحب الميزان المتدرج المشار إليه في **الشكل 28** بواسطة ثلاثة حبال. ما محصلة القوة التي يقرؤها الميزان المتدرج؟



الشكل 28

102. دفع رجل صخرة حتى قمة جبل منحدر. عندما وصل إلى القمة، انزلقت الصخرة عبر الجبل لأسفل وأصبح لزامًا عليه البدء من جديد. بافتراض أنه دفع الصخرة لأعلى الجبل دون أن يتمكن من دحرجتها.

a. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصخرة وجانب الجبل 0.40، وكتلة الصخرة 20.0 kg، وزاوية انحدار الجبل تبلغ 30.0° وهي ثابتة، فما مقدار القوة التي يجب ان يؤثر بها الرجل على الصخرة لتحريكها لأعلى وصولاً إلى الجبل بسرعة ثابتة؟

b. يدفع الرجل الصخرة بسرعة قدرها 0.25 m/s ويستغرق 8.0 h للوصول إلى قمة الجبل. كم يبلغ الارتفاع الرأسي للجبل؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

103. تنسيق المناظر الطبيعية تُنقل إحدى الأشجار على مقطورة مسطحة بواسطة منسق المكان. إذا انزلقت قاعدة الشجرة على المقطورة، فستسقط الشجرة عليها ويلحقها الضرر. يبلغ معامل الاحتكاك السكوني بين الشجرة والمقطورة 0.50. تبلغ السرعة الابتدائية للمقطورة 55 km/h.

a. يجب أن تتوقف الشاحنة عند إشارة المرور من دون انزلاق الشجرة للأمام وسقوطها من فوق المقطورة. ما الحد الأقصى للتسارع المحتمل الذي يمكن أن تواجهه الشاحنة؟

b. ما الحد الأدنى للمسافة التي تقطعها الشاحنة حتى تتوقف علمًا بأن الشاحنة تتسارع بانتظام بأقصى تسارع تم حسابه في الجزء a؟

التفكير الناقد

104. استخدام النماذج باستخدام أمثلة المسائل الواردة في هذه الوحدة كنماذج، اكتب مثال مسألة لحل المسألة التالية. يمكنك تضمين الأقسام التالية: تحليل المسألة ورسمها، وإيجاد المطلوب (باستخدام استراتيجية كاملة)، وتقويم الإجابة. يضغط سائق سيارة كتلتها 975 kg تسير بسرعة 25 m/s على الفرامل. ما أقصر مسافة تقطعها السيارة حتى تتوقف علما بأن معامل الاحتكاك الحركي يبلغ 0.65؟ بافتراض أن قوة الاحتكاك التي يؤثر بها الطريق على الإطارات ثابتة والإطارات غير زلقة.

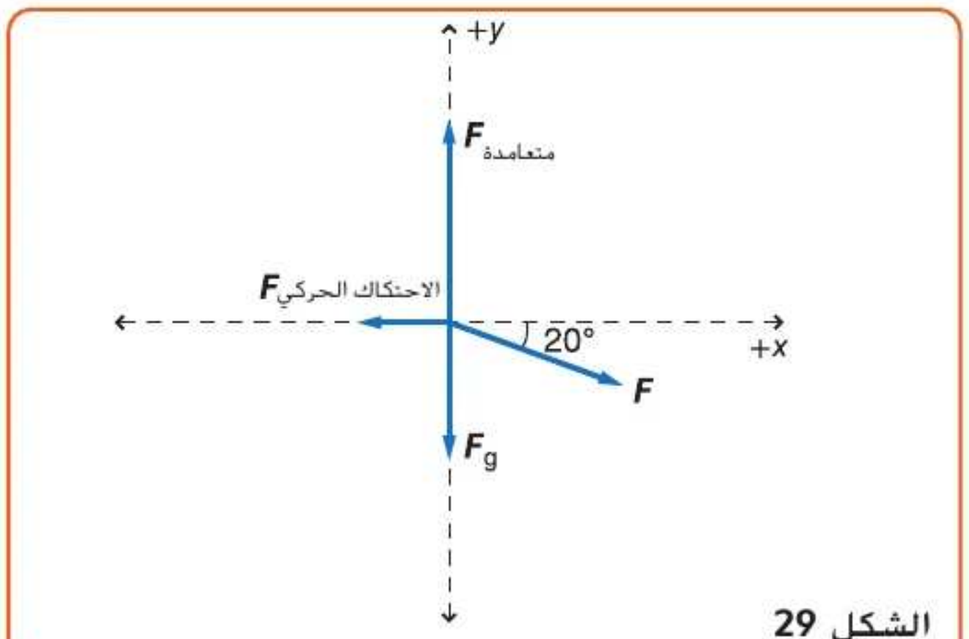
105. التحليل والاستنتاج يقضي علي وعمر وعثمان وقتهم في متنزه محلي ويشاهدون العرض الترفيهي المسمى بالانزلاق الرائع، الذي يُعد ببساطة مستوى مائلاً طويلاً جدًا ومرتفعًا. يصعد الزائرون في متنزه التسلية مجموعة طويلة من الدرجات وصولاً إلى قمة المستوى المائل بزاوية 27° وتوفر لهم أكياس من القماش. يجلسون على الأكياس وينزلقون لأسفل المستوى الذي يصل طوله إلى 70. m في الوقت الذي يسير فيه ثلاثة أصدقاء بالقرب من مكان الانزلاق، يوجد رجل كتلته 135 kg وصبي كتلته 20 kg في القمة يستعدون للانزلاق لأسفل. يقول علي "أتعجب من أن الرجل سيستغرق وقتًا أقل في الانزلاق لأسفل عن الطفل". يجيب عمر "أعتقد أن الطفل سيستغرق وقتًا أقل". يرد عثمان "كلاكما على خطأ". "سيصلان إلى الأسفل في الوقت نفسه".

a. أجرِ تحليلاً مناسبًا لمعرفة من الأصح.

b. إذا لم يستغرق الرجل والولد الزمن نفسه وصولاً إلى الأسفل، فاحسب عدد الثواني التي تمثل الفارق بين الزمنين.

106. طرح مسألة أكمل هذه المسألة لكي يمكن حلها باستخدام جمع متجهات ذات بُعدين: "كان فارس ينظف غرفته عندما وجد بطاقة كرة السلة المفضلة لديه أسفل سريره ..."

107. مسألة معكوسة اكتب مسألة فيزياء تتناول أجسامًا من واقع الحياة يكون **الشكل 29** جزءًا من حلها.



الشكل 29

الكتابة في الفيزياء

108. تحقق من بعض الأساليب المستخدمة في مجال الصناعة بهدف تقليل الاحتكاك الناتج بين أجزاء الآلات المختلفة. صف اثنين أو ثلاثة من هذه الأساليب واشرح آلية عملها.

109. الألعاب الأولمبية في الأعوام الأخيرة، استخدم العديد من الرياضيين الأولمبيين، مثل العدائين والسباحين والمتزلجين والمتزحلقين على الجليد، معدات معدّلة بهدف تقليل تأثيرات الاحتكاك والهواء أو سحب الماء. ابحث عن قطعة من المعدات التي تستخدمها فئة واحدة من هؤلاء الرياضيين واشرح كيف تغيرت بمرور السنين. اشرح كيف أثرت الفيزياء في هذه التغييرات.

مراجعة تراكمية

110. أجرِ عملية الجمع أو الطرح أو الضرب أو القسمة المشار إليها وحدد الإجابة مستخدمًا العدد الصحيح من الأرقام المعنوية.

a. 4.7 g + 85.26 g

b. 0.608 km + 1.07 km

c. 186.4 kg − 57.83 kg

d. (9.8 N/kg)(1.26 kg)

e. $\frac{10\ \text{m}}{4.5\ \text{s}}$

111. تركب دراجتك لمدة 1.5 h بسرعة متوسطة تبلغ 10 km/h. ثم لمدة 30 min بسرعة 15 km/h. ما مقدار السرعة المتوسطة؟

112. تؤثر قوة تبلغ 45 N لأعلى على حقيبة كتلتها 2.0 kg. ما مقدار تسارع الحقيبة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 5 تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

1. ما المفردة المُستخدمة لوصف القوة التي تساوي مجموع قوتين أو أكثر؟

   A. عامل توازن **C.** قوة محصّلة

   B. قوة متعامدة **D.** قوة الشد

2. قرّر بعض الطلاب إنشاء عربة جر خشبية، للتزلج بها في مهرجان الشتاء. كتلتها 30.0 kg فوق زلاجة. إذا صعد عليها ركاب مجموع كتلهم 90.0 kg. فما مقدار القوة التي سيسحب بها الشخص العربة لكي تبدأ في الحركة؟ اعتبر أن معامل الاحتكاك السكوني بين زلاجة العربة والثلج هو 0.15.

   A. 1.8×10^{2} N **C.** 2.1×10^{3} N

   B. 3.1×10^{2} N **D.** 1.4×10^{4} N

3. إذا افترضنا أن أقل قوة لتحريك صندوق كتلته 50.0 kg على الأرض هي 280 N. فما معامل أقصى احتكاك سكوني بين الصندوق والأرض؟

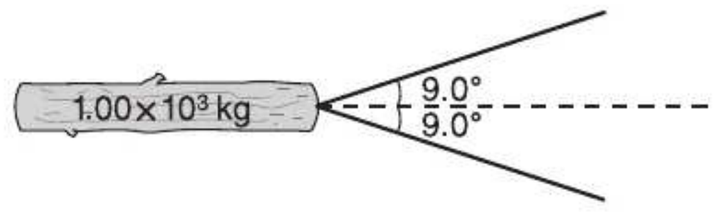
   A. 0.18 **C.** 1.8

   B. 0.57 **D.** 5.6

4. جراران يسحبان جذع شجرة كتلته 1.00×10^{3}kg كما هو موضح في الشكل أدناه. إذا كانت الزاوية المحصورة بين سلسلتي الجرارين 18.0° وكل جرار يسحب بقوة 8×10^{2} N. فما مقدار القوة المحصلة التي يؤثران بها على الجذع؟

   A. 250 N **C.** 1.58×10^{3} N

   B. 7.90×10^{2} N **D.** 9.80×10^{3} N



5. يحاول طيار الطيرانَ مباشرة في اتجاه الشرق بسرعة متجهة 800.0 km/h. إذا كانت سرعة الرياح القادمة من اتجاه الجنوب الغربي 80.0 km/h. فكم تبلغ السرعة المتجهة النسبية للطائرة بالنسبة إلى الأرض؟

   A. 804 km/h، 5.7° شمال الشرق

   B. 858 km/h، 3.8° شمال الشرق

   C. 859 km/h، 4.0° شمال الشرق

   D. 880 km/h، 45° شمال الشرق

6. أوجِد مقدار المركّبة الرأسية *y* لقوة مقدارها 95.3 N تؤثر بزاوية 57.1° بالنسبة إلى المستوى الأفقي؟

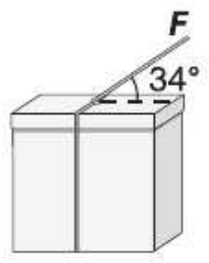
   A. 51.8 N **C.** 114 N

   B. 80.0 N **D.** 175 N

7. موضح في الشكل أدناه أن خيطًا يؤثر في صندوق بقوة 18 N يميل على المستوى الأفقي بزاوية 34°. ما مقدار المركّبة الأفقية للقوة المؤثرة في الصندوق؟

   A. 10 N **C.** 21.7 N

   B. 15 N **D.** 32 N



8. لاحظت لمياء أثناء قيادتها للدراجة الهوائية شجرة مكسورة تسد الطريق على بُعد 42 m. إذا كان معامل الاحتكاك بين إطارات دراجتها والطريق 0.36 وهي تقود دراجتها بسرعة 25.0 km/h. فما المسافة المطلوبة حتى تتوقف؟ مع العلم أن كتلة لمياء والدراجة معًا 95 kg.

   A. 3.0 m **C.** 6.8 m

   B. 4.5 m **D.** 9.8 m

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

9. بدأ رجل المشي من موقع يبعُد 310 m شمالاً عن سيارته في اتجاه الغرب لمدة 2.7 min وبسرعة ثابتة مقدارها 10 km/h. كم يبعُد الرجل عن السيارة عندما يتوقف؟

10. أراد أحمد أن يمنع طفلَه الذي كتلته 41.2 kg من الانزلاق على الدرابزين، فقرر أن يدهن الجزء العلوي من الدرابزين بمعجون لزج. زاد هذا المعجون مقدار معامل الاحتكاك السكوني إلى 0.72. فما مقدار قوة الاحتكاك السكوني التي تؤثر في الطفل إذا كان الدرابزين يميل على المستوى الأفقي بزاوية 52.4°؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 6

الشغل والطاقة والآلات

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

bkgd)Levent Konuk/Shutterstock.com)

الأقسام

1 الشغل والطاقة

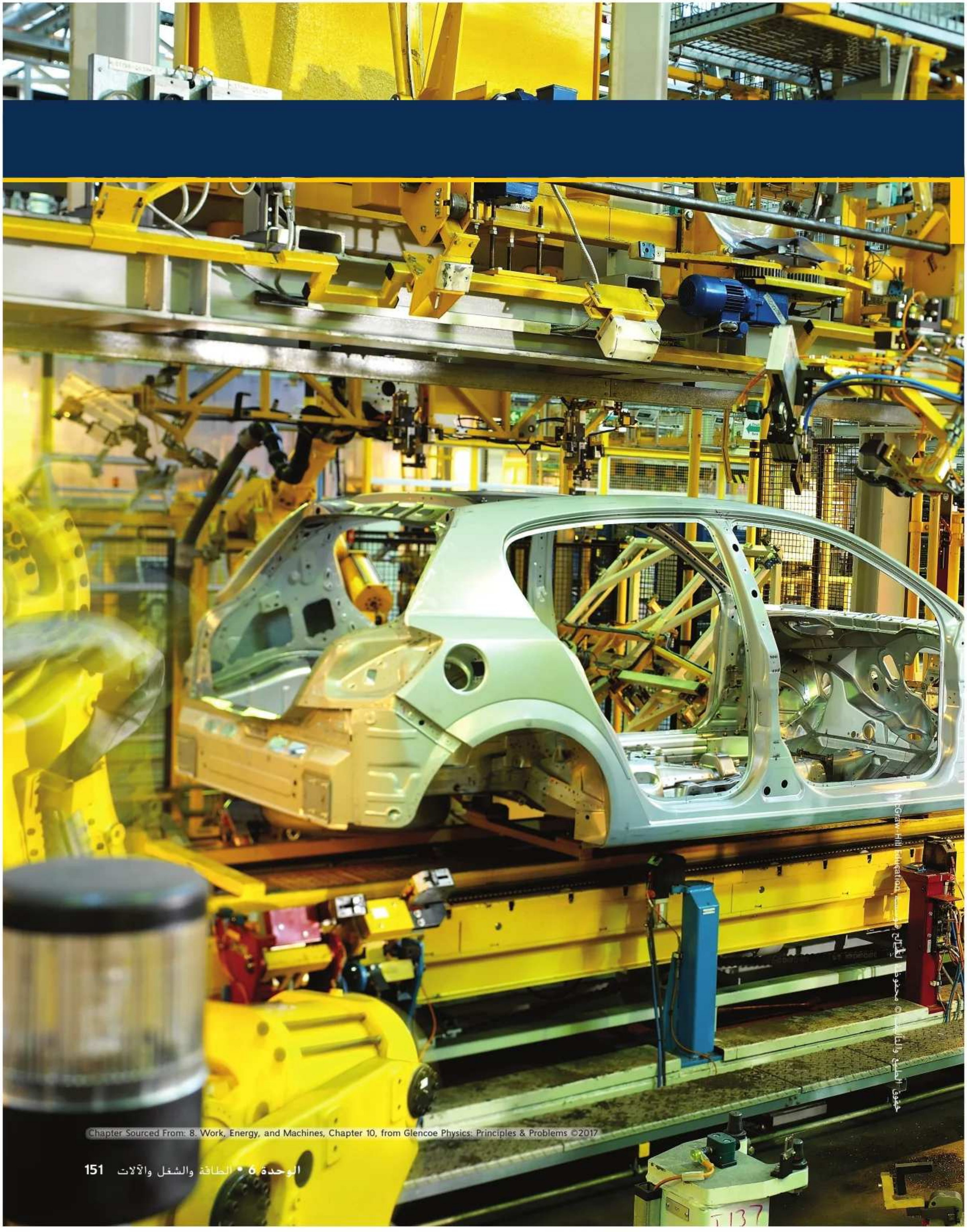
2 الآلات

التجربة الاستهلالية

الطاقة والسقوط

ما العوامل التي تؤثر في حجم الحفرة التي يحدثها الشهاب؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

القسم 1

الشغل والطاقة

Photodisc/Getty Images

الفيزياء في حياتك

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

الشغل

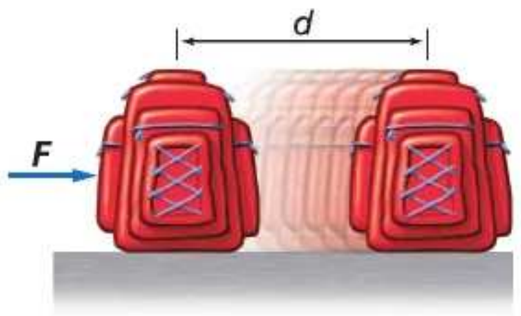
فكّر في قوة مبذولة على جسم ما أثناء تحرك الجسم مسافة معينة، مثل حقيبة الكتب في **الشكل 1**. ولوجود قوة محصّلة، يتسارع الجسم $a = \frac{F}{m}$. وتتغير سرعته المتجهة. تذكر من دراستك للحركة أن التسارع والسرعة المتجهة والمسافة مرتبطة بمعادلة $v_f^2 = v_i^2 + 2ad$. يمكن كتابة ذلك كمعادلة $2ad = v_f^2 - v_i^2$.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

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

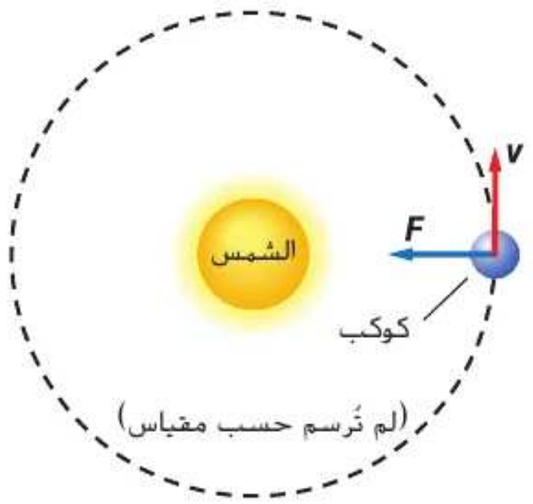
تسمى وحدة النظام الدولي للوحدات لقياس الشغل **الجول** (J). والجول الواحد يساوي 1 N•m. يُبذل جول واحد من الشغل عندما تؤثر قوة مقدارها 1 N في نظام ما عبر إزاحة مقدارها 1 m. فالتفاحة التي تزن حوالي 1 N، تحتاج إلى قوة مقدارها 1 N تقريبًا لرفعها بسرعة متجهة ثابتة. لذلك، عندما ترفع تفاحة مسافة 1 m بسرعة متجهة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

الشكل 1 يتم الشغل عند تطبيق قوة باتجاه إزاحة.

حدّد مثالًا آخر عندما تبذل قوة شغلًا على جسم ما.



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



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

الفكرة الرئيسة

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

الأسئلة الرئيسة

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

مراجعة المفردات

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

مفردات جديدة

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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

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

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

يرتبط مقدار المكون الأفقي (F_x) بمقدار القوة المطبقة (F) من خلال دالة جيب تمام: $\cos 25.0° = \frac{F_x}{F}$.

وبإيجاد F_x، تحصل على

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

وباستخدام الطريقة نفسها، يساوي المكون الرأسي

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

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

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

$$W = Fd \cos \theta$$

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

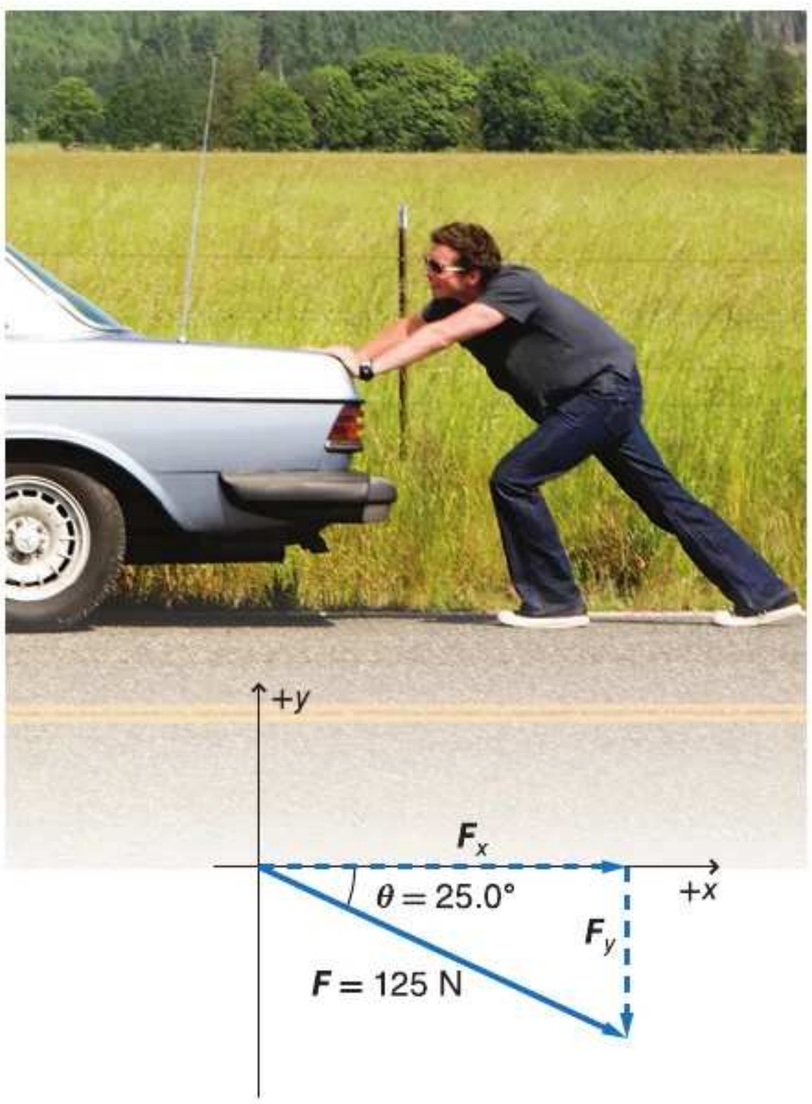
لاحظ أن المعادلة الواردة أعلاه تتوافق مع توقعاتنا للقوى الثابتة المبذولة في اتجاه الإزاحة والقوى الثابتة المتعامدة على الإزاحة. في مثال حقيبة الكتب، $\theta = 0°$ و$\cos 0° = 1$. لذلك، $W = Fd(1) = Fd$. تمامًا كما وجدناها من قبل. في حالة الكوكب المداري، $\theta = 90°$ و$\cos 90° = 0$. لذلك، $W = Fd(0)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

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الشغل (work)

- **الاستخدام العلمي** القوة المبذولة باتجاه إزاحة
  قام الطلاب ببذل شغل على السيارة، بدفعها خارج الوحل.
- **الاستخدام العام** جهد بدني أو عقلي
  يمكن أن تتطلب دراسة الفيزياء الكثير من الشغل.



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

Bjorn Vinter/UpperCut Images/Getty Images
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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

عند تطبيق عدة قوى على نظام ما، احسب الشغل الذي تبذله كل قوة ثم اجمع النتائج. في الصندوق الموجود في **الشكل 3**، نجد أن قوتي الدفع لأعلى ولأسفل (الجاذبية والقوة العمودية) متعامدتان ($\theta = 90°$) على اتجاه الحركة ولا يبذلان شغلًا. وبالنسبة إلى هذه القوى، $\theta = 90°$، مما يجعل $\cos\theta = 0$. لذا فإن، $W = 0$.

تكون القوة ($F_{\text{أحمد}}$) في اتجاه الإزاحة. ولهذا يساوي الشغل الذي يبذله أحمد $W_{\text{أحمد}} = F_{\text{أحمد}}\, d$.

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

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

حيث يمثل الشغل الكلي المبذول على الصندوق

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

التأكد من فهم النص **اشرح** لماذا تبذل شغلًا موجبًا على الصندوق ويبذل صديقك شغلًا سالبًا.

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

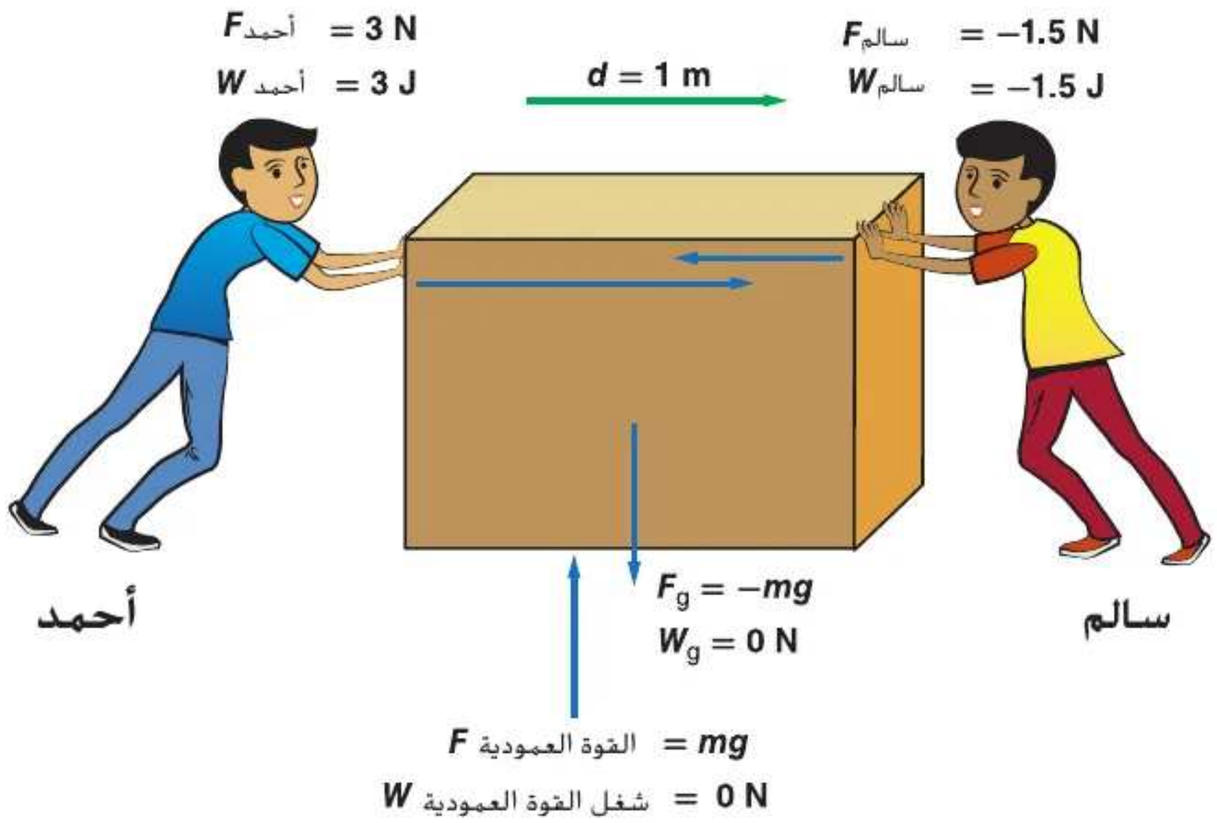
قد يكون ذلك صحيحًا إذا كانت القوة التي بذلتها ثابتة، لكن قوتك غيرت الاتجاه. وكانت دفعتك في اتجاه حركة الصندوق للجزء الأول، لذلك بذلت شغلًا بمقدار 3 J. وفي الجزء الثاني، انعكس اتجاه كل من القوة التي بذلتها واتجاه الحركة. وكانت دفعتك وحركة الصندوق في الاتجاه نفسه، وبذلت شغلًا بمقدار 3 J على الصندوق. لذلك،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

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

تجربة مصغرة

القوة المطبقة بزاوية

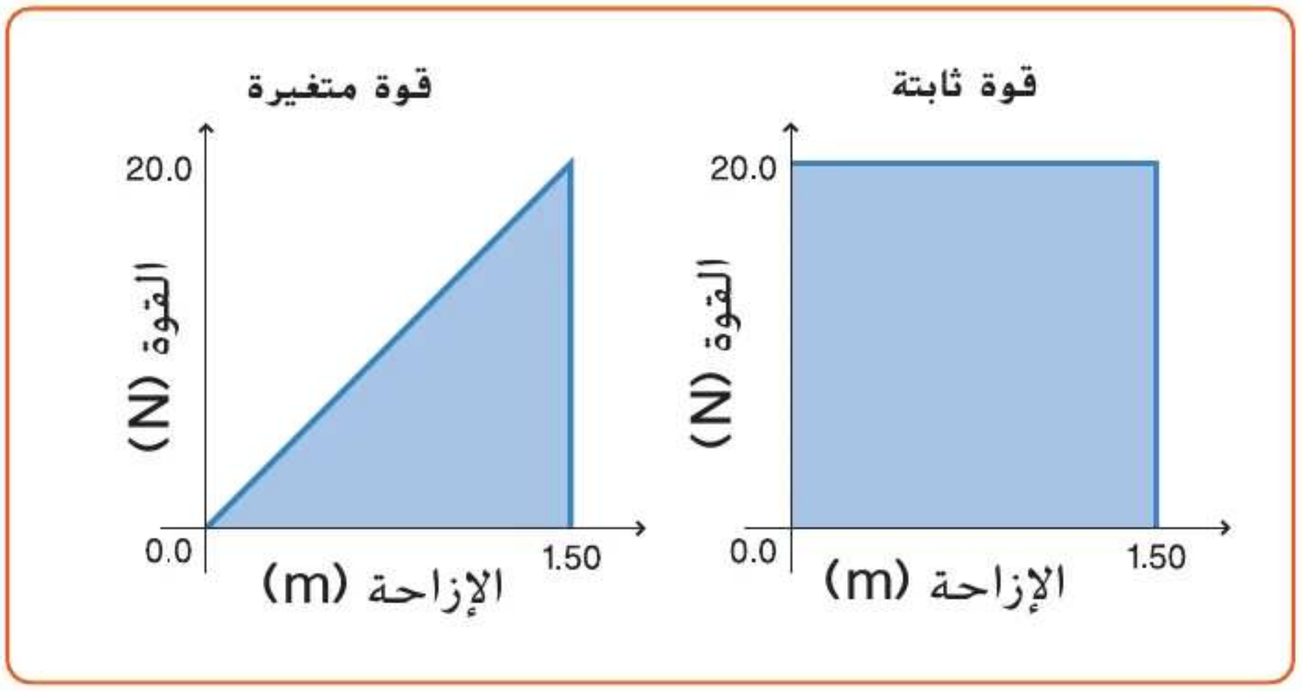
كيف يؤثر اتجاه القوة في كمية الشغل المبذول على الجسم؟



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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

Caspar Benson/Getty Images

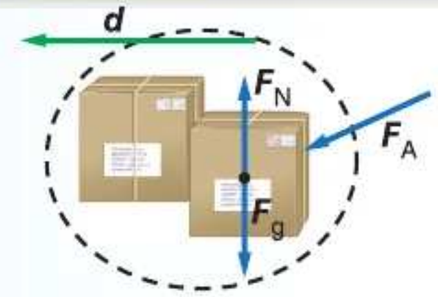
إيجاد الشغل المبذول عندما تتغير القوى في المثال الأخير، تغيرت القوة. لكننا نستطيع تحديد الشغل المبذول في كل مقطع. لكن ماذا إذا تغيرت القوة بشكل أكثر تعقيدًا؟ يتيح لك الرسم البياني للقوة في مقابل الإزاحة تحديد الشغل الذي تبذله قوة ما. يمكن توظيف الرسم البياني لحل المسائل التي تكون فيها القوة متغيرة. يوضح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

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

استراتيجيات | حل المسائل

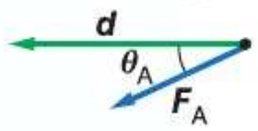
الشغل

عند حل مسائل تتعلق بالشغل، استخدم الاستراتيجيات التالية:



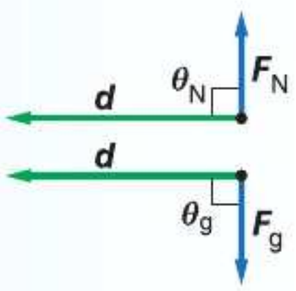
1. حدّد النظام وارسم مخططًا توضيحيًا له. ثم وضح القوى التي تبذل شغلًا على النظام.

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



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

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



5. احسب الشغل الكلي المبذول.

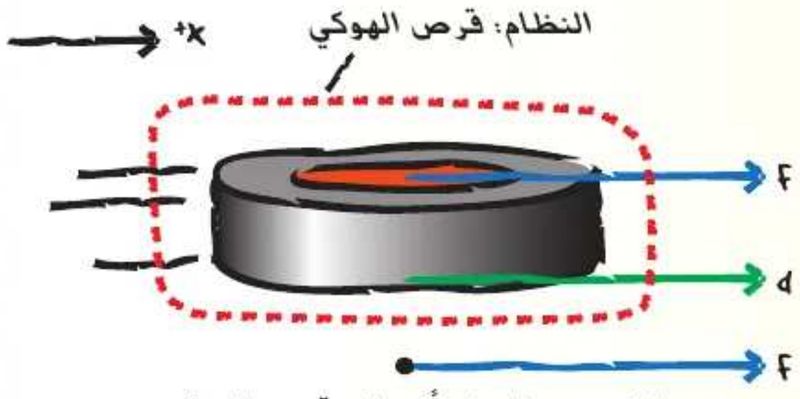
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

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

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

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



اللاعب يبذل شغلًا على قرص الهوكي.

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

2 إيجاد المجهول

استخدم تعريف الشغل.

$$W = Fd\cos\theta$$

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

$$= 0.675\ \text{N·m}$$

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

3 تقييم الإجابة

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

تطبيقات

1. راجع المثال 1 لحل المسألة التالية.

a. إذا بذل لاعب الهوكي ضعف القوة (9.00 N) على قرص الهوكي خلال المسافة نفسها، فكيف ستتأثر كمية الشغل الذي بذلته العصا على قرص الهوكي؟

b. إذا بذل لاعب الهوكي قوة مقدارها 9.00 N ولكن بقيت العصا ملامسة للقرص لنصف المسافة فقط (0.075 m)، فما مقدار الشغل الذي تبذله العصا على القرص؟

2. يبذل طالبان معًا قوة مقدارها 825 N لدفع سيارة مسافة 35 m.

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله الطالبان على السيارة؟

b. إذا تضاعفت قوتهما، فما مقدار الشغل الذي يجب أن يبذلاه على السيارة لدفعها للمسافة نفسها؟

3. تحمل متسلقة صخور حقيبة ظهر كتلتها 7.5 kg أثناء تسلق منحدر صخري وبعد 30.0 min وصلت المتسلقة إلى ارتفاع 8.2 m فوق نقطة البداية.

a. ما مقدار الشغل الذي تبذله المتسلقة على حقيبة الظهر؟

b. إذا كان وزن المتسلقة 645 N، فما مقدار الشغل الذي بذلته لرفع نفسها وحقيبة الظهر؟

4. مسألة تحفيزية تدفع نوف صندوقًا كتلته 3.0 kg مسافة 7.0 m على الأرض بقوة مقدراها 12 N ثم ترفع الصندوق لتضعه فوق رف على ارتفاع 1 m فوق سطح الأرض. فما مقدار الشغل الذي تبذله نوف على الصندوق؟

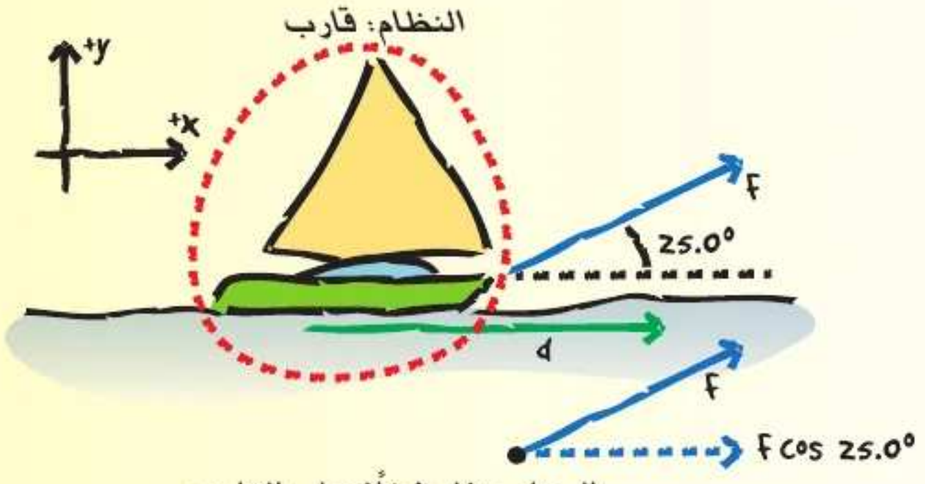
tr)Design Pics/Don Hammond, (b)Fuse/Getty Images)
McGraw-Hill Education
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 2

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

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

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



البحار يبذل شغلًا على القارب.

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

2 إيجاد المجهول

استخدم تعريف الشغل.

$$W = Fd\cos\theta$$

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

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

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

3 تقييم الإجابة

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

تطبيقات

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

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

7. يحمل راكب طائرة حقيبة سفر وزنها 215 N إلى أعلى السُلّم. وتبلغ الإزاحة 4.20 m رأسيًا و4.60 m أفقيًا.

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

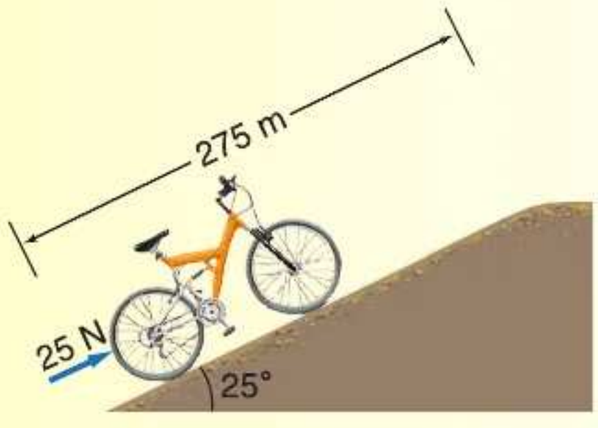
b. حمل الراكب نفسه حقيبة السفر نفسها مرة أخرى ونزل بها السلالم نفسها. ما مقدار الشغل الذي بذله الراكب على حقيبة السفر لحملها إلى أسفل السُلّم؟

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

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

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله الراكب على الدراجة؟

b. ما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على الدراجة؟



الشكل 5

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

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الطاقة

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

الطاقة

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

حيث يشير الطرف الأيمن من المعادلة. $\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$ ، إلى حدوث تغير في نوع معين من الطاقة. أي أن الشغل يسبب تغيّرًا في الطاقة. ويسمى هذا **نظرية الشغل – الطاقة**، والتي تنص على أنه إذا بُذل شغل على نظام ما، فتكون النتيجة حدوث تغيّر في طاقة النظام. ويمكن تمثيل هذه النظرية بالمعادلة التالية.

نظرية الشغل – الطاقة

الشغل المبذول على نظام ما يساوي التغير في طاقة النظام.

$$W = \Delta E$$

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

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

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

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

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

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

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

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

PCN Photography/Alamy

McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القدرة

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

القدرة

تساوي القدرة تغير الطاقة مقسومًا على الزمن اللازم لحدوث التغير.

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

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

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

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

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

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

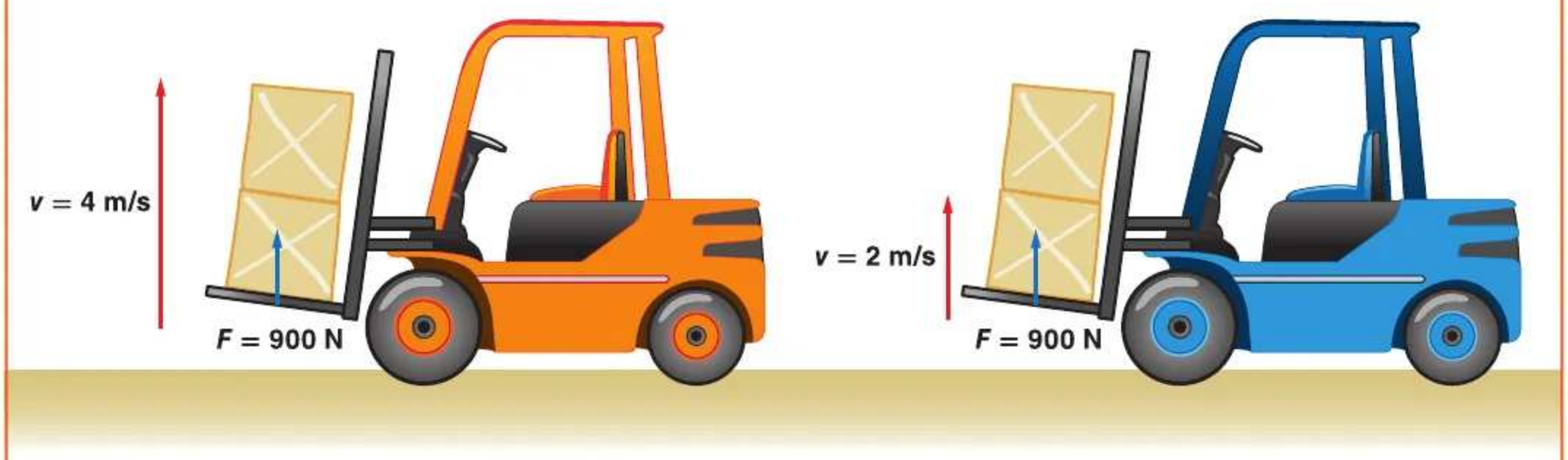
القدرة

- **الاستخدام العلمي** معدل انتقال الطاقة يجب أن يوفر محرك المصعد ما يكفي من الطاقة لرفع 1500 kg إلى أعلى المبنى خلال 25 ثانية.
- **الاستخدام العام** السلطة القانونية أو الرسمية
  مثال: يمتلك المجلس التشريعي القدرة على سن القوانين

مختبر الفيزياء

صعود السلالم والقدرة

ما القدرة القصوى التي يمكنك تحقيقها أثناء صعود السلالم؟



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

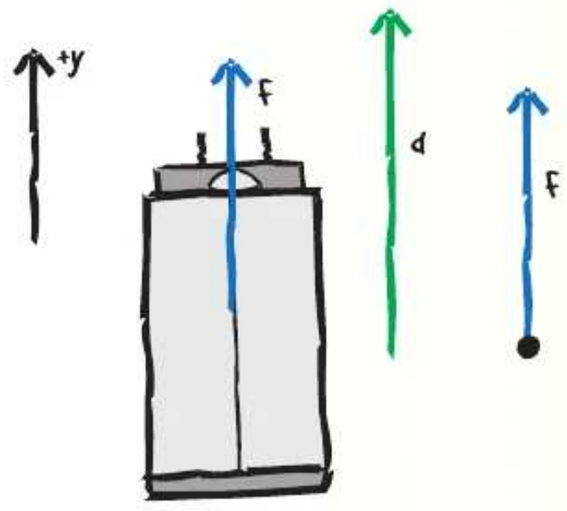
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 3

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

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

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



المعلوم	المجهول
$d = 9.00$ m	$P = ?$
$t = 15.0$ s	
$F = 1.20\times10^4$ N	

2 إيجاد المجهول

استخدم تعريف القدرة.

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

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

◄ بالتعويض $W = Fd\cos 0° = Fd$

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

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

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

3 تقييم الإجابة

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

تطبيقات

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

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

a. ما مقدار القدرة التي تولدها؟

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

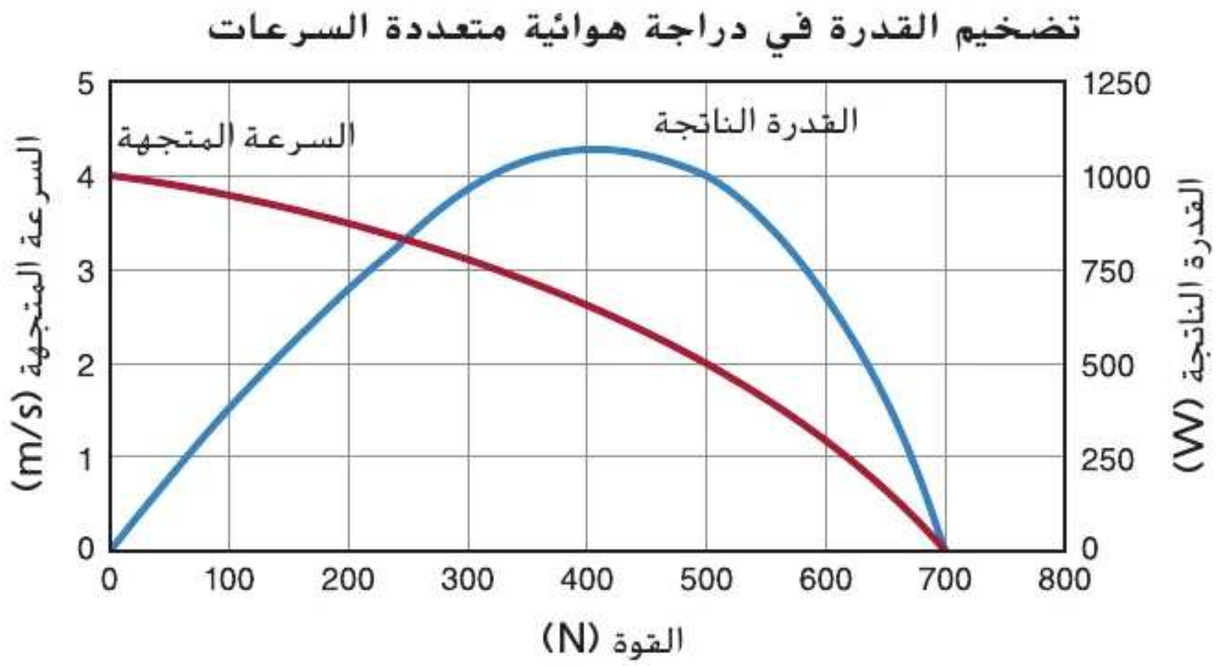
12. ما مقدار القدرة التي تولدها مضخة لرفع 35 L من الماء كل دقيقة من عمق 110 m؟ (كل 1 L من الماء تبلغ كتلته 1.00 kg)

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

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

الشكل 8

(t)TongRo Images/Alamy, (b)Zentilia/Shutterstock.com
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



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

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

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

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

الفيزياء في الحياة اليومية

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

القسم 1 مراجعة

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

16. **الشغل** يدفع سالم جسمًا كتلته 20 kg مسافة 10 m على أرضية بقوة أفقية مقدارها 80 N. احسب مقدار الشغل الذي يبذله سالم على الكتلة.

17. **الشغل** افترض أنك تدفع سيارة متوقفة. وأثناء حركة السيارة، تحتاج إلى قوة أقل وأقل كي تستمر في الحركة. خلال أول 15 m تناقصت قوتك بمعدل ثابت من 210.0 N إلى 40.0 N. فما مقدار الشغل الذي بذلته على السيارة؟ ارسم رسمًا بيانيًا للقوة – الإزاحة لتمثيل الشغل المبذول خلال هذه الفترة.

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

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

20. **الشغل والقدرة** هل يعتمد الشغل اللازم لرفع كتاب إلى رف عالٍ على مقدار سرعة رفعه؟ وهل تعتمد القدرة اللازمة لرفع الكتاب على سرعة رفعه؟ اشرح.

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

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

23. **الشغل** تحمل أنت وصديقك صندوقين متماثلين من الطابق الأول في المبنى إلى غرفة تقع في الطابق الثاني عند نهاية الممر. واخترت أن تحمل الصندوق أولًا وتصعد به على السلالم ثم تسير عبر الممر إلى الغرفة. أما صديقك فقد حمل صندوقه من الممر في الطابق الأول ثم صعد سلّما مختلفًا حتى وصل إلى الطابق الثاني. كيف تقارن بين كميتي الشغل الذي بذلتماه على الصندوقين؟

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

الآلات

الفيزياء في حياتك

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

الفكرة الرئيسة

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

الأسئلة الرئيسة

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

مفردات للمراجعة

الشغل (work) قوة مبذولة عبر مسافة ما

مراجعة المفردات

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

فوائد الآلات

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

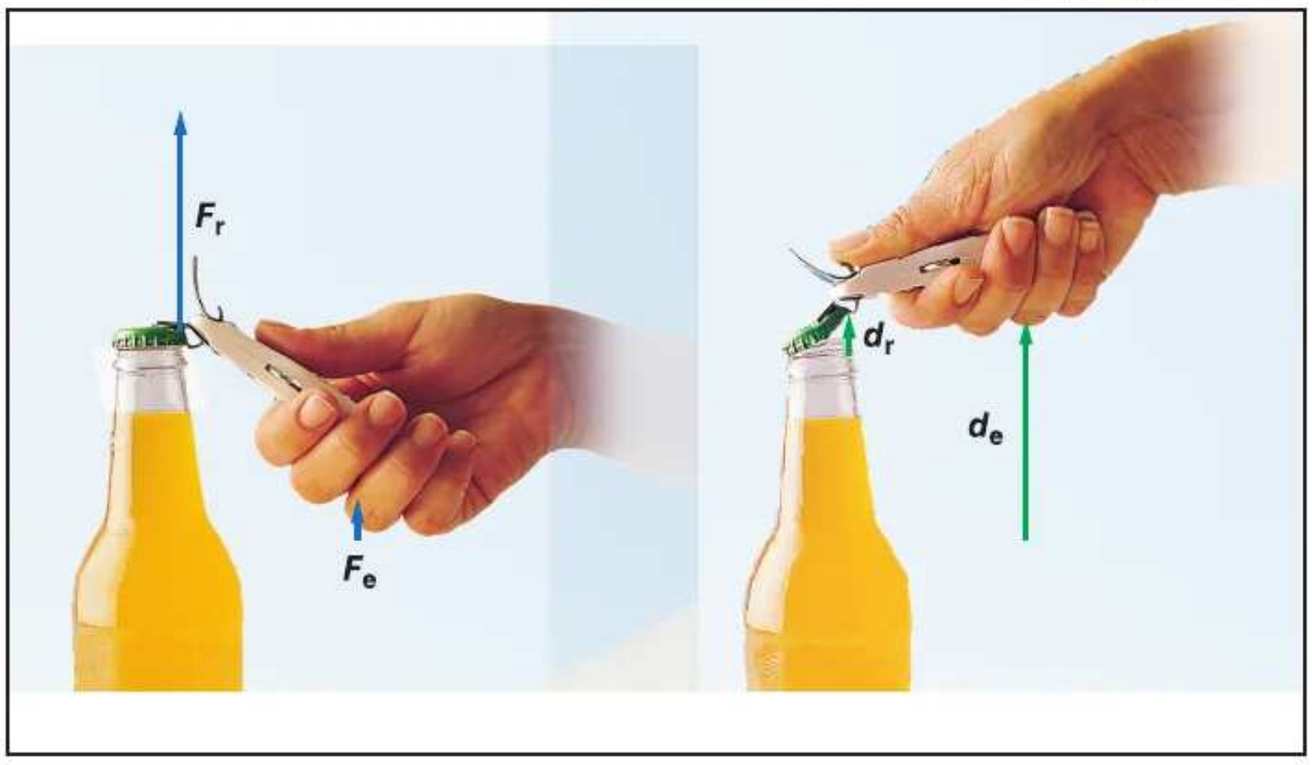
تذكر أن الشغل ينقل الطاقة. فعندما تبذل شغلًا على فتاحة الزجاجات، تنقل الطاقة إليها. وتبذل الفتاحة شغلًا على الغطاء وتنقل الطاقة إليه. ليست الفتاحة مصدرًا للطاقة. لذلك، لا يستطيع الغطاء اكتساب طاقة تزيد عن الطاقة التي تضعها في الفتاحة. ومن ثَمَّ، لا يمكن أن يكون الشغل الناتج أكبر من الشغل المبذول. وتساعد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

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

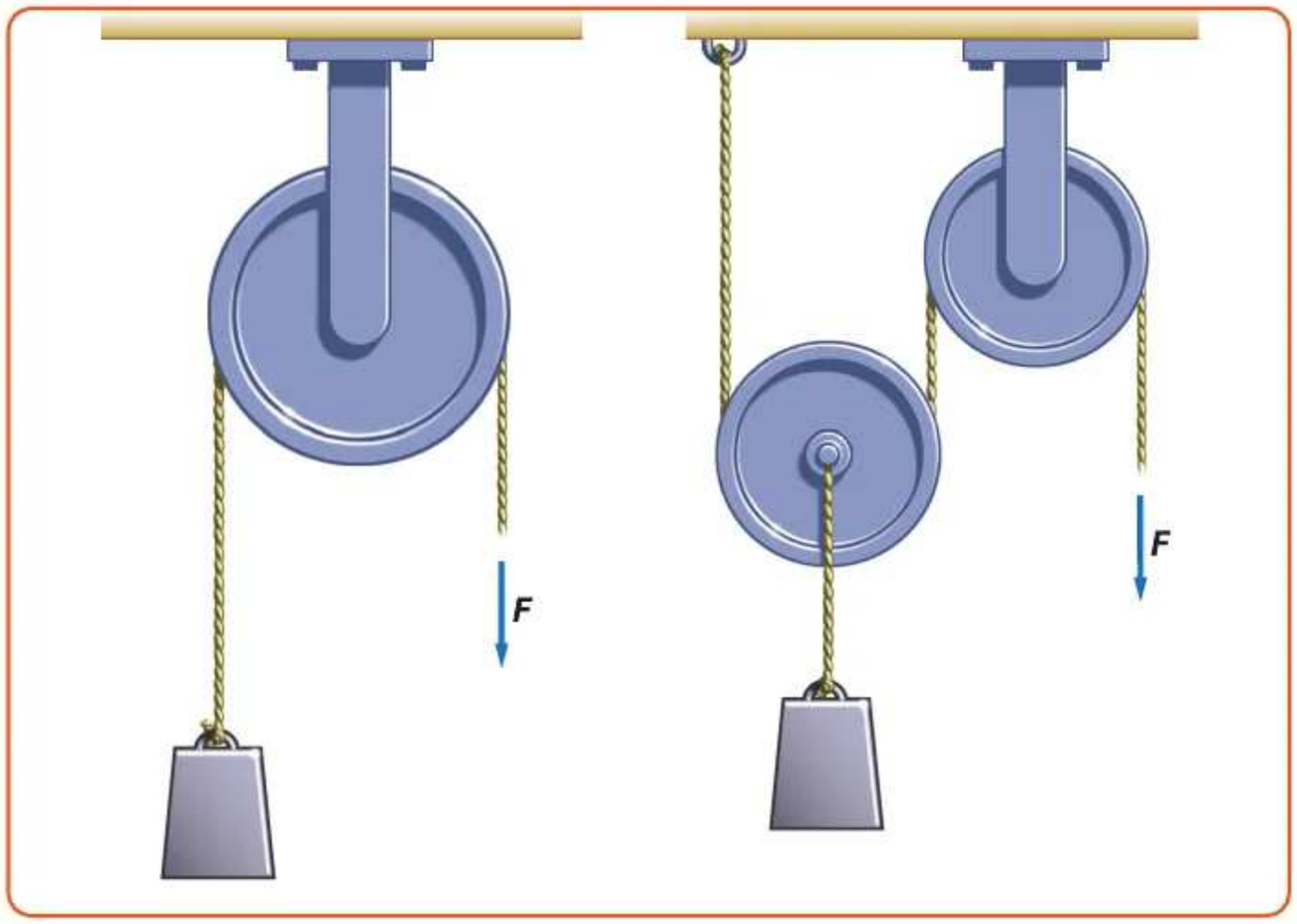
الفائدة الميكانيكية الفائدة الميكانيكية للآلة تساوي ناتج قسمة قوة المقاومة على قوة الجهد.

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

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



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



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

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

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

الفائدة الميكانيكية المثالية تستطيع الآلة زيادة القوة، لكنها لا تستطيع زيادة الطاقة. ونظرًا لأن الآلة المثالية تنقل كل الطاقة، فإن الشغل الناتج يساوي الشغل المبذول: $W_o = W_i$. حيث إن الشغل المبذول يساوي حاصل ضرب قوة الجهد والإزاحة التي تعمل من خلالها قوة الجهد: $W_i = F_e d_e$. الشغل الناتج يساوي حاصل ضرب قوة المقاومة والإزاحة التي تعمل من خلالها قوة المقاومة. $W_o = F_r d_r$. وباستبدال هذه التعابير بـ $W_o = W_i$ فستحصل على $F_r d_r = F_e d_e$. ويمكن إعادة كتابة هذه المعادلة على الشكل $\frac{F_r}{F_e} = \frac{d_e}{d_r}$.

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

الفائدة الميكانيكية المثالية

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

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

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

مختبر الفيزياء

الرفع باستخدام البكرات

كيف يؤثر ترتيب نظام البكرات في فائدتها الميكانيكية المثالية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الكفاءة (efficiency)

- **الاستخدام العلمي**
  نسبة الشغل الناتج إلى الشغل المبذول.
  كفاءة نظام البكرات تساوي *86* بالمئة.
- **الاستخدام العام**
  الإنتاج بدون إهدار
  تستهلك الغسالة الجديدة ذات الكفاءة العالية مياهًا وكهرباء أقل مقارنة بالغسالة القديمة.

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

الكفاءة
تساوي كفاءة الآلة (كنسبة مئوية) الشغل الناتج مقسومًا على الشغل المبذول ومضروبًا في العدد 100.

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

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

يمكن التعبير عن الكفاءة من حيث الفائدة الميكانيكية والفائدة الميكانيكية المثالية. ويمكن إعادة كتابة الكفاءة، $e = \frac{W_o}{W_i}$. على النحو التالي:

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

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

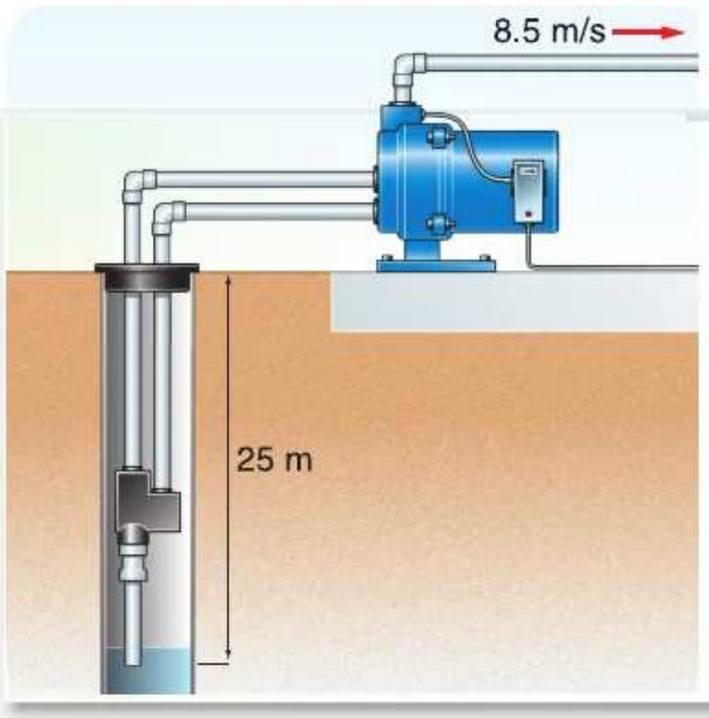
الكفاءة
إن كفاءة الآلة (كنسبة مئوية) تساوي فائدتها الميكانيكية مقسومة على فائدتها الميكانيكية المثالية ومضروبة في العدد 100.

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

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

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

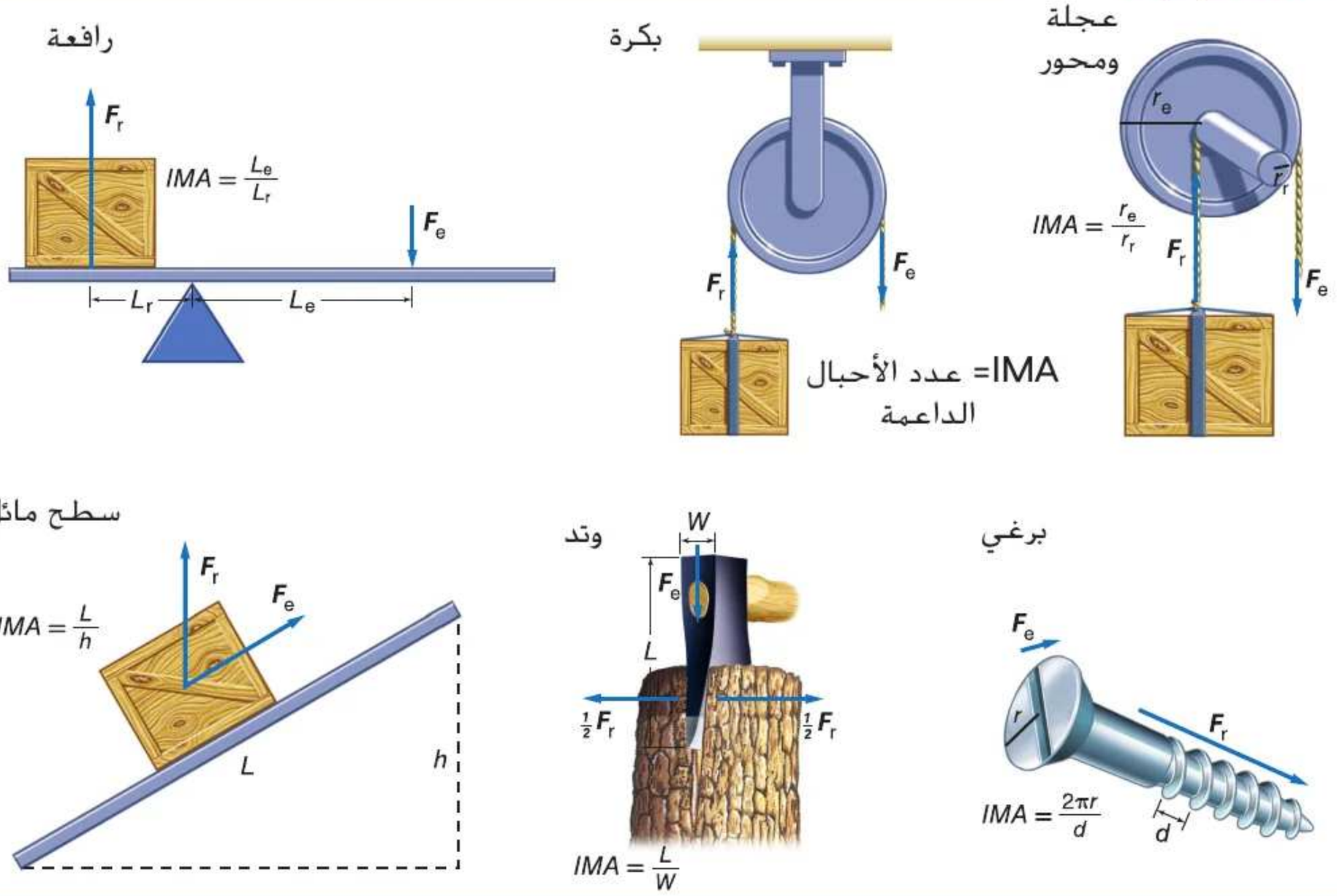
مسألة تحفيزية



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

1. فما القدرة اللازمة لرفع الماء إلى السطح؟
2. وما مقدار القدرة اللازمة لزيادة الطاقة الحركية للمياه؟
3. إذا كانت كفاءة المضخة بمقدار 80 بالمئة، فما مقدار القدرة التي يجب تزويد المضخة بها؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الآلات المركبة

تتركب معظم الآلات، بغض النظر عن مستوى تعقيدها، من تركيبات تضم واحدة أو أكثر من الآلات الست البسيطة التالية: الرافعة والبكرة والعجلة والمحور والمستوى المائل والوتد والبرغي. ويوضح **الشكل 12** هذه الآلات.

تمثل الفائدة الميكانيكية المثالية لكل الآلات الموضحة في **الشكل 12** نسبة إزاحة قوة الجهد إلى إزاحة قوة المقاومة. بالنسبة إلى آلات كالرافعة والعجلة والمحور، يمكن استبدال هذه النسبة بنسبة بعد نقاط تأثير القوى عن نقطة الارتكاز (نسبة المسافات L_e و L_r). وتعتبر إحدى النسخ الشائعة للعجلة والمحور عجلة القيادة، مثل المبينة في **الشكل 13**. وتمثل الفائدة الميكانيكية المثالية النسبة بين نصفي قطر العجلة والمحور.

الآلة المركبة هي آلة تتكون من آلتين بسيطتين أو أكثر ترتبطان معًا بطريقة تجعل قوة مقاومة إحدى هذه الآلات تعمل كقوة جهد للآلة الثانية. تمثل بعض أمثلة الآلات المركبة المقص (أوتاد ورافعات) والعربات اليدوية (رافعة وعجلة ومحور).

☑ **التأكد من فهم النص** **قارن وقابل بين** الآلات البسيطة والآلات المركبة.

الشكل 12 يجعل كل نوع آلة بسيطة العمل أسهل عن طريق تغيير اتجاه أو مقدار القوة. لاحظ أن الفائدة الميكانيكية المثالية لكل آلة تتعلق بخصائص الآلة. على سبيل المثال، تساوي الفائدة الميكانيكية المثالية للرافعة طول ذراع الجهد (L_e) مقسومًا على طول ذراع المقاومة (L_r). وبالمثل، تساوي الفائدة الميكانيكية المثالية للوتد طوله (L) مقسومًا على عرضه (W).

حدّد مثالًا يوميًا لكل آلة بسيطة.

الشكل 13 تعد عجلة القيادة مثالًا للعجلة والمحور. وفائدتها الميكانيكية المثالية تساوي $\frac{r_e}{r_r}$.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

تجربة مصغرة

العجلة والمحور

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

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

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

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

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

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

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

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

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

فبالنسبة إلى ناقل حركة الدواسة فإن:

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

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

وأما بالنسبة إلى الدراجة فإن:

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

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

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

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

مثال 4

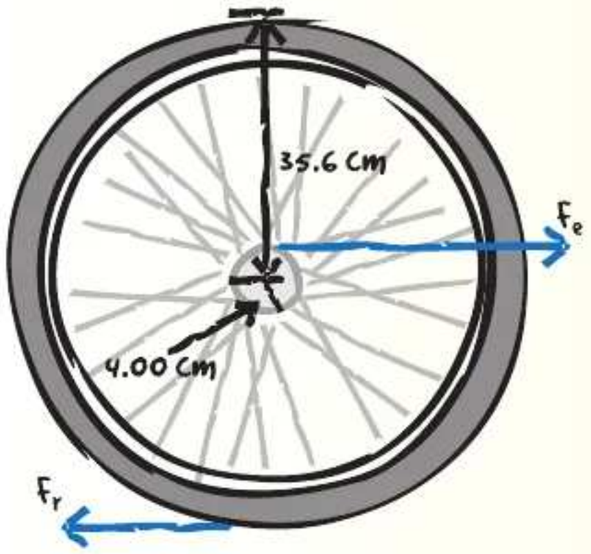
الفائدة الميكانيكية لنفترض أنك تفحص العجلة الخلفية لدراجتك. يبلغ نصف قطر العجلة 35.6 cm ونصف قطر ناقل الحركة 4.00 cm وعندما تسحب السلسلة بقوة مقدارها 155 N، تتحرك حافة العجلة مسافة 14.0 cm. وتبلغ كفاءة هذا الجزء من الدراجة 95.0 بالمئة.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للعجلة وناقل الحركة؟

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية للعجلة وناقل الحركة؟

c. ما مقدار قوة المقاومة؟

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



1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

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

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

2 إيجاد المجهول

a. أوجد قيمة الفائدة الميكانيكية المثالية.

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

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

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

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

b. أوجد قيمة الفائدة الميكانيكية.

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

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

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

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

c. أوجد قيمة القوة.

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

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

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

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

d. أوجد قيمة المسافة.

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

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

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

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

3 تقييم الإجابة

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

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

تطبيقات

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

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

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للوتد؟

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية للوتد؟

c. احسب كفاءة الوتد باعتباره آلة.

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

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية للبكرة؟

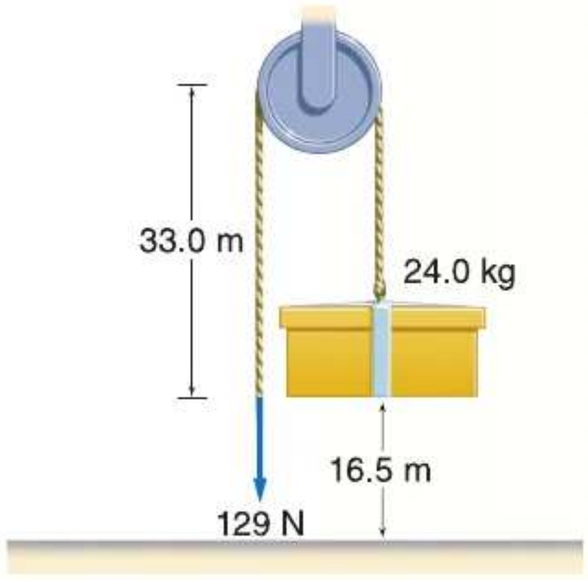
b. ما مقدار كفاءة البكرة؟

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

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية لهذه الآلة؟

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

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



الشكل 15

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

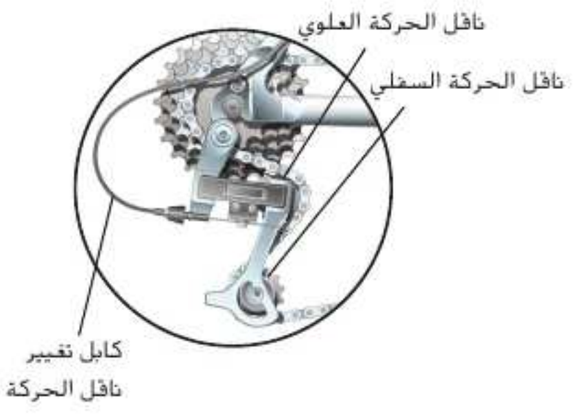
ولزيادة الفائدة الميكانيكية المثالية، يحتاج الراكب إلى جعل نصف قطر ناقل الحركة الخلفي كبيرًا مقارنة بنصف قطر ناقل الحركة الأمامي (ارجع إلى معادلة *IMA* الواردة سابقًا في القسم). وعندما يبذل الراكب القوة نفسها، تبذل العجلة قوة أكبر على الطريق. مع ذلك، يجب على الراكب تدوير الدواسات خلال عدد أكبر من الدورات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

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

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

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

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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

آلة المشي البشرية

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

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

يوضح **الشكل 17** هذه الأجزاء المكونة لنظام الرافعة في ساق بشرية.

أنظمة الرفع في جسم الإنسان ليست عالية الكفاءة وفوائدها الميكانيكية قليلة. وهذا يفسر سبب حاجة المشي والعدو البطيء إلى طاقة (حرق السعرات الحرارية) ويساعد الأشخاص على فقدان الوزن.

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

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

الشكل 17 وظيفة ساق وقدم الإنسان باعتبارها آلة مركبة.

Pete Gardner/Digital Vision/Getty Images

القسم 2 مراجعة

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

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

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

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

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

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

a. للانطلاق بالدراجة، يجب عليك التسارع بها ومن ثَمَّ تحتاج إلى أن تجعل الدراجة تبذل أكبر قوة ممكنة. فهل ينبغي أن تختار ناقل حركة صغيرًا أم كبيرًا؟
b. عندما تصل إلى سرعة الحركة المناسبة، فإنك تريد تدوير الدواسات أقل عدد ممكن من الدورات. فهل ينبغي أن تختار ناقل حركة صغيرًا أم كبيرًا؟
c. تمنحك أيضًا العديد من الدراجات فرصة اختيار حجم ناقل الحركة الأمامي. فإذا كنت بحاجة إلى قوة أكبر لتحدث تسارعًا أثناء صعود تل، فهل تنتقل إلى ناقل حركة أمامي أكبر أم أصغر؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

disADVANTAGE?

(br) Image Source, all rights reserved. (bkgd) Design Pics/Con Tanasiuk
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف ©

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

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

الشكل 2 عندما تصطدم القدم الاصطناعية بالأرض، فإنها تنضغط وتخزّن الطاقة من آثر الاصطدام.

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

هل من الأسهل الجري باستخدام أطراف اصطناعية؟

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

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

لمزيد من التعمق >>>

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

الوحدة 6 دليل الدراسة

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

القسم 1 الشغل والطاقة

المفردات

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

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

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

$$W = Fd\cos\theta$$

يمكن تحديد مقدار الشغل المبذول بحساب المساحة أسفل الرسم البياني للقوة - الإزاحة.

- الطاقة هي قدرة نظام ما على إحداث تغيير في نفسه أو في بيئته. الجسم المتحرك له طاقة حركية. الأجسام التي يتغير موقعها لها طاقة حركية انتقالية.

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

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

$$W = \Delta E$$

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

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

القسم 2 الآلات

المفردات

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

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

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

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

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

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

- كفاءة الآلة هي نسبة الشغل الناتج إلى الشغل المبذول.

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

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 6 التقويم

القسم 1 الشغل والطاقة

إتقان المفاهيم

35. ما وحدات قياس الشغل؟

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

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

38. عرّف الشغل والقدرة.

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

إتقان حل المسائل

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

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

42. **لعبة شد الحبل** أثناء ممارسة لعبة شد الحبل، يبذل الفريق (أ) شغلًا بمقدار 2.20×10^5 J في سحب الفريق (ب) مسافة 8.00 m. فما متوسط القوة التي بذلها الفريق (أ)؟

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

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

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

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

a. احسب الشغل المبذول على الكتلة.

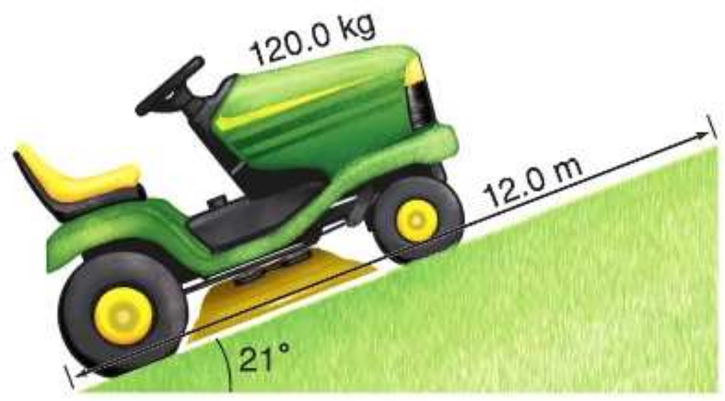
b. احسب القدْرة المُكتسبة.

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

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

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

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

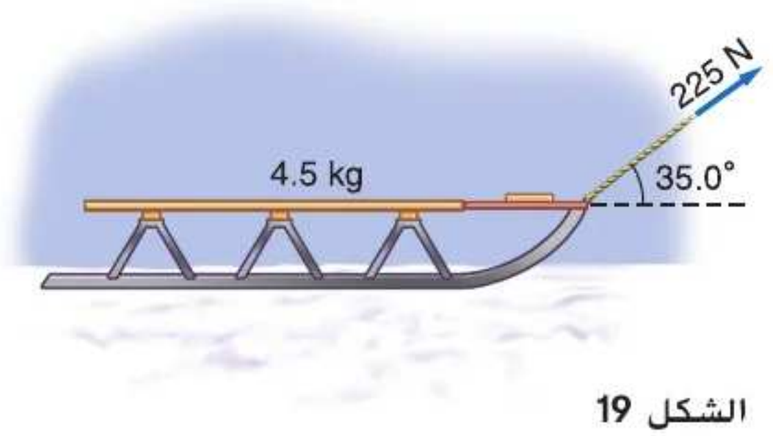


الشكل 18

51. تقوم بسحب صندوق أعلى منحدر بزاوية 30.0° إلى ارتفاع رأسي يبلغ 1.15 m. وتبذل قوة موازية للمنحدر بمقدار 225 N. فيتحرك الصندوق بسرعة ثابتة. يبلغ معامل الاحتكاك 0.28. ما مقدار الشغل الذي تبذله على الصندوق؟

52. يتم نقل بيانو يزن 4.2×10^3 N أعلى منحدر بمسافة 3.5 m بسرعة ثابتة باستخدام عربة. يشكل المنحدر زاوية قياسها 30.0° على المستوى الأفقي. أوجد الشغل الذي يبذله رجل يدفع العربة التي تحمل البيانو لأعلى المنحدر.

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



الشكل 19

54. **السلم المتحرك** تبلغ كتلة علياء 52 kg. وتركب السلم المتحرك في مدينة ألعاب، بطول 227 m وزاوية ميله تساوي 31°.

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

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

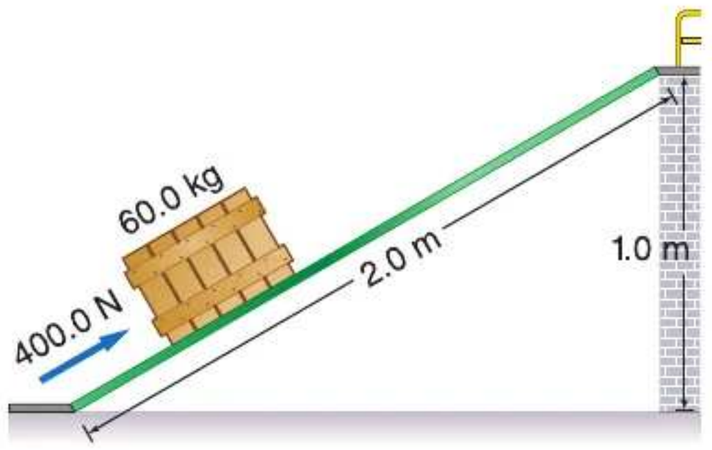
55. جزازة العشب الأسطوانية جزازة عشب أسطوانية تُدفع عبر مرج من الأعشاب بقوة 115 N في اتجاه المقبض أعلى المستوى الأفقي بزاوية 22.5°. إذا اكتُسبت قدْرة مقدارها 64.6 W لمدة 90.0 s. فما المسافة التي تحركتها الجزازة؟

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

57. يسحب خالد صندوقًا أعلى منحدر مائل يستند إلى منصة. كما هو مُوضح في **الشكل 20**. يلزم بذل قوة بمقدار 400.0 N موازية للمنحدر، لسحب الصندوق لأعلى المنحدر بسرعة ثابتة.

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله خالد لسحب الصندوق إلى أعلى المنحدر؟

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



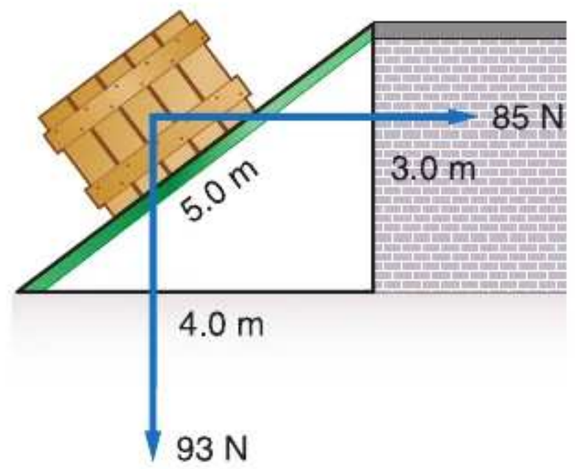
الشكل 20

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

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله العامل على الصندوق؟

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

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



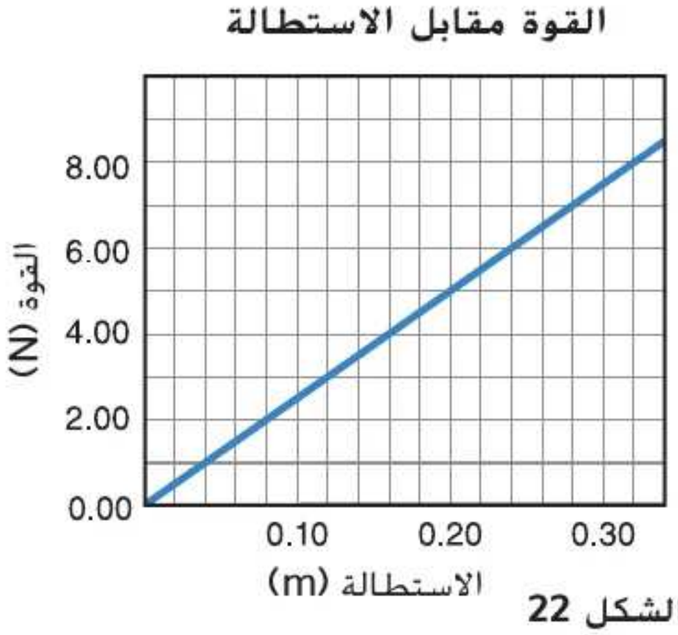
الشكل 21

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

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

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

c. وضّح أنه يمكن حساب الإجابة عن الجزء **b** باستخدام الصيغة $W = \left(\frac{1}{2}\right)kd^2$. حيث W تساوي الشغل، $k = 25\ \text{N/m}$ (ميل الرسم البياني)، وd هي المسافة التي تمدد خلالها الزنبرك (0.20 m).



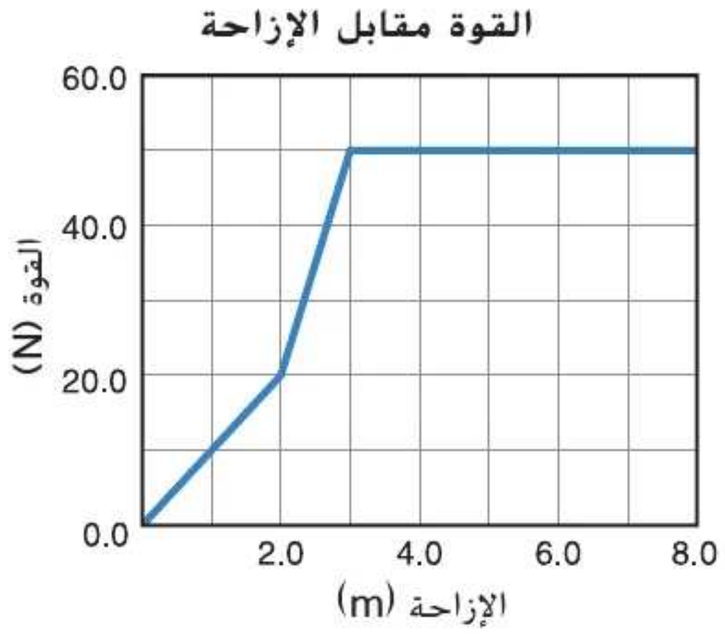
الشكل 22

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

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

a. أوجد الشغل المبذول لسحب الجسم مسافة 7.0 m.

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



الشكل 23

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

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

a. احسب الشغل المبذول على النفط بواسطة المضخة.

b. احسب القدرة التي تنتجها المضخة.

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

القسم 2 الآلات

إتقان المفاهيم

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

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

إتقان حل المسائل

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

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

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

c. ما مقدار الشغل الناتج؟

d. ما مقدار الشغل المبذول؟

e. ما الفائدة الميكانيكية؟

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

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

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

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

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

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للنظام؟

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية؟

c. ما مدى كفاءة النظام؟

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

a. مقدار الفائدة الميكانيكية

b. مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية

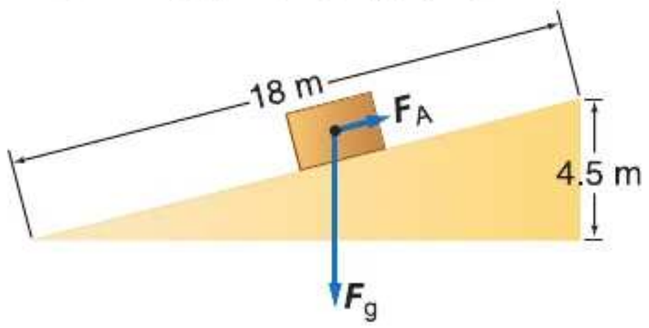
c. مدى الكفاءة

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

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

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للمنحدر؟

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



الشكل 24

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

الشكل 25

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

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

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

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

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

a. وضّح أن الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة المركبة تبلغ 6.0.

b. إذا بلغت كفاءة الآلة المركبة 60.0 بالمئة، فما مقدار الشغل الذي يجب تطبيقه على الرافعة لرفع صندوق يزن 540 N؟

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

تطبيق المفاهيم

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

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

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

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

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

a. أي شخص يبذل شغلًا أكثر؟ اشرح.

b. أي شخص ينتج قدْرة أكثر؟ اشرح.

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

84. كيف يمكنك زيادة الفائدة الميكانيكية المثالية لآلة ما؟

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

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

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

مراجعة عامة

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

89. يرفع سعيد، وهو بطل في رياضة رفع الأثقال، كتلًا تبلغ 240 kg لمسافة 2.35 m بسرعة ثابتة.

a. أوجد الشغل الذي يبذله سعيد على الكتل.

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

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

d. هل يبذل سعيد شغلًا إذا أفلت الكتل وتركها تسقط أرضًا مرة أخرى؟

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

a. ما القوة التي تبذلها على الحبل؟

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

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

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

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

b. ما مقدار الشغل الذي تبذله الآلة على الثلاجة؟

c. ما مدى كفاءة الآلة؟

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

a. ما القوة التي يبذلها الحبل على الصندوق؟

b. أوجد مقدار قوة الاحتكاك المبذولة على الصندوق.

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

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

a. ما مقدار القدرة التي يكتسبها الونش؟

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

التفكير الناقد

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

a. أوجد متوسط قدرة العدّاء في السباق.

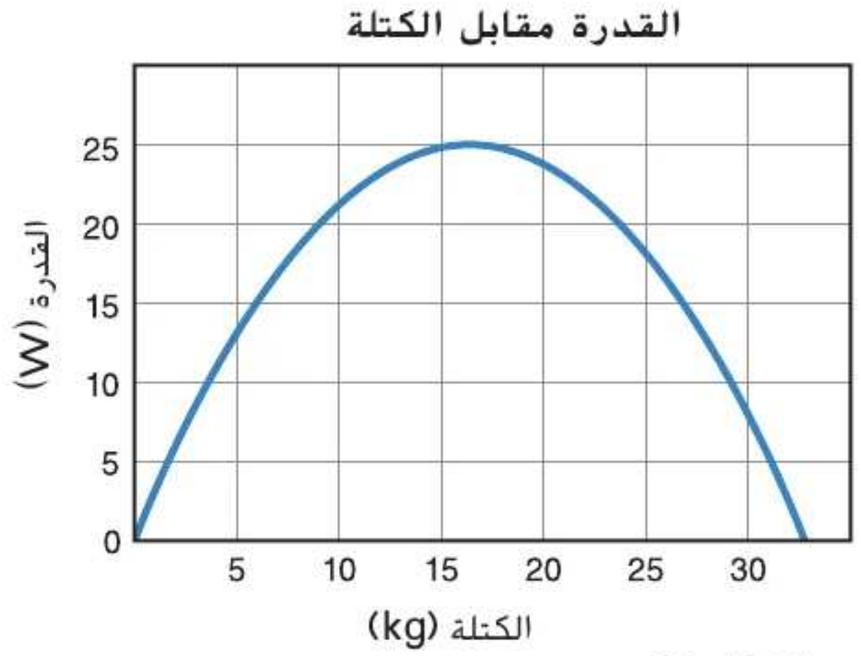
b. ما القدرة القصوى التي يكتسبها العدّاء؟

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

a. احسب متوسط القدرة الناتجة للثانية الأولى تلك.

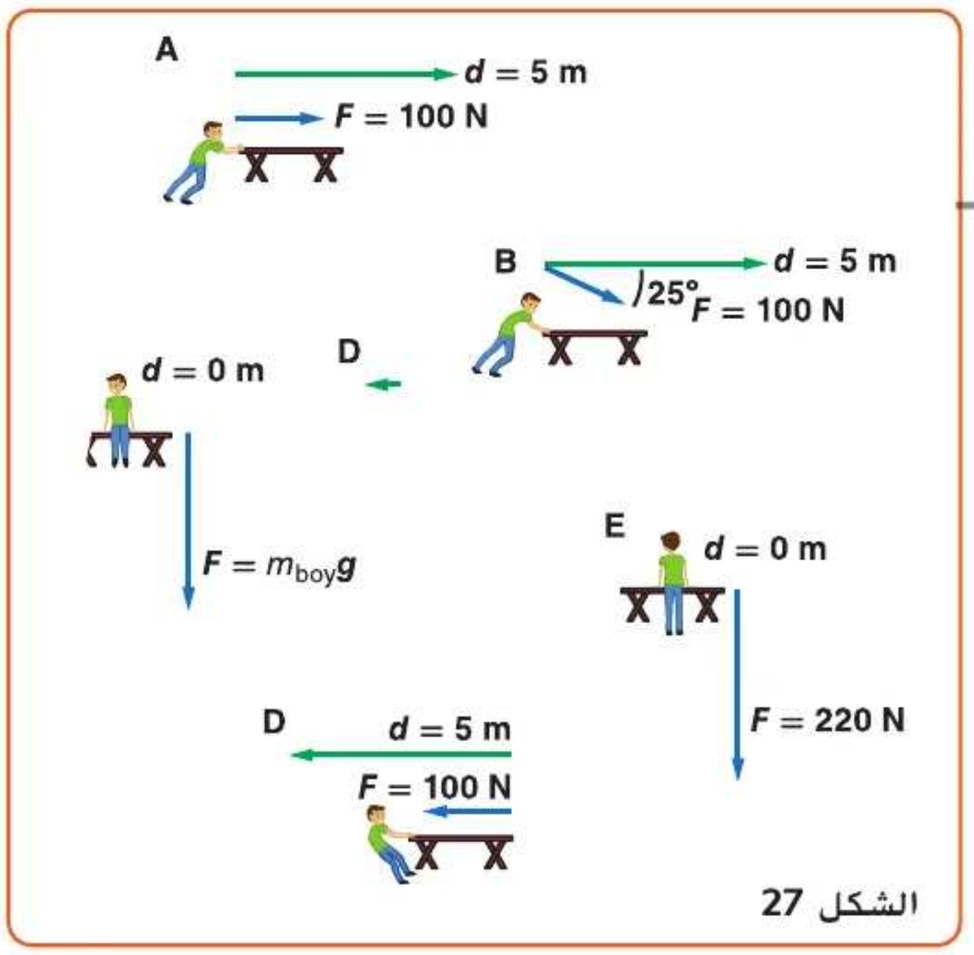
b. ما مقدار القدرة القصوى التي ينتجها العدّاء حاليًا؟

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



الشكل 26

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



الشكل 27

الكتابة في الفيزياء

99. بما أن الدراجة آلة مركبة، فإنها مثل السيارة. أوجد كفاءات الأجزاء المكوّنة لمجموعة نقل الحركة (المحرك وناقل الحركة والعجلات والإطارات). استكشف التحسينات الممكنة في كل من هذه الكفاءات.

100. المصطلحات القوة والشغل والقدرة والطاقة غالبًا ما تُستخدم كمترادفات في الاستخدام اليومي. احصل على أمثلة من الإذاعة والتلفاز ووسائل الإعلام المطبوعة والإعلانات التي توضح معاني تلك المصطلحات التي تختلف عن تلك المُستخدمة في الفيزياء.

مراجعة تراكمية

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 6 تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

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

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

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

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

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

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

3. تتكوّن آلة مركَّبة تُستخدم لرفع الصناديق الثقيلة من سطح منحدر وبكرة. تبلغ كفاءة سحب صندوق كتلته 100 kg لأعلى السطح المنحدر 50 بالمئة. إذا كانت كفاءة بكرة الرفع 90 بالمئة، فكم تبلغ الكفاءة الكلية للآلة المركَّبة؟

A. 40 بالمئة **C.** 50 بالمئة

B. 45 بالمئة **D.** 70 بالمئة

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

A. 2.5 **C.** 5.0

B. 4.0 **D.** 10.0

5. يحمل شخصان صناديق متماثلة الحجم تزن 40.0 N لأعلى سطح منحدر يبلغ طوله 2.00 m ويستند إلى منصة ارتفاعها 1.00 m. يستغرق أحد الأشخاص 2.00 s لصعود السطح المنحدر، بينما يستغرق شخص آخر 4.00 s. فما الفرق في القدرة التي يستخدمها كلا الشخصَين لحمْل الصناديق لأعلى المنحدر؟

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

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

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

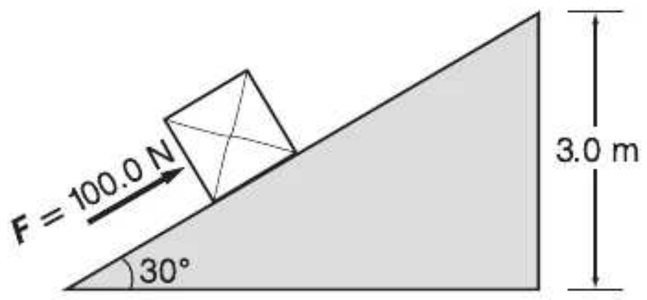
A. −25 J **C.** −100 J

B. −75 J **D.** −150 J

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

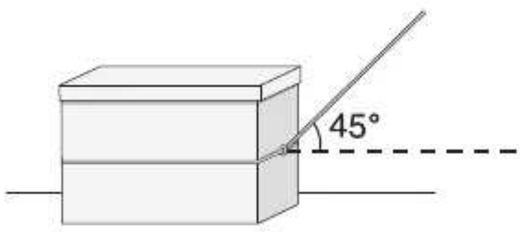
A. 150 J **C.** 450 J

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



أسئلة ذات إجابات مفتوحة

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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 7

الاهتزازات والموجات

الفكرة الرئيسة الموجات والحركة التوافقية البسيطة من أمثلة الحركة الدورية.

الأقسام

1 الحركة الدورية

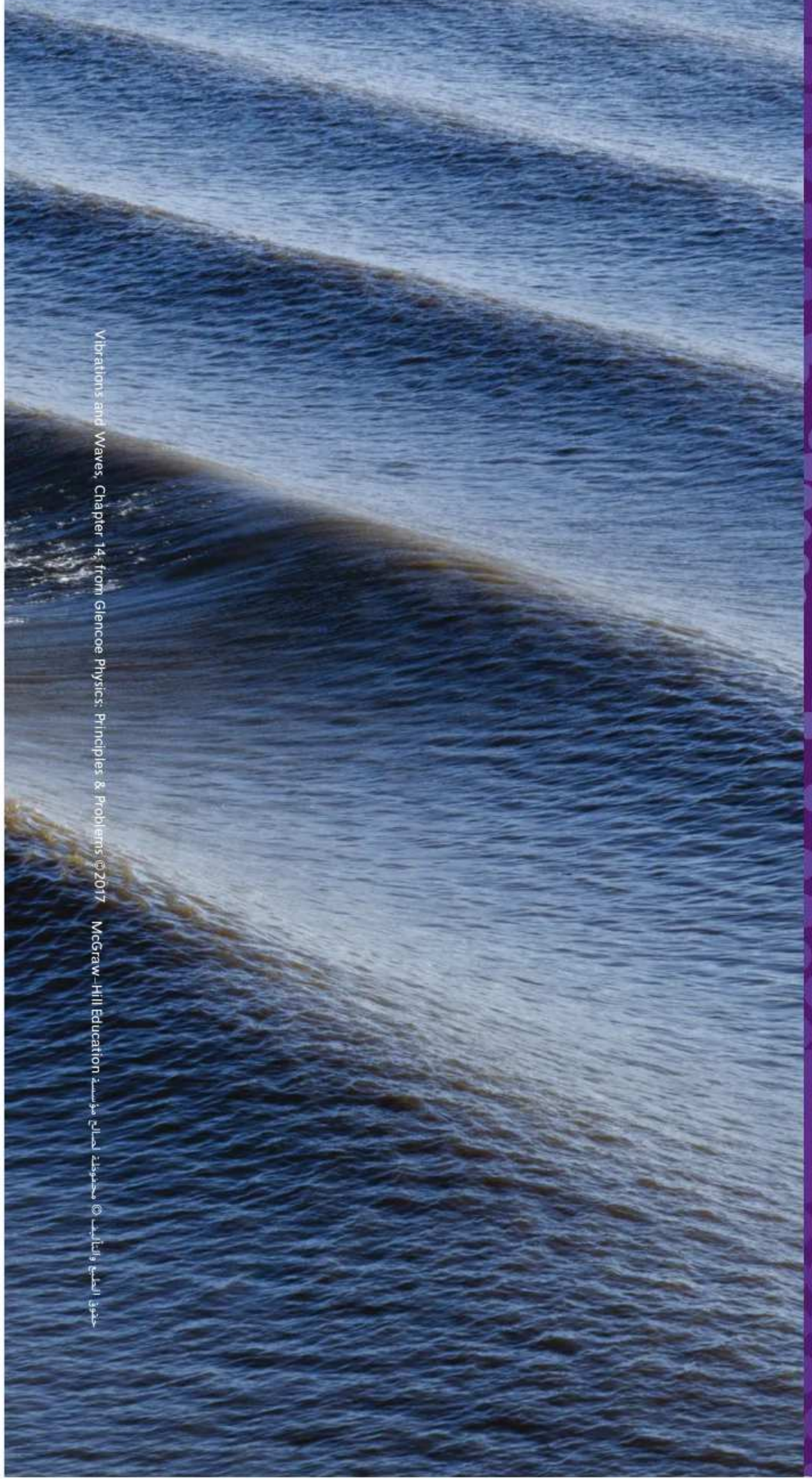
2 خصائص الموجات

3 سلوك الموجات

التجربة الاستهلالية

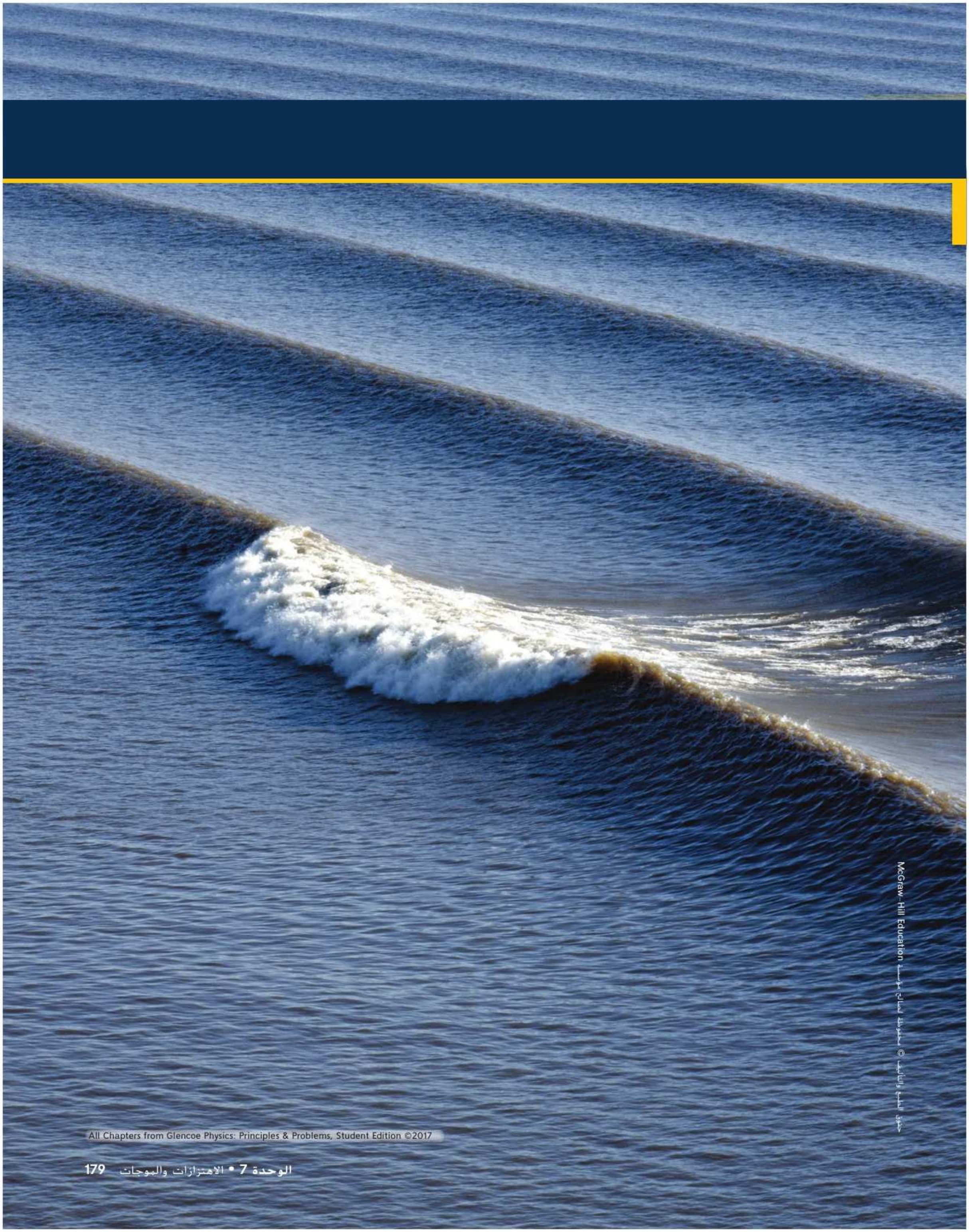
تفاعل الموجات

ما أنواع الموجات التي يمكن أن تُرسل عبر الزنبرك؟



Vibrations and Waves, Chapter 14, from Glencoe Physics: Principles & Problems © 2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



All Chapters from Glencoe Physics: Principles & Problems, Student Edition ©2017

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 1

الحركة الدورية

الفيزياء في حياتك

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

الفكرة الرئيسة

تتكرر الحركة الدورية في فترات زمنية متساوية.

الأسئلة الرئيسة

- ما الحركة التوافقية البسيطة؟
- ما مقدار الطاقة المختزنة في الزنبرك؟
- ما العوامل المؤثرة في النظام الدوري لبندول؟

مراجعة المفردات

مجال الجاذبية gravitational field *(g)*: هي القوة التي تؤثر بها الأرض في وحدة الكتل من الأجسام القريبة منها، وتساوي 9.8 N/kg تقريبًا بالقرب من سطح الأرض، واتجاهها في اتجاه مركز الأرض.

المفردات الجديدة

حركة دورية	periodic motion
الزمن الدوري	period
سعة	amplitude
حركة توافقية بسيطة	simple harmonic motion
قانون هوك	hooke's law
بندول بسيط	simple pendulum
رنين	resonance

الكتلة المعلقة في الزنبرك

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

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

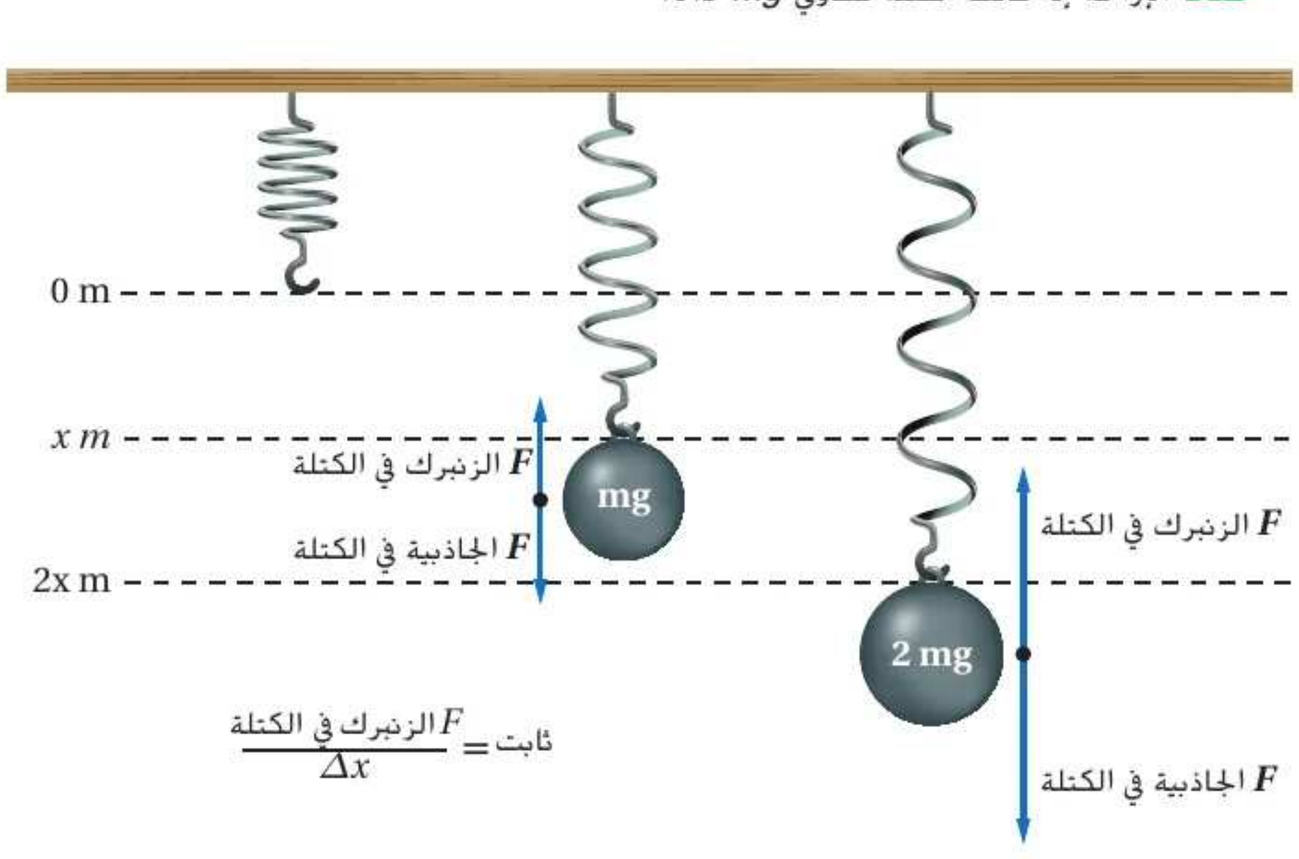
الحركة التوافقية البسيطة في **الشكل 1**، تتناسب القوة التي يؤثر بها زنبرك طرديًا مع استطالته، فإذا سحبتَ الكتلة إلى أسفل وتركتها، فإنها سترتد صعودًا وهبوطًا حول موضع الاتزان. وإذا كانت القوة المحصلة التي تعيد الجسم المهتز إلى موضع اتزانه تتناسب طردًا مع إزاحة الجسم وبإتجاه معاكس فإن الحركة الناتجة تسمى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

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

■ **الكتلة المعلقة في زنبرك**

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

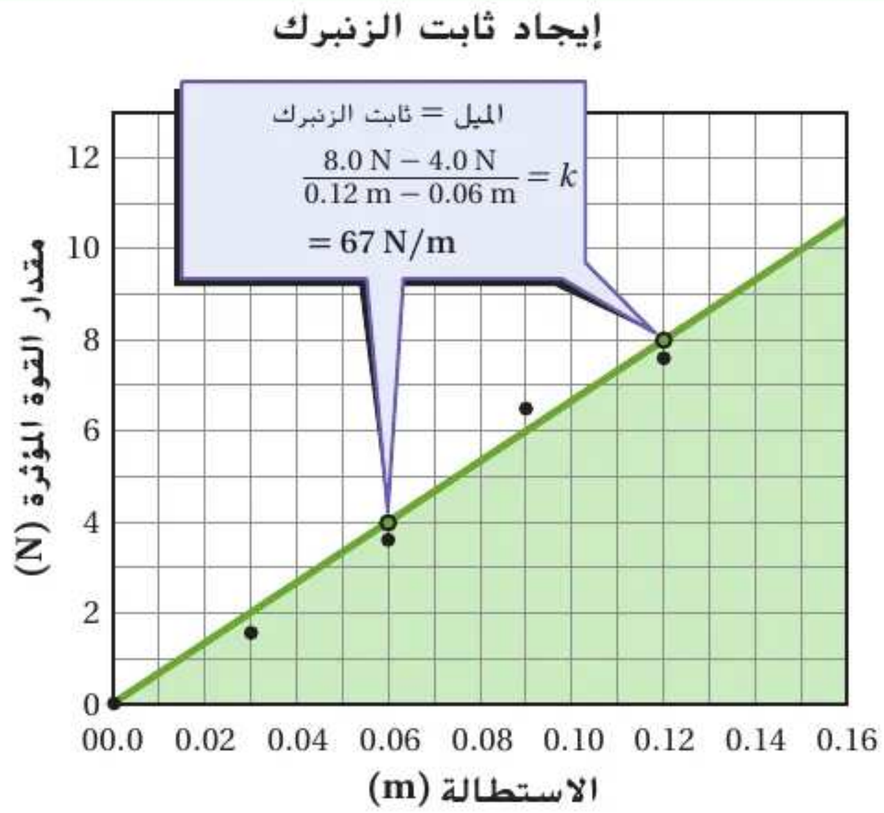
حدّد الإزاحة إذا كانت الكتلة تساوي 0.5 *mg*.



McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الجدول 1
مقدار القوة والاستطالة في الزنبرك

الاستطالة (m)	مقدار القوة المؤثرة في الزنبرك (N)
0.0	0.0
0.030	1.9
0.060	3.7
0.090	6.3
0.12	7.8



الشكل 2 يمكن ايجاد ثابت الزنبرك من حساب ميل المنحنى بين القوة والاستطالة، حيث إن المساحة المحصورة أسفل المنحنى تساوي طاقة الوضع المختزنة في الزنبرك.

قانون هوك

يوضّح **الجدول 1** نتائج تجريبية للعلاقة بين مقدار القوة التي تؤثر في زنبرك واستطالته. يبيّن **الشكل 2** المستقيم الأفضل تمثيلًا للبيانات. وتشير العلاقة الخطيّة المبيّنة في التمثيل إلى العلاقة الطردية بين مقدار القوة المؤثرة في الزنبرك، واستطالته. ويخضع الزنبرك الذي تؤثر فيه قوة تتناسب طرديًّا مع استطالته **لقانون هوك**.

قانون هوك
القوة المؤثرة في زنبرك تساوي حاصل ضرب ثابت الزنبرك في استطالته أو انضغاطه من موضع اتزانه.

$$F = -kx$$

حيث k ثابت الزنبرك الذي يعتمد على الصلابة وخصائص أخرى للزنبرك و x استطالة الزنبرك من موضع اتزانه. لاحظ أنّ k هو ميل المستقيم للخط البياني للعلاقة بين مقدار القوة والاستطالة للزنبرك. ويشير الميل الحاد إلى أن قيمة k تكون كبيرة. ويقاس ثابت هوك باستخدام وحدات القياس الدولية بالوحدة (N/m).

تشير الإشارة السالبة في قانون هوك إلى أن اتجاه القوة التي يؤثر بها الزنبرك تكون معاكسة لاتجاه الاستطالة أو الانضغاط للزنبرك، بينما يكون اتجاه القوة التي يؤثر بها الزنبرك باتجاه موضع الاتزان دائمًا.

التأكد من فهم النص **اشرح** دلالة الإشارة السالبة في قانون هوك.

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

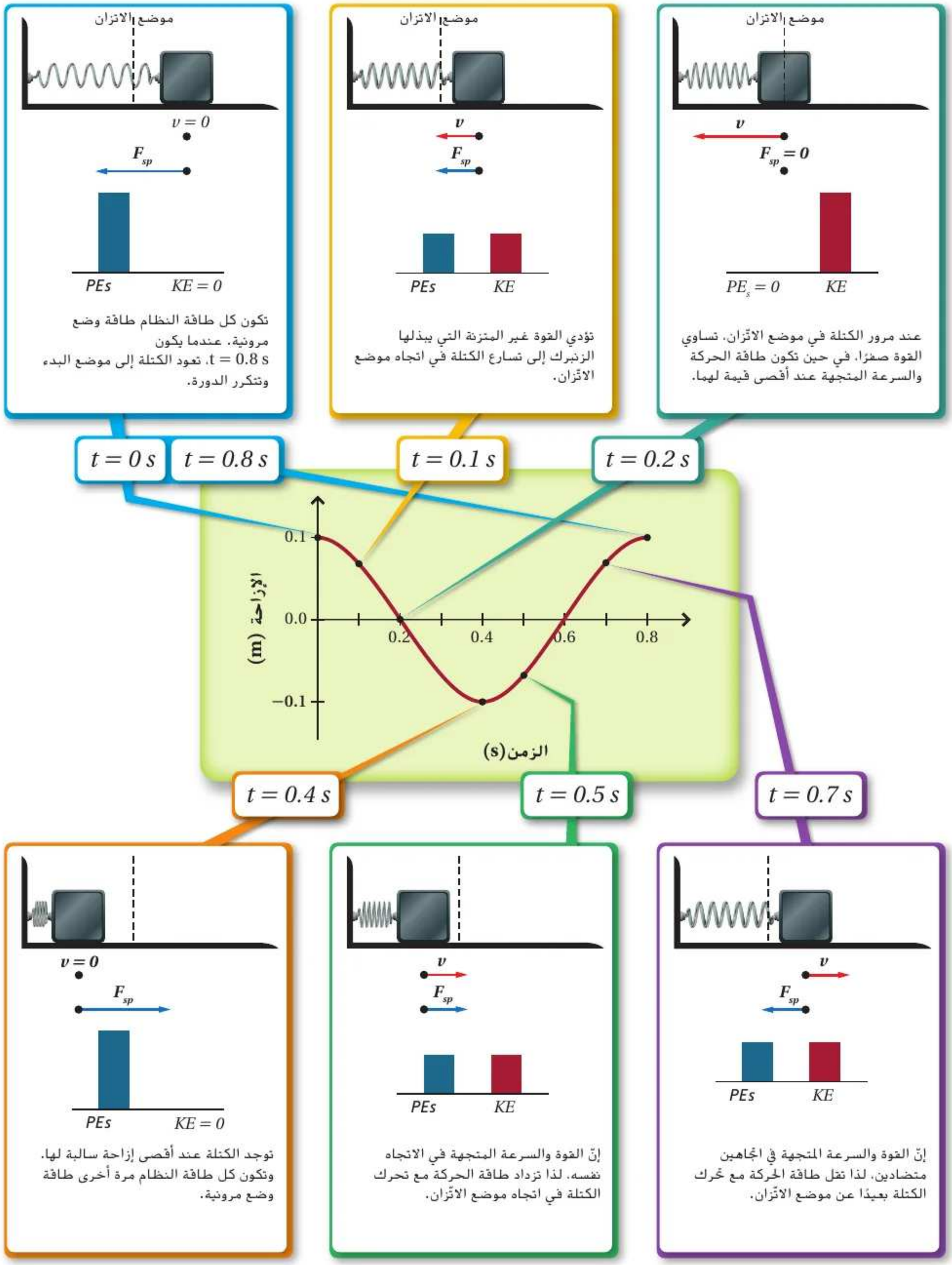
طاقة الوضع المرونية للزنبرك عندما يستطيل زنبرك فإنه يكتسب طاقة وضع مرونية. والشغل الذي تبذله القوة المؤثرة يساوي المساحة تحت المنحنى البياني للعلاقة بين القوة والاستطالة. ما مقدار الشغل المبذول لاستطالة الزنبرك؟ في **الشكل 2**، تمثل المساحة تحت المنحنى الشغل المبذول لاستطالة الزنبرك، ويساوي هذا الشغل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

طاقة الوضع المرونية في الزنبرك
طاقة الوضع المرونية في الزنبرك تساوي نصف حاصل ضرب ثابت الزنبرك في مربع الإزاحة.

$$PE_{\text{الزنبرك}} = \frac{1}{2}kx^2$$

وكما يبيّن **الشكل 3** فإنه أثناء الحركة التوافقية البسيطة تتحول طاقة الوضع المرونية للزنبرك إلى طاقة حركة، ثم إلى طاقة وضع وهكذا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 3 تبقى الطاقة الميكانيكية للنظام ثابتة أثناء الاهتزاز.

حدد في أي موضع تصبح طاقة الوضع في نظام الكتلة والزنبرك عند أقصى قيمة لها؟

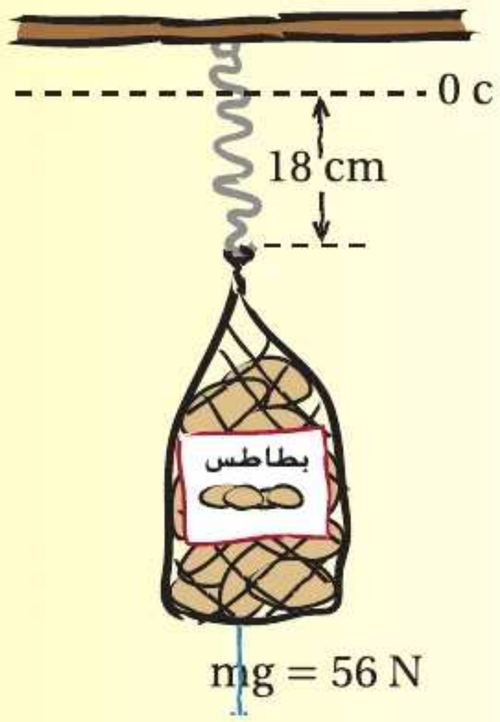
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

ثابت الزنبرك والطاقة المختزنة فيه يستطيل زنبرك بمقدار 18 cm عندما يُعلّق كيس من البطاطس يزن 56 N من طرفه.

a. احسب ثابت الزنبرك.

b. ما مقدار طاقة الوضع المرونية الكامنة في الزنبرك عندما يستطيل بمقدار هذه المسافة؟



1 تحليل المسألة

- ارسم رسما تخطيطياً.
- وضّح مسافة استطالة الزنبرك وموضع اتزانه وحددهما.

المعلوم	المجهول
$x = 18\ \text{cm}$	$k = ?$
$F = -56\ \text{N}$	$PE_{sp} = ?$

2 حساب المجهول

a. استخدم قانون هوك واكتبه بالصورة الآتية:

$$k = -\frac{F}{x}$$

$$= -\frac{-56\ \text{N}}{0.18\ \text{m}}$$

$$= 310\ \text{N/m}$$

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

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

$$= \frac{1}{2}(310\ \text{N/m})(0.18\ \text{m})^2$$

$$= 5.0\ \text{J}$$

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

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُعدّ N/m الوحدة الصحيحة لثابت الزنبرك. والوحدة الصحيحة للطاقة المختزنة هي: $(\text{N/m})(\text{m}^2) = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$.
- **هل المقدار حقيقي؟** يساوي متوسط مقدار القوة التي يؤثر بها الزنبرك 0 و 56 N. ويساوي الشغل المبذول $W = Fx = (28\ \text{N})(0.18\ \text{m}) = 5.0\ \text{J}$.

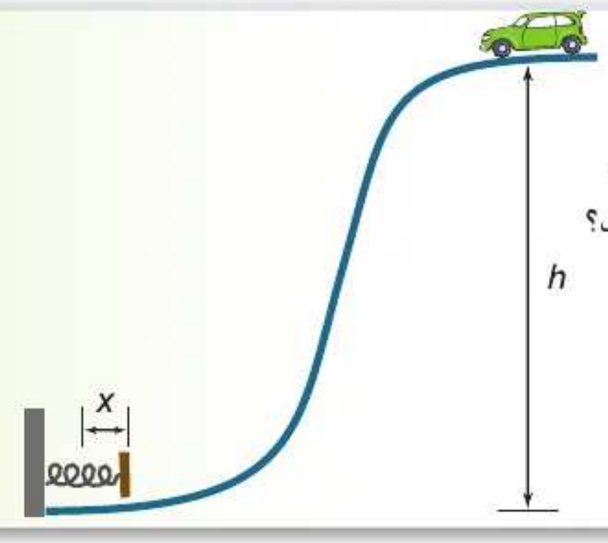
تطبيقات

1. ما مقدار ثابت زنبرك يستطيل بمقدار 12 cm عندما يُعلّق به جسم يزن 24 N؟
2. ينضغط زنبرك ثابته $k = 144\ \text{N/m}$ بمقدار 16.5 cm. كم تبلغ طاقة الوضع المرونية للزنبرك؟
3. إذا كان ثابت زنبرك 56 N/m. ما مقدار استطالته عندما تُعلّق كتلة تزن 18 N من طرفه؟
4. **تحد** زنبركٌ ثابته 256 N/m. ما مقدار المسافة التي يجب أن يستطيلها ليختزن طاقة وضع مرونية تساوي 48 J؟

مسألة تحفيزية

تقف سيارة كتلتها m أعلى تل ارتفاعه h قبل أن تهبط من دون احتكاك باتجاه حاجز اصطدام أسفل التل. يحتوي على زنبركٍ ثابته k. مصمم بحيث يوقف السيارة بأقل ضرر.

1. أوجد بدلالة m و h و k و g. أقصى مسافة (x) لانضغاط الزنبرك عند اصطدامه بالسيارة.
2. إذا هبطت السيارة من تل يزيد ارتفاعه بمقدار الضعف، فما مقدار الزيادة في انضغاط الزنبرك؟
3. ماذا سيحدث بعد وقوف السيارة؟



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Graw-Hill Education

البندول البسيط

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

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

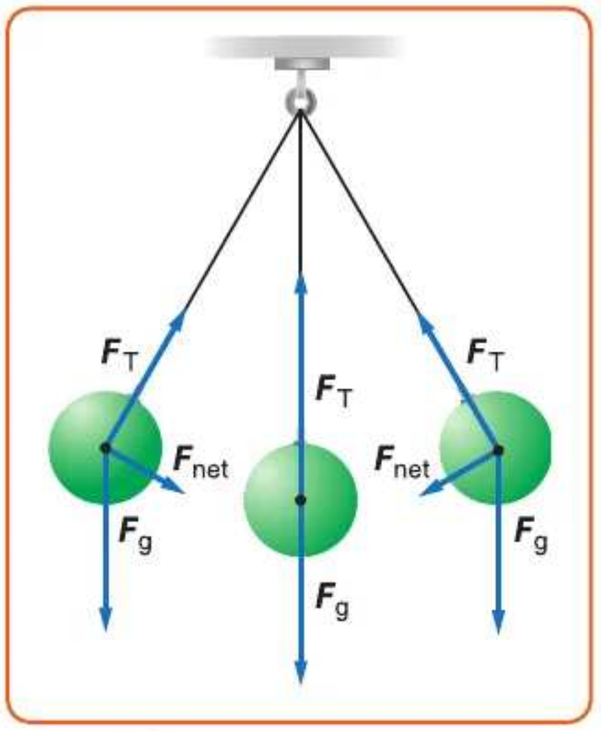
الزمن الدوري للبندول

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

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

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

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



الشكل 4 تُعدّ حركة البندول مثالًا للحركة التوافقية البسيطة لأنّ قوة الإرجاع تتناسب طرديًا مع الإزاحة من موضع الاتزان.

مختبر الفيزياء

اهتزازات البندول

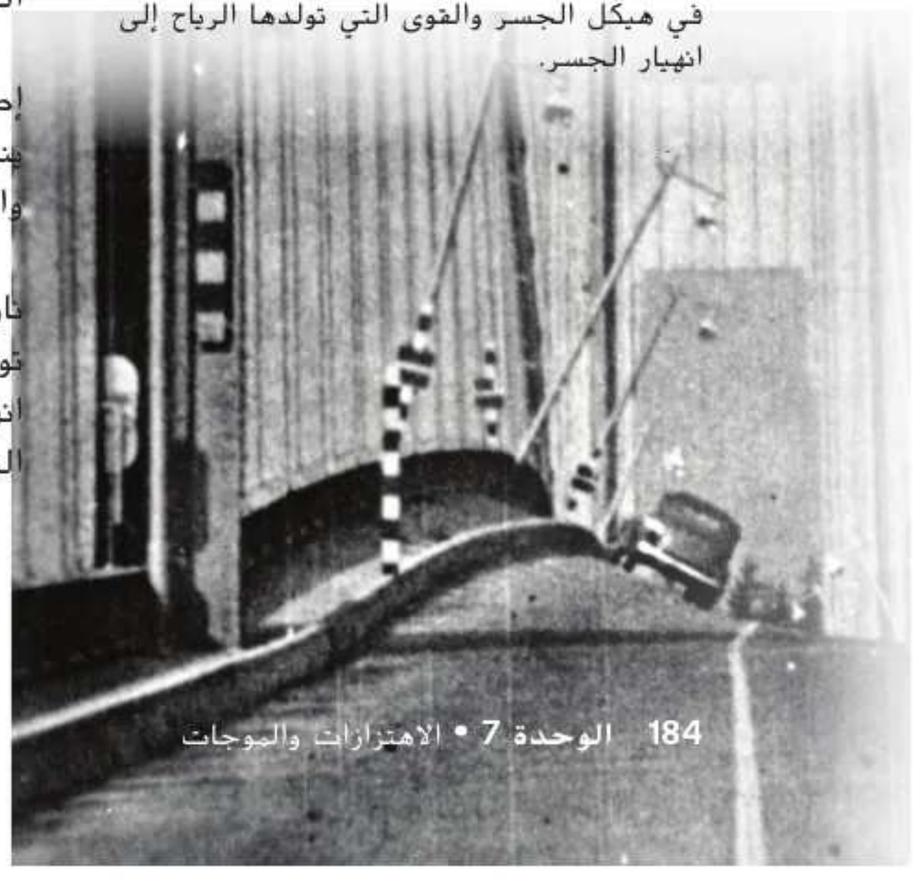
صمّم التجربة بنفسك كيف يمكن أن يوضّح البندول خصائص الموجات؟

الرنين

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

ومن الأمثلة الشائعة على الرنين تأرجح سيارة إلى الأمام والخلف من أجل تحرير إطاراتها المغروزة في الرمل، والقفز المتواتر عن منصات السباحة أو الغوص، وقد ينتج من السعة الكبيرة الناتجة من الرنين شعورًا بالإجهاد. وكذلك يستخدم في الآلات والأدوات الموسيقية لتضخيم الأصوات، وفي الساعات لزيادة دقتها.

في حالة شهيرة ومثيرة جدًا، أدّت القوى التي تولّدها الرياح إلى انهيار جسر تكوما ناروس الموضّح في **الشكل 5**. حيث أضافت القوى المتتالية والمتكررة بانتظام والتي تولدها الرياح، طاقة إلى تذبذب الجسر مما زاد من سعة اهتزازه بشكل كبير وأدى إلى انهياره. ولهذا فإنه يجب أن يهتم المعماريون والمهندسون اهتمامًا بالغًا عند تصميم المباني وإنشائها لضمان عدم تأثرها بالرنين.

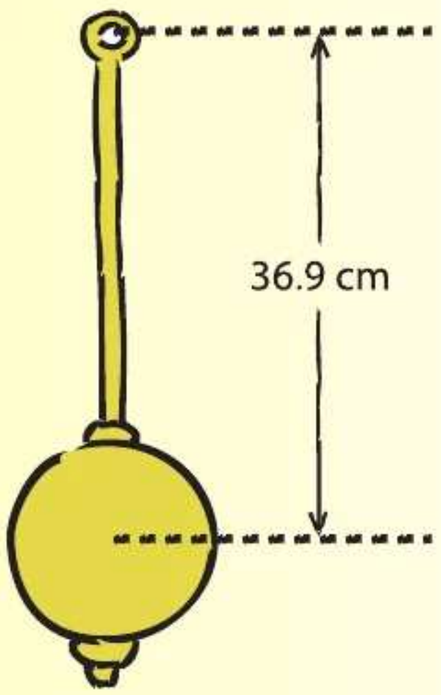


الشكل 5 ساعدت الرياح الموجودة حول جسر تكوما ناروس على تحرّك الجسر. عندما تحرّك، أدى تفاعل معقد بين القوى الموجودة في هيكل الجسر والقوى التي تولدها الرياح إلى انهيار الجسر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 2

إيجاد g باستخدام البندول الزمن الدوري لبندول طوله 36.9 cm هو 1.22 s. فما تسارع الجاذبية الأرضية عند موضع البندول البسيط؟



1 تحليل المسألة

- ارسم رسما تخطيطياً.
- حدد طول البندول.

المعلوم	المجهول
$\ell = 36.9\ \text{cm}$	$g = ?$
$T = 1.22\ \text{s}$	

2 حساب المجهول

► أوجد قيمة g.

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

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

► بالتعويض عن $T = 1.22\ \text{s}$, $l = 0.369\ \text{m}$.

$$= \frac{4\pi^2(0.369\ \text{m})}{(1.22\ \text{s})^2}$$

$$= 9.78\ \text{m/s}^2 = 9.78\ \text{N/kg}$$

3 تقييم الإجابة

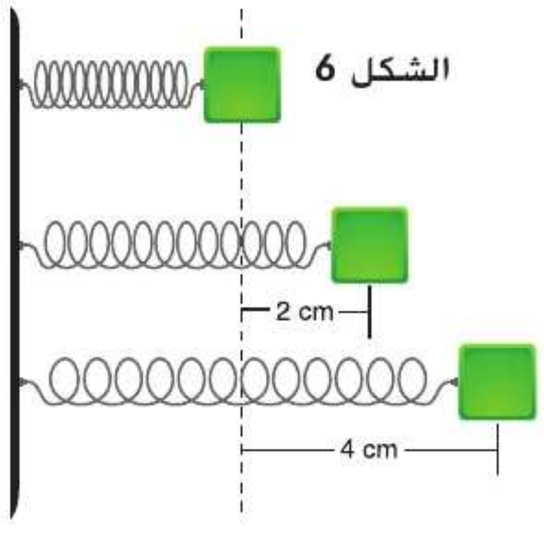
- **هل الوحدات صحيحة؟** تعد الوحدة N/kg صحيحة لمجال الجاذبية.
- **هل المقدار حقيقي؟** تقترب قيمة g المحسوبة من القيمة المعيارية 9.8 N/kg المقبولة. يمكن أن يكون هذا البندول على ارتفاع عالٍ فوق مستوى سطح البحر.

تطبيقات

5. ما مقدار الزمن الدوري لبندول يبلغ طوله 1.0 m؟
6. ما الطول المناسب لبندول على سطح القمر عندما يكون $g = 1.6\ \text{N/kg}$ حتى يكون زمنه الدوري 2.0 s؟
7. **تحد** إذا كان الزمن الدوري لبندول طوله 0.75 m يساوي 1.8 s على أحد الكواكب. فما مقدار g لهذا الكوكب؟

القسم 1 مراجعة

8. **الفكرة الرئيسة** اشرح لماذا يُعدّ البندول مثالًا للحركة الدورية.
9. **طاقة الزنبرك** إنّ الزنبركات الموضّحة في **الشكل 6** متطابقة. قارن بين طاقات الوضع في الزنبركين السفليين.



الشكل 6

10. **قانون هوك** قد يتشابه زنبركان ولكن يكون ثابت الزنبرك لكل منهما مختلفًا عن الآخر. كيف يمكنك تمييز الزنبرك الذي ثابته أكبر؟
11. **قانون هوك** تعلق أوزان مختلفة في شريط مطاطي بواسطة خطاف. فإذا كانت العلاقة ما بين هذه الأوزان واستطالة الشريط المطاطي عكسية. كيف يمكنك أن توضّح من خلال التمثيل البياني إذا كان الشريط المطاطي يخضع لقانون هوك؟
12. **البندول** إلى أي مدى يجب أن يتغيّر طول البندول حتى يتضاعف زمنه الدوري؟ كيف يجب أن يتغيّر الطول حتى يقل الزمن الدوري بمقدار النصف؟
13. **الرنين** إذا اختل توازن إطار سيارة، فإنها ستهتز بقوة عند سرعة محددة ولكن ليس بسرعة أكبر أو أقل. فسر ذلك.
14. **التفكير الناقد** قارن بين الحركة الدائرية المنتظمة والحركة التوافقية البسيطة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

خصائص الموجات

الفيزياء في حياتك

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

الفكرة الرئيسة

تنقل الموجات الطاقة من دون نقل المادة.

الأسئلة الرئيسة

- ما الموجات؟
- ما وجه المقارنة بين الموجات المستعرضة والطولية؟
- ما العلاقة بين سرعة الموجة وطول الموجة والتردد؟

مراجعة المفردات

الزمن الدوري period: في الحركة الدورية، يُعدّ مقدار الزمن اللازم لجسم لتكرار دورة واحدة كاملة من الحركة

المفردات الجديدة

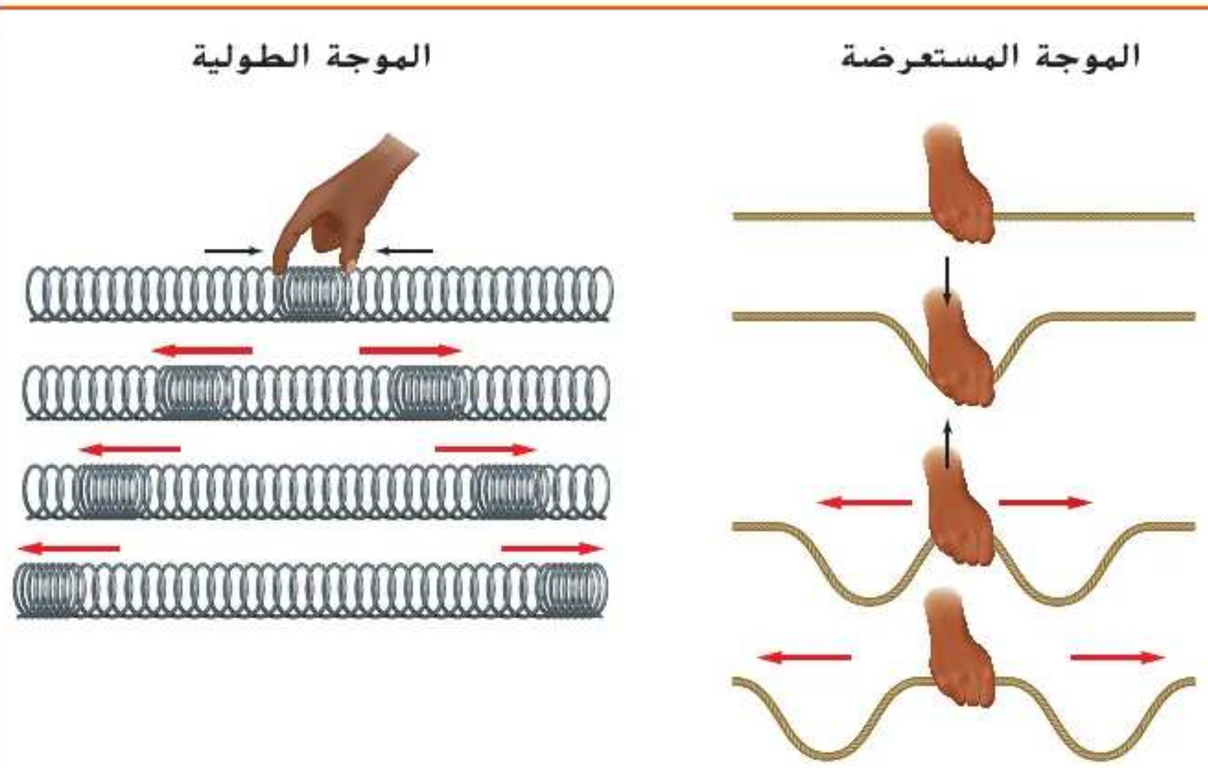
موجة	wave
نبضة	pulse
موجة مستعرضة	transverse wave
موجة دورية	periodic wave
موجة طولية	longitudinal wave
موجة سطحية	surface wave
قاع	trough
قمة	crest
طول موجة	wavelength
تردد	frequency

الموجات الميكانيكية

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

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

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



الشكل 7 تنتج موجة مستعرضة وتنتشر أفقيًا في كلا الاتجاهين عند هزّ حبل إلى أعلى وإلى أسفل. بينما يَنتج من ضغط لفات زنبرك ثم تركها فجأةً، موجة طولية في كلا الاتجاهين.

وضّح أوجه الاختلاف بين الموجات المستعرضة والطولية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

الموجات السطحية تُعدّ الموجات التي تنشأ في أعماق البحيرات أو المحيطات موجات طولية. بينما تتبع جسيمات الماء عند السطح مسارًا دائريًّا موازيًا لاتجاه حركة الموجة أحيانًا وعموديًّا على اتجاه حركة الموجة في أحيان أخرى. تسمى كل منها **موجة سطحية**، كما هو مبيّن في **الشكل 8**. تنتقل جسيمات الوسط المهتز (الماء في هذه الحالة) بالتوازي مع اتجاه حركة الموجة أعلى المسار الدائري وأسفله، وهذا ينطبق على الموجات الطولية. أما عند الجانبين الأيمن والأيسر للمسار الدائري فتتحرك الجسيمات إلى أعلى وأسفل، وهذه الحركة الصاعدة والهابطة تكون عمودية على اتجاه الموجة، كما يحدث في الموجة المستعرضة. لذا فإن كل موجة من هذه الموجات هي موجة سطحية لها خصائص كل من الموجات المستعرضة والموجات الطولية.

خصائص الموجة

تشترك الموجات في مجموعة من الخصائص، وتعتمد بعض الخصائص على كيفيّة تكوُّن الموجة، بينما تعتمد خصائص أخرى على طبيعة الوسط الذي تنتقل الموجة من خلاله.

السعة ما وجه الاختلاف بين الموجة الناجمة عن هزّ حبل بلطف والموجة الناجمة عن هزّه بعنف؟ إنّ هذا الاختلاف يشبه الاختلاف بين موجة تنشأ في بركة وموجة تنشأ في محيط حيث تكون سعتاهما مختلفتين. درست سابقًا أنّ سعة الحركة الدورية هي أقصى مسافة من موضع الاتزان. وبالمثل فكما هو موضّح في **الشكل 9**، إنّ سعة الموجة المستعرضة هي أقصى إزاحة للموجة من موضع الاتزان. ونظرًا إلى أنّ السعة عبارة عن مسافة، فهي دائمًا موجبة. ستعرف المزيد عن قياس سعة الموجات الطولية عند دراسة الصوت.

طاقة الموجة تتوقف سعة الموجة على طريقة حدوث الموجة. إذ يجب إضافة المزيد من الطاقة إلى النظام لإنتاج موجة ذات سعة أكبر. فعلى سبيل المثال، تنتج الرياح الشديدة موجات سعاتها أكبر من سعات الموجات التي تنتجها النسائم اللطيفة. فالموجات ذات السعات الكبيرة تنقل قدرًا كبيرًا من الطاقة، في حين تنقل الموجات ذات السعات الصغيرة قدرًا قليلًا من الطاقة. قد تحرك الموجة ذات السعة الصغيرة الرمال على الشاطئ بضعة سنتيمترات، بينما قد تقتلع الموجة العملاقة شجرة وتحركها.

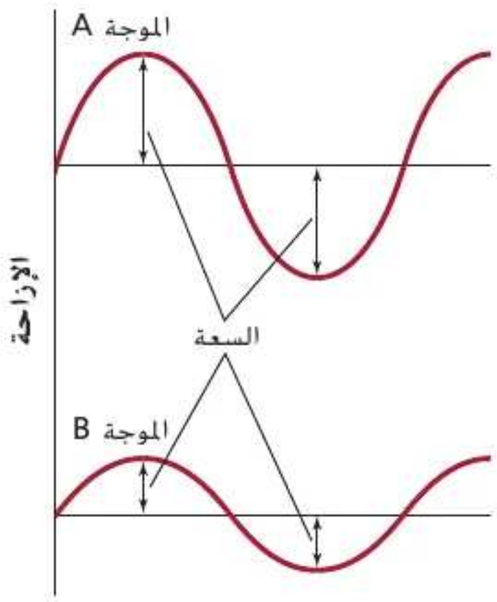
في ما يتعلق بالموجات التي تتحرّك بالسرعة نفسها، يتناسب معدل نقل الطاقة طرديًّا مع مربع السعة. بالتالي، تؤدي مضاعفة سعة الموجة إلى زيادة مقدار الطاقة التي تنقلها الموجة في الثانية الواحدة بمقدار أربعة أضعاف.

التأكد من فهم النص **توقّع** مقدار زيادة معدل نقل الطاقة في وحدة الزمن إذا زادت سعة الموجة إلى ثلاثة أمثال.

الفيزياء في الحياة اليومية

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

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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

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

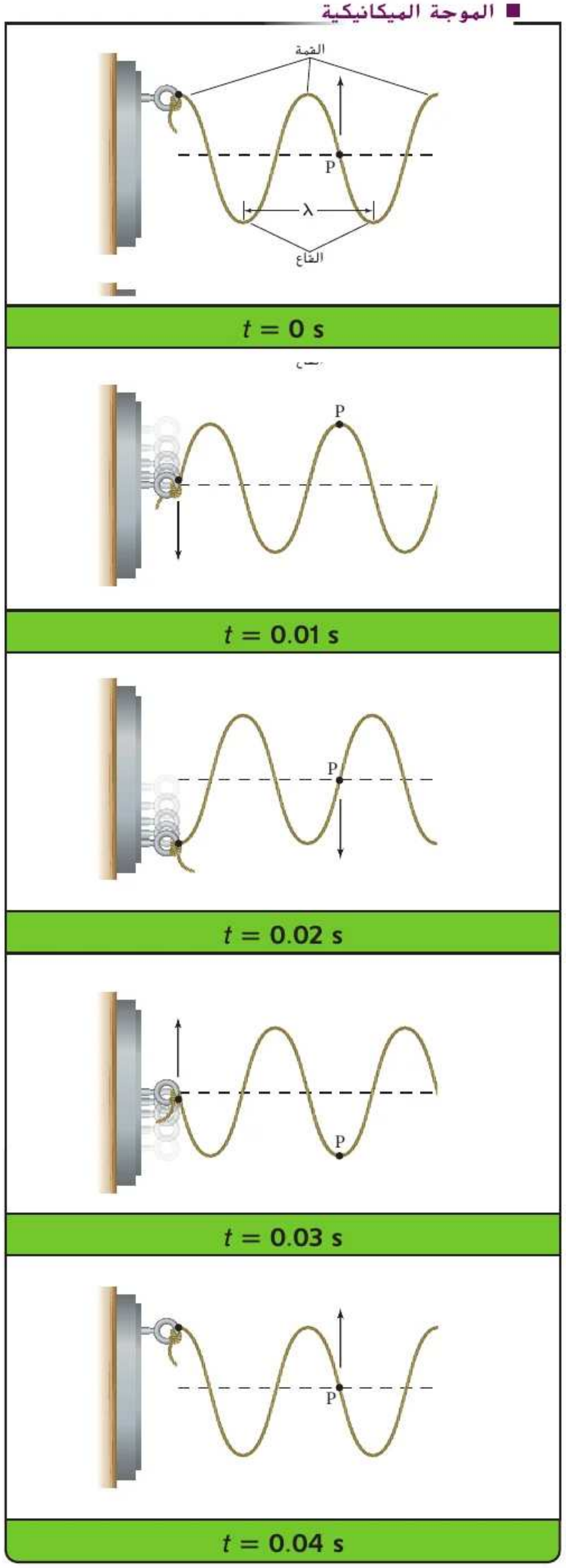
$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

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

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

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

الزمن الدوري والتردد على الرغم من أنّ سرعة الموجة والسعة يمكنهما وصف أي موجة، إلا أن الزمن الدوري (T) والتردد ينطبقان فقط على الموجات الدورية. درستَ سابقًا أنّ الزمن الدوري للحركة التوافقية البسيطة، مثل حركة البندول البسيط، هو الزمن الذي الجسم لإتمام دورة واحدة كاملة. وهذا الجسم عادة يكون هو مصدر الموجة الدورية أو المسبب لها. ويكون الزمن الدوري للموجة مساويًا للزمن الدوري للمصدر. يوضح **الشكل 10** أن الزمن الدوري (T) يساوي 0.04 s وهو الزمن الذي يستغرقه المصدر لصنع دورة واحدة كاملة. وهو كذلك الزمن الذي تتطلّبه النقطة P الموجودة على الحبل حتى تعود إلى موضعها الأول وسرعتها المتجهة الأولى.



الشكل 10 يحرّك مولد الذبذبات الميكانيكي الطرف الأيسر من الحبل إلى أعلى وإلى أسفل لاستكمال اهتزازة في غضون 0.04 s.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

حساب التردد إنّ **تردد** الموجة (f) هو عدد الذبذبات الكاملة التي تُحدثها نقطة على هذه الموجة كل ثانية. يُقاس التردد بالهرتز (Hz). ويمثّل الهرتز الواحد ذبذبة واحدة في الثانية ويساوي 1/s أو s^{-1}. يرتبط التردد والزمن الدوري للموجة بالمعادلة التالية.

تردد الموجة

يساوي تردد الموجة مقلوب الزمن الدوري.

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

يعتمد كلّ من الزمن الدوري والتردد للموجة على مصدر الموجة فقط. ولا يعتمد كلّ منهما على سرعة الموجة أو الوسط.

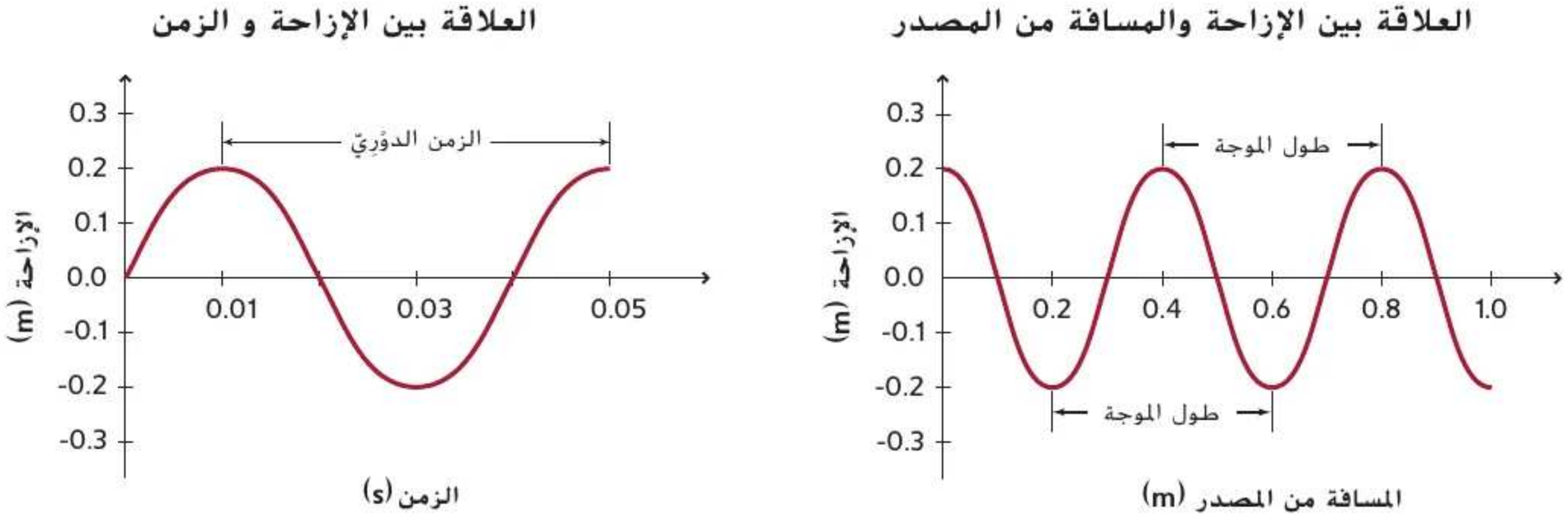
حساب طول الموجة يمكنك قياس طول الموجة مباشرة عن طريق قياس المسافة بين القمم أو القيعان المتجاورة. ويمكنك كذلك حسابه من معرفة كل من تردد الموجة وسرعتها، حيث إن الموجة تتحرك خلال فترة زمنية تساوي الزمن الدوري طولًا موجيًا واحدًا. لذا فإن الطول الموجي يساوي سرعة الموجة مضروبًا في زمنها الدوري، $\lambda = vT$. وحيث إن $f = \frac{1}{T}$، فإن:

طول الموجة

يساوي طول الموجة ناتج قسمة السرعة على التردد.

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

تمثيل الموجات بيانيًّا إذا أخذتَ صورة فوتوغرافية لموجة مستعرضة في حبل، فربما تجدها تشبه إحدى الموجات الموضّحة في **الشكل 10**. يمكن وضع هذه الصورة على ورقة تمثيل بياني لتوضيح المزيد من المعلومات عن الموجة. كما في الجزء الأيسر من **الشكل 11**. حيث يؤدي القياس من القمة إلى القمة المجاورة أو من القاع الى القاع المجاور على هذه اللقطة إلى معرفة طول الموجة. وبالمثل لو أنك رصدت حركة جسم واحد، مثل حركة النقطة P في **الشكل 10** فإنه يمكنك تمثيل هذه الحركة بيانيًا على ورقة رسم بياني، بحيث ترسم الإزاحة بوصفها متغيرًا مع الزمن كما في **الشكل 11** والذي من خلاله يمكن إيجاد الزمن الدوري، بقياس المسافة من القمة إلى القمة أو من القاع إلى القاع.



الشكل 11 يمكن تمثيل الموجات بيانيًا للحصول على المعلومات المختلفة.

حدّد الزمن الدوري للموجة الموضّحة في الرسم البياني للعلاقة بين الإزاحة والزمن.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 3

خصائص الموجة يبلغ تردد موجة صوتية 192 Hz وتقطع مسافة بطول ملعب كرة قدم يصل إلى 91.4 m خلال 0.271 s.

a. ما سرعة الموجة؟

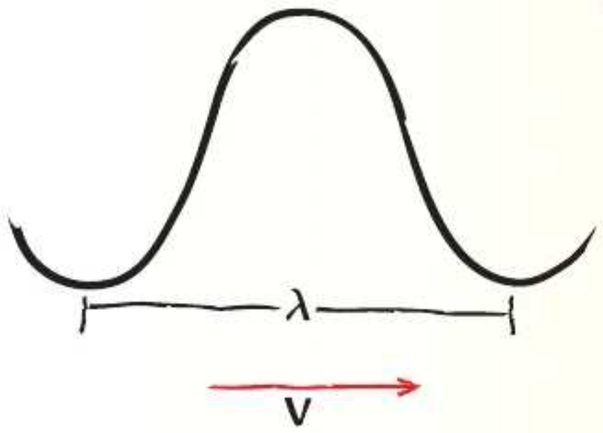
b. ما الطول الموجي لهذه الموجة؟

c. ما الزمن الدوري للموجة؟

d. إذا تغيّر التردد إلى 442 Hz. فكم سيبلغ طول الموجة الجديد والزمن الدوري الجديد؟

1 تحليل المسألة

- ارسم مخططًا للموجة.
- ارسم متجه السرعة.



المعلوم	المجهول
$f = 192\ \text{Hz}$	$v = ?$
$\Delta d = 91.4\ \text{m}$	$\lambda = ?$
$\Delta t = 0.271\ \text{s}$	$T = ?$

2 حساب المجهول

a. استخدم تعريف المتجهة.

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

► بالتعويض عن $\Delta d = 91.4\ \text{m}, \Delta t = 0.271\ s$

$$= \frac{91.4\ \text{m}}{0.271\ \text{s}}$$

$$= 337\ \text{m/s}$$

b. استخدم العلاقة بين السرعة المتجهة للموجة وطول الموجة والتردد.

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

► بالتعويض عن $v = 337\ \text{m/s}, f = 192\ \text{Hz}$.

$$= \frac{337\ \text{m/s}}{192\ \text{Hz}}$$

$$= 1.76\ \text{m}$$

c. استخدم العلاقة بين الزمن الدوري والتردد.

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

► بالتعويض عن $f = 192\ \text{Hz}$.

$$= \frac{1}{\text{Hz}\ 192}$$

$$= \text{s}\ 0.00521$$

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

► بالتعويض عن $v = 337\ \text{m/s}, f = 442\ \text{Hz}$.

$$= \frac{337\ \text{m/s}}{442\ \text{Hz}}$$

$$= 0.762\ \text{m}$$

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

► بالتعويض عن $f = 442\ \text{Hz}$.

$$= \frac{1}{442\ \text{Hz}}$$

$$= 0.00226\ \text{s}$$

3 تقييم الإجابة

هل الوحدات صحيحة؟ بما أنّ Hz يتضمّن وحدة s^{-1}. إذًا $(\frac{\text{m}}{\text{s}})/\text{Hz} = (\frac{\text{m}}{\text{s}}) \cdot \text{s} = \text{m}$. وهي الوحدة الصحيحة لـ λ.

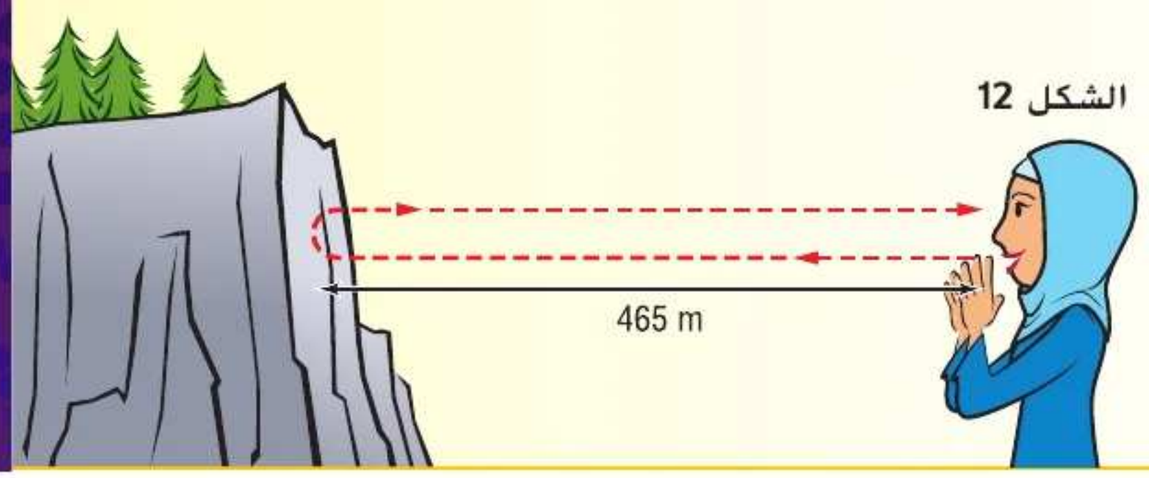
هل القيم حقيقية؟ بما أنّ الموجة الصوتية النموذجية تنقل بسرعة 340 m/s في الهواء تقريبًا. إذًا فإنّ 337 m/s هي قيمة مناسبة. تُعدّ الترددات والأزمنة الدورية مناسبة للموجات الصوتية. يقترب التردد 442 Hz من A 440 Hz. وتقع A أعلى C المتوسطة في البيانو.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيقات

15. يُسمع صوت الموجة الصوتية الذي تصدره دقات الساعة على بُعد 515 m بعد مرور 1.50 s.
    a. بناءً على هذه القياسات، ما سرعة الصوت في الهواء؟
    b. يبلغ تردد الموجة الصوتية 436 Hz. فكم يبلغ الزمن الدوري لهذه الموجة؟
    c. ما طول موجة صوت دقات الساعة؟ ؟
16. إذا كنت تريد زيادة أطول الموجات في الحبل، فهل ينبغي أن تهزّه بأعلى تردد أم بأقل تردد؟
17. كم تبلغ سرعة الموجة الدورية التي يبلغ ترددها 3.50 Hz وطول موجتها 0.700 m؟
18. كيف تؤثر زيادة طول الموجة بنسبة 50 % في تردد موجة على حبل؟
19. تبلغ سرعة موجة مستعرضة في وتر 15.0 m/s. إذا أحدث المصدر اهتزازا يبلغ تردده 6.00 Hz، فكم يبلغ طول موجته؟
20. تنشأ خمسة أطوال موجة كل 0.100 s في خزان ماء. كم تبلغ سرعة الموجة إذا كان طول الموجة السطحية 1.20 cm؟
21. تنتقل موجة طولية دورية يبلغ ترددها 20.0 Hz على طول لعبة بها زنبرك حلزوني. إذا كانت المسافة بين الانضغاطات المتتالية 0.600 m، فكم تبلغ سرعة الموجة؟
22. كيف يتغيّر تردد الموجة عندما يتضاعف زمنها الدوري؟
23. وضّح التغيّر الذي يطرأ على طول الموجة عندما يقل زمنها الدوري إلى نصف ماكان عليه.
24. إذا زادت سرعة الموجة بمقدار 1.5 مرة على سرعتها الأصلية وظل التردد ثابتًا، فما التغير الذي يطرأ على طولها الموجي ؟
25. **تحدي** أصدرت مريم صراخًا باتجاه منحدر رأسي كما هو موضّح في **الشكل 12**. فسمعت صدى الصوت بعد مرور 2.75 s.
    a. فما سرعة صوت مريم في الهواء؟
    b. يبلغ طول موجة الصوت 0.750 m. فما تردده؟
    c. ما الزمن الدوري للموجة؟

الشكل 12



القسم 2 مراجعة

26. **الفكرة الرئيسة** لنفترض أنّه طُلب منك وزميلك في المختبر توضيح أنّ الموجة المستعرضة تنقل الطاقة من دون نقل المادة. كيف يمكنكما فعل ذلك؟
27. **خصائص الموجة** إذا أردت إحداث موجات مستعرضة على حبل عن طريق هزّ يدك من طرف إلى آخر. وبدأت بهز الحبل أسرع من دون تغيير المسافة التي تتحرّك فيها يدك، ماذا يحدث لسعة الموجة وطول الموجة والتردد والزمن الدوري والسرعة المتجهة؟
28. **الموجات الطولية** صِف الموجات الطولية. ما أنواع الأوساط التي تنتقل من خلالها الموجات الطولية؟
29. **السرعة في الأوساط المختلفة** إذا سحبتَ طرفًا واحدًا من زنبرك، فهل ستصل الموجة إلى الطرف الآخر على الفور؟ ماذا يحدث عند سحب حبل؟ ماذا يحدث عند طرق نهاية ساق فلزية؟ قارن بين الموجات التي تنتقل من خلال هذه المواد الثلاث.
30. **التفكير الناقد** إذا سقطت قطرة مطر في بركة مياه، فإنها تُحدث موجات سعتها صغيرة. بينما إذا قفز سبّاح في بركة ماء، فسيُحدث موجات سعتها كبيرة. لماذا لا تُحدث الأمطار الغزيرة أثناء العواصف الرعدية موجات كبيرة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

سلوك الموجات

الفيزياء في حياتك

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

الفكرة الرئيسة

يمكن أن تتداخل الموجات بعضها مع بعض عند وجود أكثر من موجة في الوسط نفسه.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تنعكس الموجات وتنكسر عند الحد الفاصل بين وسطين؟
- كيف يُطبق مبدأ التراكب على ظاهرة التداخل؟

مراجعة المفردات

قوة الشد tension: القوة التي يبذلها خيط أو حبل

المفردات الجديدة

موجة ساقطة	incident wave
موجة منعكسة	reflected wave
مبدأ التراكب	principle of superposition
تداخل	interference
عقدة	node
بَطن	antinode
موجة مستقرة	standing wave
مقدمة الموجة	wavefront
شعاع	ray
عمود مقام	normal
قانون الانعكاس	law of reflection
انكسار	refraction

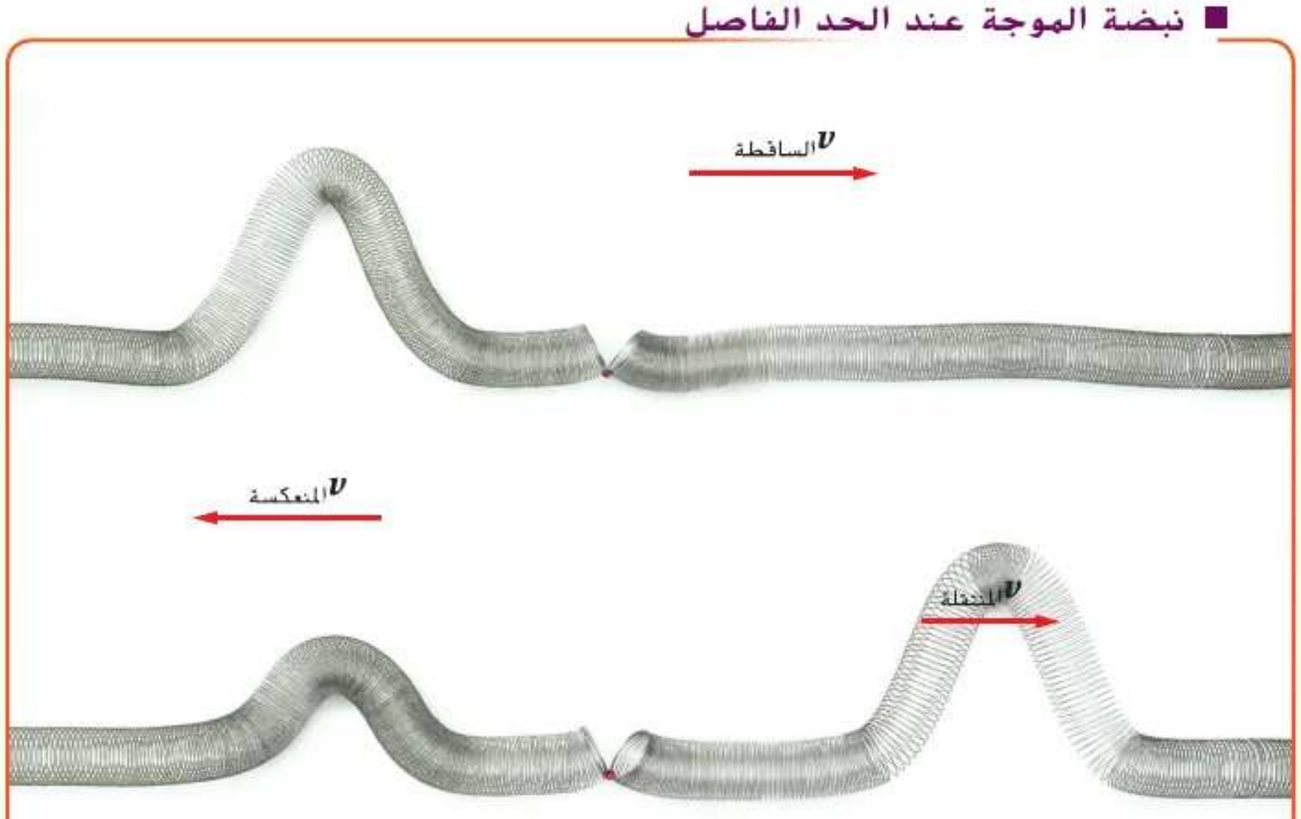
الموجات عند الحدود

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

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

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

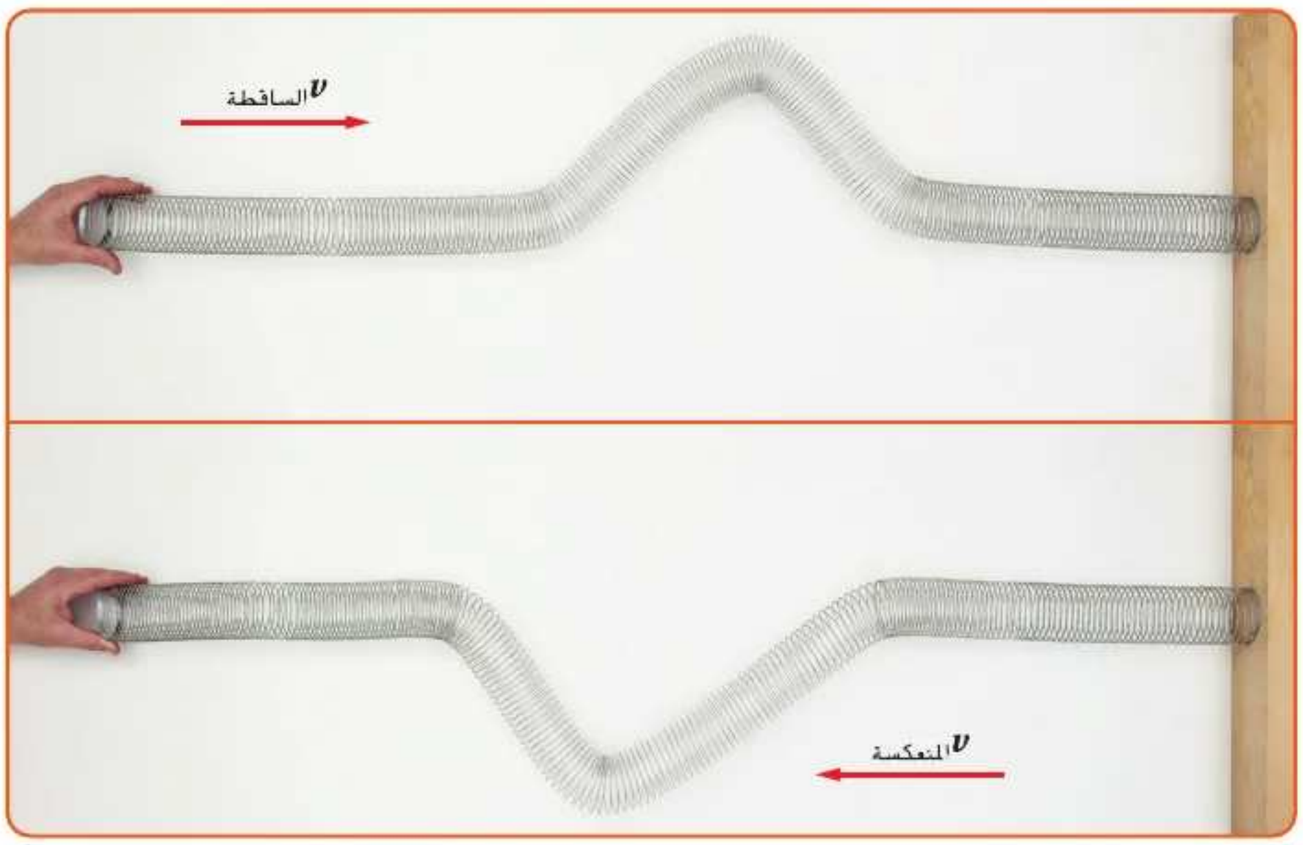
■ نبضة الموجة عند الحد الفاصل



الشكل 13 عندما تصطدم النبضة بالحد الفاصل بين زنبركين، تتكوّن نبضة موجة منتقلة وموجة منعكسة.

قارن بين طاقة النبضة الساقطة وطاقة النبضة المنعكسة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



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

الحدود الثابتة عندما تصطدم موجة أو نبضة بحد فاصل صلب، تنعكس هذه الموجة أو النبضة عنه إلى الخلف، كما هو موضّح في **الشكل 14**. إذ يمثل الحائط هنا الحد الفاصل لوسط جديد تحاول الموجة المرور من خلاله، حيث تنعكس عن الحائط عوضًا عن مرورها من خلاله، وتكون سعة الموجة المرتدة مساوية لسعة الموجة الساقطة. لذا، تنعكس معظم طاقة الموجة نحو الخلف، في حين ينتقل القليل منها إلى الحائط. يمكنك ملاحظة أن الموجة قد انقلبت نحو الأسفل.

تجربة مصغرة

انعكاس الموجة هل يغيّر الانعكاس سرعة الموجة؟

تداخل الموجات

لنفترض أنّ نبضة تنتقل على طول نابض تلاقت مع نبضة منعكسة من الحد الفاصل، كما هو موضّح في **الشكل 15**. ما الذي سيحدث في هذه الحالة؟ ستوجد هنالك نبضتان في الوسط في المكان والزمان نفسيهما. حيث ستؤثر كل نبضة منهما في الوسط بشكل مستقل عن الأخرى. يوضّح **مبدأ التراكب** أنّ إزاحة الوسط الناتجة من موجتين أو أكثر هي المجموع الجبري للإزاحات الناتجة من كل موجة على حدة. بمعنى آخر، يمكن أن تتحد موجتان أو أكثر لتكوين واحدة جديدة. وإذا انتقلت الموجتان باتجاهين متعاكسين، فمن المحتمل أن تلغي كل منهما تأثر الأخرى، أو أن تنتج موجة لها سعة أكبر أو أصغر من سعة كل منهما. ويسمى الأثر الناتج من تراكب موجتين أو أكثر **التداخل**.

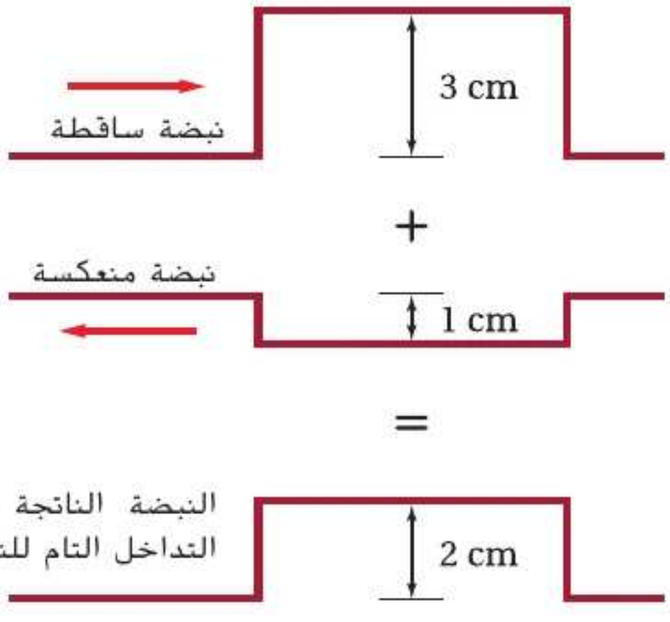
المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

التداخل interference

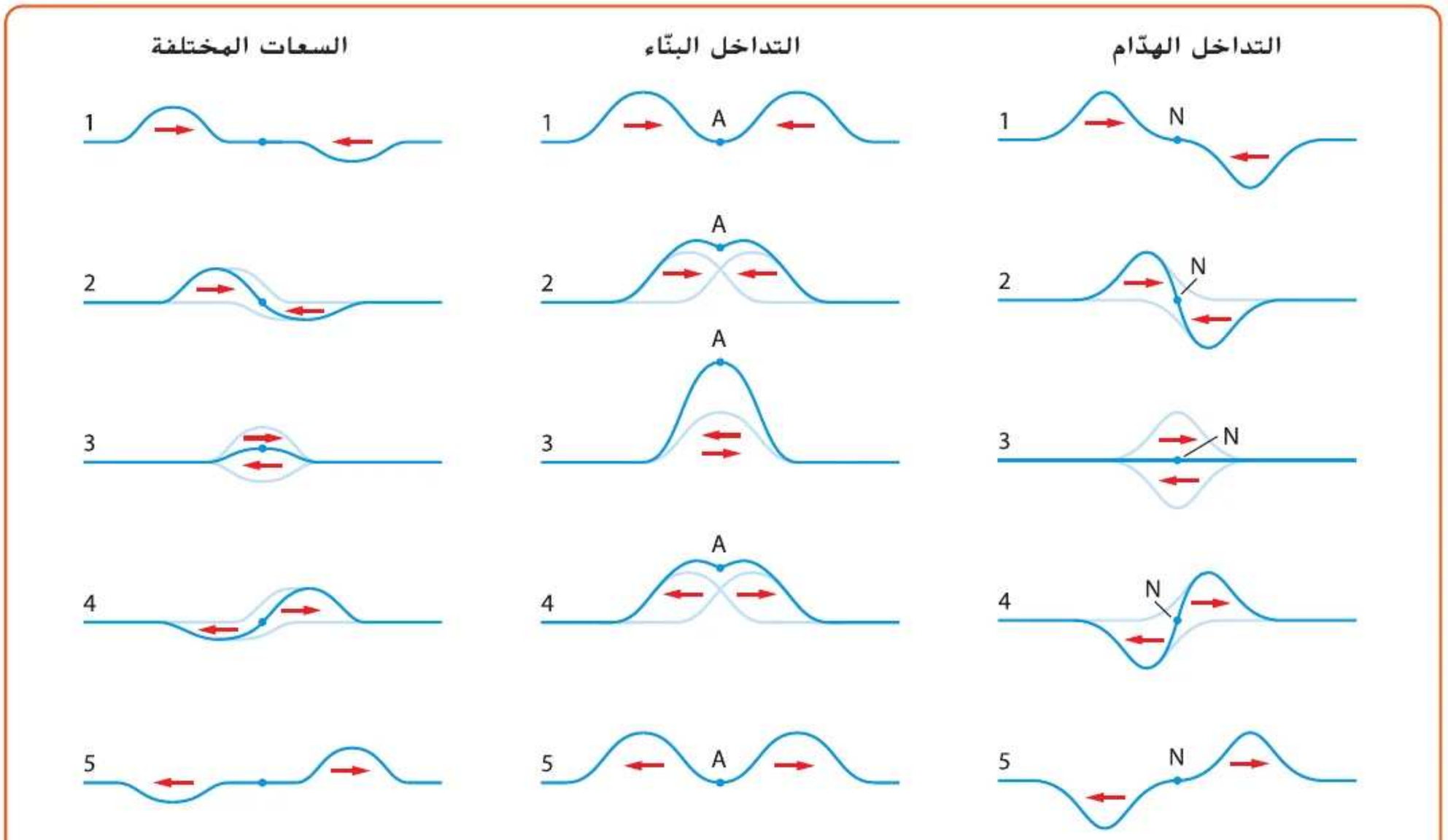
- **الاستخدام العلمي**
  نتيجة تراكب موجتين أو أكثر كانت سعة تداخل عدة موجات أكبر بكثير من سعة الموجات المنفردة.
- **الاستخدام العام**
  التدخل بطريقة مانعة أو معيقة
  طُرد مازن من المباراة بسبب ارتكابه مخالفة عند تداخله.

تداخل الموجات



الشكل 15 تُجمع الموجات أو النبضات جبريًا أثناء التراكب.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 16 عند جمع الموجات جبريًا، قد تكون الموجات المتراكبة الناتجة مختلفة إلى حد ما عن الموجات المنفردة.

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

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

التأكد من فهم النص **قارن** بين إزاحة وسط الموجة عند العقدة وعند البَطن.

الانعكاس يمكنك تطبيق مفهوم تراكب الموجات للتحكم في تكوين الموجات ذات السعات الكبيرة. تخيل أنّك ربطّت أحد طرفي حبل أو زنبرك في نقطة ثابتة، مثل مقبض الباب، وابتعدت مسافة مقدارها L. ثم بدأت تهز الطرف الحر. ستنطلق موجة وتنتقل على طول الحبل إلى الطرف الثابت ثم تنعكس وترتد عند الطرف الثابت وتعود إلى يدك. وعندما تصل إلى يدك، ترتد الموجة المنعكسة وتنتقل مرة أخرى إلى أسفل الحبل. بالتالي، عندما تترك الموجة يدك في المرة الثانية، تصبح إزاحتها في اتجاه الإزاحة نفسه الذي كانت فيه عندما تركت يدك في المرة الأولى.

مختبر الفيزياء

التداخل والحيود كيف تتداخل الموجات بعضها مع بعض؟

تجربة مصغرة

تفاعل الموجات ماذا يحدث عند التقاء الموجات التي تنتقل في اتجاهات مختلفة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الموجات المستقرّة لنفترض أنّك ضبطت حركة يدك بحيث يساوي الزمن الدوري للاهتزاز الزمن الذي تستغرقه الموجة إكمال اهتزازة واحدة من يدك إلى الباب ذهابًا وإيابًا. عندها ستُجمع الإزاحة التي تولدها يدك إلى الحبل كل مرة مع إزاحة الموجة المنعكسة. نتيجة لذلك، سيكون اهتزاز الحبل أكبر بكثير من حركة يدك. تُعدّ هذه الاهتزازات ذات السعة الكبيرة مثالًا للرنين الميكانيكي.

يمثّل طرفا الحبل العقدتين وتوجد البَطن في منتصف النبضة، كما هو موضّح في الصورة العلوية في **الشكل 17**. حيث تُسمى الموجة التي تبدو أنها لا تزال ساكنة **الموجة المستقرّة**. وينبغي أن تلاحظ أنّ الموجة المستقرة عبارة عن تداخل موجتين تتحركان في اتجاهين متعاكسين. إذا ضاعفتَ تردد الاهتزاز، فيمكنك الحصول على عقدة أخرى وبَطن آخر في الحبل، ويظهر أنّ الموجة تهتز في قسمين. عند زيادة تردد الاهتزاز أكثر، تحصل على عقد وبطون أكثر كما هو موضّح في الصورة السفلية في **الشكل 17**.

الموجات التي تنتقل في بُعدين

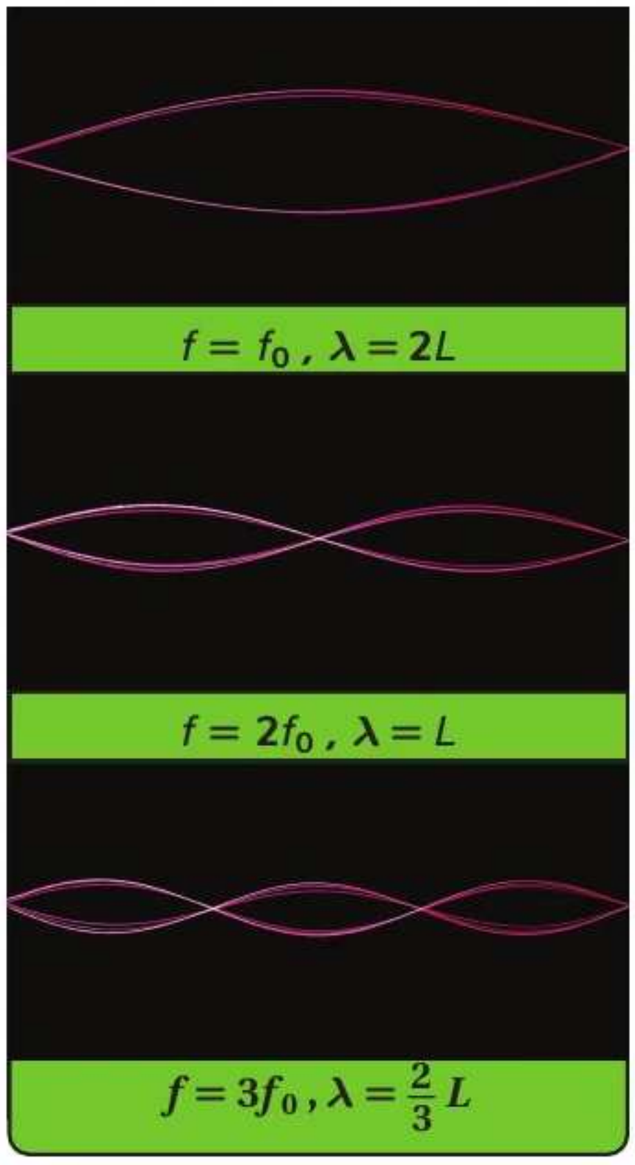
درستَ سابقًا الموجات التي تنتقل عبر حبل أو زنبرك، عندما تنعكس عن الحواجز ثابت حيث تصبح سعة الموجات صفرًا بسبب التداخل الهدّام. تتحرك هذه الموجات الميكانيكية في بُعد واحد فقط. أما موجات سطح الماء فتتحرك في بُعدين، وسوف تدرس لاحقًا أنّ الموجات الصوتية والموجات الكهرومغناطيسية تتحرك في ثلاثة أبعاد. كيف يمكن تمثيل الموجات في بُعدين؟

تمثيل الموجات التي تنتقل في بعدين عندما تلقي حجرًا صغيرًا في بركة ماء ساكنة، ترى القمم والقيعان للموجات الدائرية الناتجة تنتشر نحو الخارج في جميع الاتجاهات. يمكن تمثيل هذه الموجات عن طريق رسم دوائر يصل بين قمم الموجات الواصلة في الفترة الزمنية نفسها. فعندما تضع رأس إصبعك في الماء عدة مرات وتحركه بتردد ثابت، فإنّ الرسم التخطيطي الناتج سيكون عبارة عن سلسلة من دوائر متحدة في مراكزها، وتكون إصبعك مركز تلك الدوائر التي تُسمى مقدمات الموجات. إنّ **مقدمة الموجة** عبارة عن خط يصل بين قمم الموجات الواصلة في الفترة الزمنية نفسها في بُعدين. يمكن استخدام مقدمات الموجات لتوضيح الموجات بأي شكل كانت، بما في ذلك الموجات المستقيمة والدائرية. توضّح الصورة الموجودة في **الشكل 18** الموجات الدائرية في الماء، كما توضّح الدوائر المرسومة على الرسم التخطيطي مقدمات هذه الموجات التي تمثل موجات الماء هذه.

تتحرك الموجات في بعدين دائمًا في اتجاه متعامد مع مقدماتها أيًّا كان شكلها. يُمكن تمثيل هذا الاتجاه **بشعاع** على شكل خط يصنع زاوية قائمة مع الموجة. وإذا أردت توضيح اتجاه انتقال الموجة فقط، فمن الأنسب أن ترسم أشعة بدلًا من مقدمات الموجات. إنّ الأسهم الحمراء الموجودة في **الشكل 18** عبارة عن أشعة توضّح اتجاه حركة موجات الماء. يُعدّ توضيح طول الموجة أحد مزايا رسم مقدمات الموجة عند رسمها وفقًا لمقياس الرسم. في **الشكل 18**، حيث إن طول الموجة يساوي المسافة من الدائرة إلى الدائرة التي تليها.

شعاع

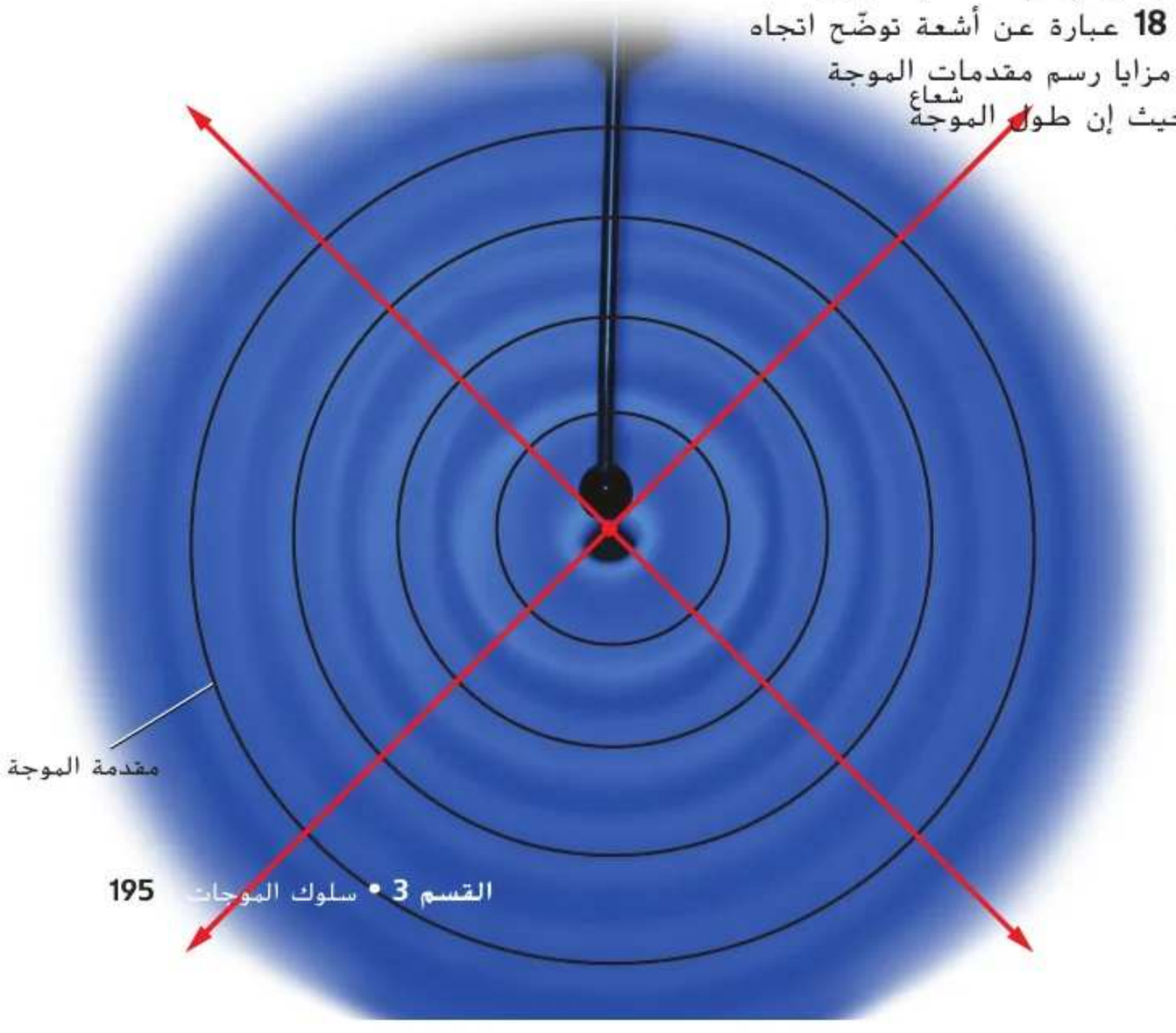
✔ **التأكد من فهم النص** **حدد** العلاقة بين مقدمات الموجات والأشعة.



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

توقع طول الموجة إذا كان التردد أربعة أضعاف أقل تردد.

الشكل 18 تنتشر الموجات بنمط دائري من مصدر التذبذب.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

العمود المقام normal

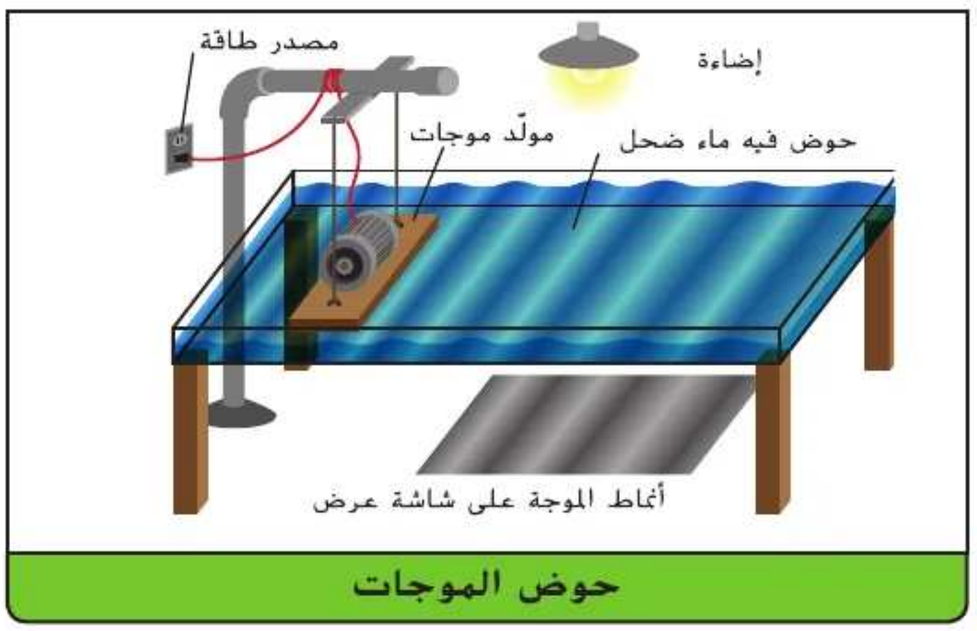
- **الاستخدام العلمي**
  خط على الرسم التخطيطي يُرسم عموديًا على السطح
  زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس عند قياسهما من العمود المقام.
- **الاستخدام العام**
  التوافق مع نوع أو معيار أو نمط منتظم
  درجات الحرارة الباردة هذه غير معتادة في يوليو.

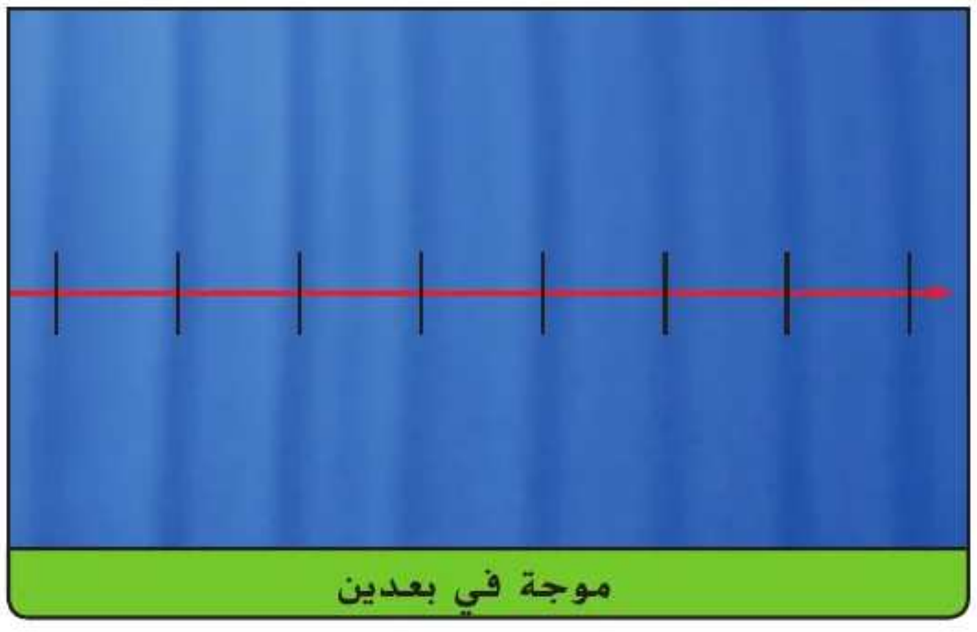
إنشاء الموجات في بعدين يُعدّ حوض الموجات جزءًا من معدات المختبر التي تستخدم للتحقق من خصائص الموجات التي تنتشر في بعدين. وكما يبيّن **الشكل 19** أنه يحتوي على طبقة ماء ضحلة، وألواح اهتزاز تولد موجات ذات مقدمات موجية مستقيمة. يوجد مصباح فوق الحوض ينتج ظلالًا تتكون أسفل الحوض توضّح مواقع قمم الموجات وقيعانها.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

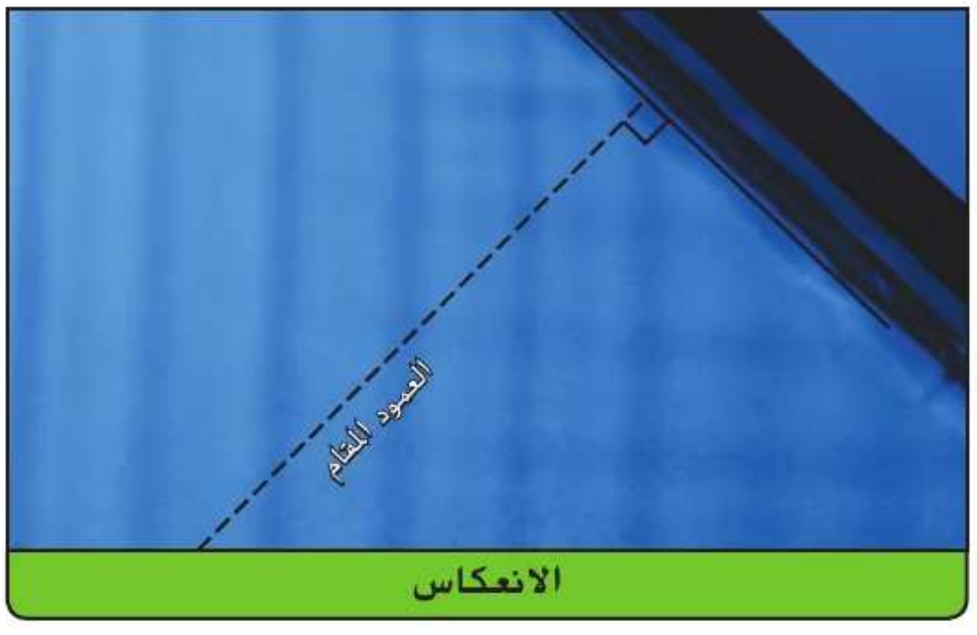
انعكاس الموجات في بعدين يوضّح الجزء السفلي في **الشكل 19** شعاعًا ساقطًا يعترض مساره حد فاصل ثابت عند زاوية على مسار الشعاع. ويُوضَّح اتجاه الحد بخط يُسمى **العمود المقام** يُرسم عموديًا على الحد. تُسمى الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام زاوية السقوط ويُرمز إليها بالرمز θ_i في الرسم التخطيطي.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

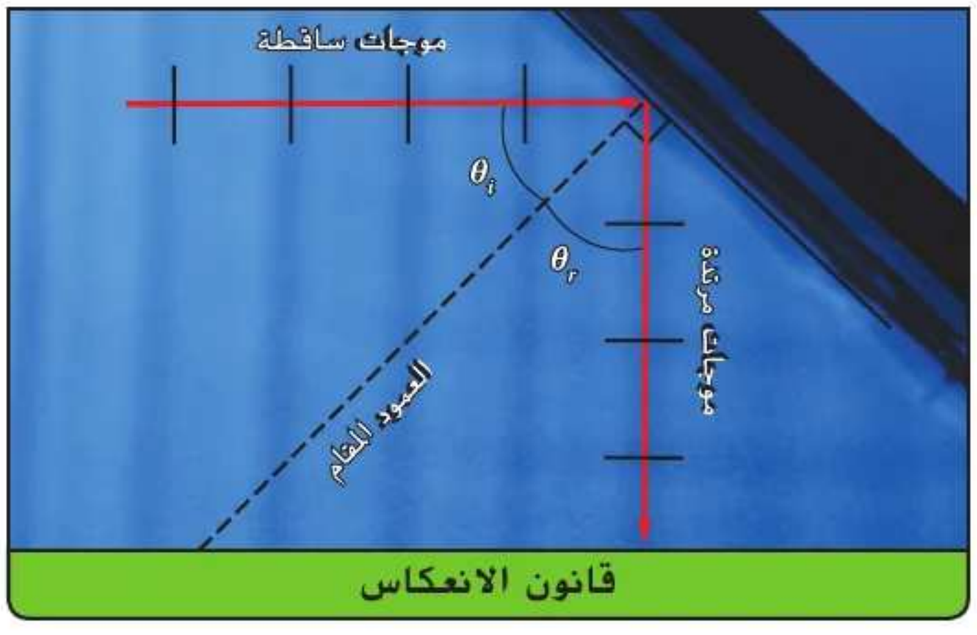
التأكد من فهم النص **اشرح** كيف تُقاس كل من زاوية السقوط وزاوية الانعكاس.

الشكل 19 يُحدث حوض الموجات، موجاتٍ منتظمة تفيد في تمثيل سلوك الموجة.

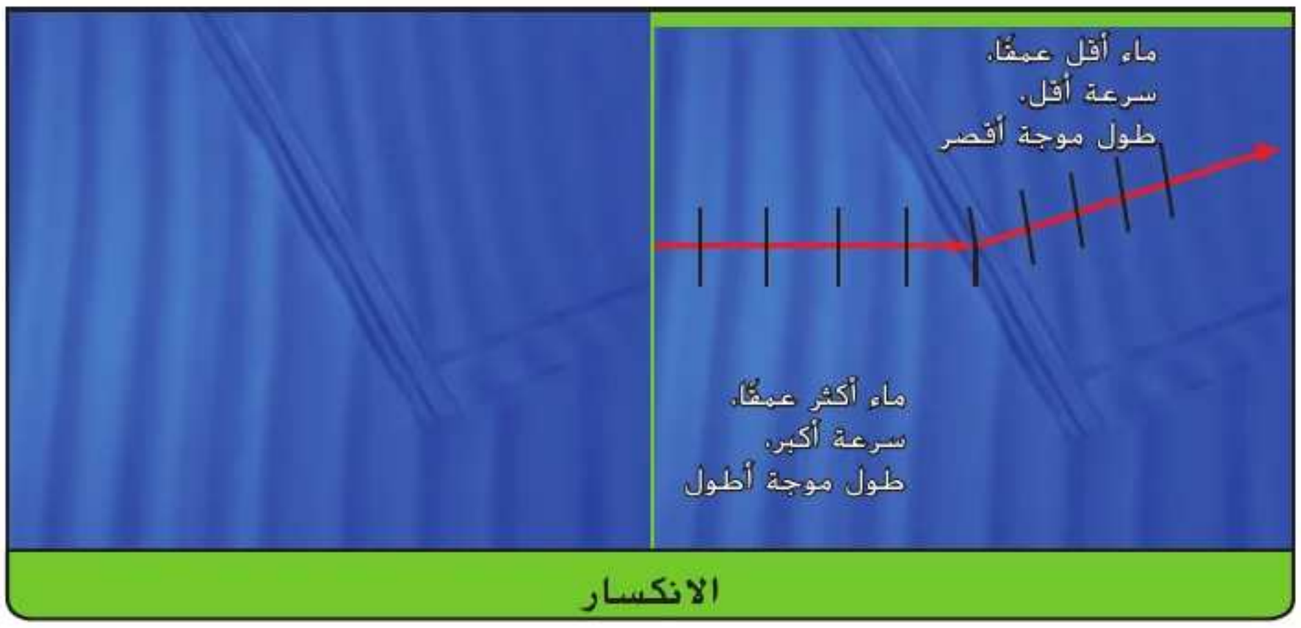








حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Graw-Hill Education



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

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

انكسار الموجات التي تنتقل في بُعدين يُمكن أن يُمثّل حوض الموجات سلوك الموجات أيضًا عندما تنتقل من وسط إلى آخر. يوضّح **الشكل 20** لوحًا زجاجيًّا موضوعًا أسفل الماء في حوض الموجات. وسُمك طبقة الماء الموجودة فوق اللوح الزجاجي أقل من سمك الماء الموجود في باقي الحوض. عندما تنتقل الموجات من الماء العميق إلى الماء الضحل، تقل سرعتها ويتغيّر اتجاهها. حيث تُعدّ هذه التغيّرات التي تحدث في السرعة عندما تنتقل الموجات من وسط إلى آخر.

ترتبط الموجات الموجودة في الماء الضحل بالموجات الموجودة في الماء العميق. نتيجةً لذلك، يتساوى تردد الموجات في كلا الوسطين. وفقًا للمعادلة $\lambda = \frac{v}{f}$. ويعني الانخفاض في سرعة الموجات، أنّ طول الموجة يكون أقصر في الماء الضحل. يُسمى التغيّر الذي يحدث في اتجاه الموجات عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين **الانكسار**. يوضّح **الشكل 20** مقدمة الموجة ونموذج المخطط الشعاعي للانكسار. إذ سينكسر جزء من الموجة عند الحد الفاصل وينعكس جزء آخر.

التأكد من فهم النص **ما** المعامل الذي يتغير فيه طول الموجة إذا كانت سرعة الموجة المنكسرة تساوي نصف سرعة الموجة الساقطة.

يحدث الانعكاس والانكسار لعدة أنواع مختلفة من الموجات. ويعد صدى الأصوات مثالًا لانعكاس الموجات الصوتية عن السّطوح الثابتة، مثل جدران صالة الألعاب الرياضية الكبيرة أو سطح جرف صخري بعيد. وتتكون أقواس المطر نتيجة لانعكاس الضوء وانكساره. فعندما يمرّ ضوء الشمس عبر قطرات المطر، يحلل الانعكاس والانكسار الضوء إلى ألوانه المفردة وينتج قوس المطر. سيُناقش سلوك الصوت والضوء بمزيد من التفصيل في وحدات أخرى.

مختبر الفيزياء

الانعكاس والانكسار كيف يكون سلوك الموجات عند الحد الفاصل؟

القسم 3 مراجعة

31. **الفكرة الرئيسة** ما الخصائص التي تبقى ثابتة من دون تغيير عندما تعبر موجة من خلال حد فاصل بين وسطين مختلفين: التردد والسعة وطول الموجة والسرعة والاتجاه أم أي منها؟
32. **تراكب الموجات** مثّل بالرسم موجتين تنتج من تداخلهما موجة سعتها أكبر من سعة الموجتين المنفردتين.
33. **انكسار الموجات** في **الشكل 20**، تُغيّر الموجة اتجاهها عندما تنتقل من وسط إلى آخر. هل يُمكن أن تعبر الموجة في بعدين حدًّا يفصل بين وسطين من دون أن يتغير اتجاهها؟ وضّح ذلك.
34. **الموجات المستقرة** ما العلاقة بين عدد العقد وعدد البطون في موجة مستقرة في زنبرك مثبت من الطرفين؟
35. **التفكير الناقد** لفهم انعكاس الموجات بطريقة أخرى، غطّ الجانب الأيمن من كل رسم في الجزء الأيمن في **الشكل 16** بقطعة من الورق، على أن تكون حافة الورقة موضوعة على النقطة N التي تمثل العقدة. الآن، ركّز على الموجة الناتجة التي تظهر باللون الأزرق الداكن. لاحظ أنها تنتقل كموجة منعكسة من أحد الحدود الفاصلة. هل هذا الحد الفاصل جدار ثابت؟ كرّر هذا التمرين مع الجزء الأوسط من **الشكل 16**.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أحداث
ذات أهمية

شهدت اليابان زلازل متكررة وخطيرة ومدمرة في بعض الأحيان، مثل زلزال توهوكو الذي حدث في مارس 2011. ونتيجة لذلك، صمّم المهندسون وشيدوا ناطحات سحاب في اليابان يمكن أن تتحمل أسوأ الزلازل بأقل حد من الأضرار. ومن بين هذه المباني برج لاندمارك المكوّن من 73 طبقة الموجود في يوكوهاما.

1 يحوي برج لاندمارك نظامًا بندوليًا يوجَّه بالكمبيوتر تزن كتلته المتحركة 170 طنًا مخفيًا في الطبقة رقم 71 من برج لاندمارك. يمتص نظام البندول هذا الذبذبات من الموجات الزلزالية ويحدّ من التأرجح بنسبة تصل إلى 40% أثناء حدوث الزلازل.

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

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

لمزيد من التعمق <<<

أجرِ بحثًا عن المباني الأخرى المقاومة للزلازل في اليابان. ما التقنيات والتصميمات التي كانت أكثر فعالية في الحدّ من الأضرار أثناء حدوث زلزال توهوكو في مارس 2011؟

McGraw-Hill Education جميع الحقوق محفوظة لصالح مؤسسة © الناشر

الوحدة 7 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة تُعدّ الموجات والحركة التوافقية البسيطة مثالين للحركة الدورية.

القسم 1 الحركة الدورية

المفردات

- حركة دورية periodic motion
- زمن دوري period
- سعة الموجة amplitude
- حركة توافقية بسيطة simple harmonic motion
- قانون هوك Hooke's law
- بندول بسيط simple pendulum
- رنين resonance

الفكرة الرئيسة تتكرر الحركة الدورية في فترات زمنية منتظمة.

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

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

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

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

القسم 2 خصائص الموجات

المفردات

- موجة wave
- نبضة pulse
- موجة مستعرضة transverse wave
- موجة دورية periodic wave
- موجة طولية longitudinal wave
- موجة سطحية surface wave
- قاع trough
- قمة crest
- طول موجة wavelength
- تردد frequency

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

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

$$v = f\lambda$$

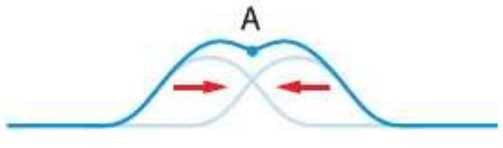
القسم 3 سلوك الموجات

المفردات

- موجة ساقطة incident wave
- موجة منعكسة reflected wave
- مبدأ التراكب principle of superposition
- تداخل interference
- عقدة node
- بَطن antinode
- موجة مستقرة standing wave
- مقدمة موجة wavefront
- شعاع ray
- عمود مقام normal
- قانون الانعكاس law of reflection
- انكسار refraction

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

- عندما تنعكس الموجات الثنائية الأبعاد من الحدود، تكون زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس. يُسمى التغيّر الذي يحدث في اتجاه الموجات عند الحدود بين وسطين مختلفين الانكسار.
- يحدث التداخل عندما تنتقل موجتان أو أكثر عبر الوسط نفسه في الزمن نفسه. ينص مبدأ التراكب على أنّ إزاحة الوسط التي تنشأ من موجتين أو أكثر تساوي المجموع الجبري لإزاحات الموجات الفردية.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 7 التقويم

القسم 1 الحركة الدورية

إتقان المفاهيم

36. **الفكرة الرئيسة** ما الحركة الدورية؟ اذكر ثلاثة أمثلة للحركة الدورية.

37. ما الفرق بين التردد والزمن الدوري؟ كيف يرتبط كل منهما بالآخر؟

38. ما الحركة التوافقية البسيطة؟ اذكر مثالًا عليها.

39. إذا كان الزنبرك يخضع لقانون هوك، فما العلاقة التي تربط القوة المؤثرة مع استطالته؟

40. كيف يمكن تحديد ثابت الزنبرك من الرسم البياني للعلاقة بين مقدار القوة والاستطالة؟

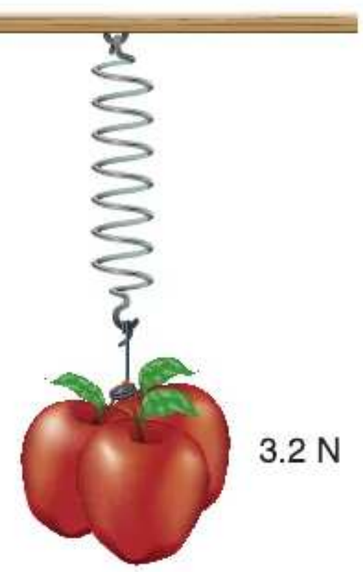
41. كيف يمكن تحديد طاقة الوضع المرونية المختزنة في الزنبرك من الرسم البياني للقوة والأستطالة؟

42. هل يعتمد الزمن الدوري للبندول على كتلة الثقل؟ أم طول البندول؟ أم سعة الذبذبة؟ ما الذي يعتمد عليه أيضًا الزمن الدوري؟

43. ما الشروط اللازمة لحدوث الرنين؟

إتقان حل المسائل

44. إذا استطال زنبرك مسافة 0.12 m عندما عُلّق في أسفله عدد من التفاحات وزنها 3.2 N كما في **الشكل 21**. فما مقدار ثابت الزنبرك؟



الشكل 21

45. **صدمات السيارات** تتضمن كل الزنبركات اللولبية لسيارة ثابت زنبرك يبلغ 25,000 N/m. ما مقدار انضغاط كل زنبرك عندما يحمل ربع سيارة وزنها 25,000 N؟

46. يستطيل زنبرك يبلغ ثابته 27 N/m لمسافة مقدارها 16 cm. كم تبلغ طاقة الوضع المرونية للزنبرك؟

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

48. مُثّلت بيانات مقدار القوة والاستطالة لزنبرك في الرسم البياني الوارد في **الشكل 22**.

a. أوجد ثابت الزنبرك؟

b. أوجد طاقة الوضع المرونية للزنبرك عندما يستطيل 0.50 m؟

الشكل 22

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

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

A. الطول 10 cm، الكتلة = 0.25 kg

B. الطول 10 cm، الكتلة = 0.35 kg

C. الطول 20 cm، الكتلة = 0.25 kg

D. الطول 20 cm، الكتلة = 0.35 kg

القسم 2 خصائص الموجات

إتقان المفاهيم

51. اشرح كيف تختلف عملية نقل الطاقة المرتبطة بقذف كرة عن عملية نقل الطاقة المرتبطة بموجة ميكانيكية.

52. ما أوجه الاختلاف بين الموجات المستعرضة والطولية والسطحية؟

53. إذا انتقلت الموجات عبر زنبرك ثابت الطول، أجب عمّا يلي:

a. هل يمكن تغيير سرعة الموجات التي تنتقل عبر الزنبرك؟ اشرح.

b. هل يمكن تغيير تردد موجة تنتقل عبر الزنبرك؟ وضح ذلك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

54. ما الطول الموجي لموجة؟

55. لنفترض أنّك أحدثتَ نبضة عبر حبل. ما وجه المقارنة بين موضع نقطة على الحبل قبل وصول النبضة وموضع النقطة بعد مرور النبضة؟

56. ما وجه الاختلاف بين الموجة والموجة الدورية؟

57. وضح الاختلاف بين تردد الموجة والسرعة للموجة.

58. لنفترض أنّك أحدثتَ موجة مستعرضة عن طريق هزّ أحد طرفي زنبرك من جانب إلى آخر. ما وجه المقارنة بين تردد حركة يدك وتردد الموجة؟

59. متي تكون نقطتان على الموجة في الطور نفسه، ومتى تصبح النقطتان متعاكستين في الطور؟ اذكر مثالًا لكل منهما.

60. وضح العلاقة بين سعة الموجة والطاقة التي تنقلها.

إتقان حل المسائل

61. **حركة بناية** يتأرجح برج ويليس في مدينة شيكاغو ذهابًا وإيابًا في مهب الريح بتردد 0.12 Hz تقريبًا. كم يبلغ الزمن الدوري للاهتزاز؟

62. **موجات المحيط** يبلغ طول موجة محيط 12.0 m. وتمر موجة بموقع ثابت كل 3.0 s. كم تبلغ سرعة الموجة؟

63. يبلغ طول الموجة لموجات الماء في طبق مسطح 6.0 cm. يتحرك الماء صعودًا وهبوطًا بمعدل 4.8 ترددات في الثانية.
   a. كم تبلغ سرعة الموجات؟
   b. كم يبلغ الزمن الدوري لهذه الموجات؟

64. تنتقل موجات الماء في بحيرة بمعدل 3.4 m خلال 1.8 s. يبلغ الزمن الدوري للذبذبة 1.1 s.
   a. كم تبلغ سرعة موجات الماء؟
   b. كم يبلغ طول موجتها؟

65. **السونار** يبلغ طول موجة إشارة سونار ترددها 1.00×10^6 Hz نحو 1.50 mm في الماء.
   a. كم تبلغ سرعة الإشارة في الماء؟
   b. كم يبلغ الزمن الدوري لها في الماء؟

66. تبلغ سرعة الصوت في الماء 1498 m/s. تُرسَل إشارة سونار من سفينة مباشرة إلى أسفل عند نقطة تحت سطح الماء مباشرة وكُشفت الإشارة المنعكسة بعد مرور 1.80 s. كم يبلغ عمق الماء؟

67. تحدث موجة صوتية طول موجتها 0.60 m وسرعتها 330 m/s خلال 0.50 s.
   a. ما تردد الموجة؟
   b. كم عدد الموجات الكاملة المُرسلة في هذه الفترة الزمنية؟
   c. بعد مرور 0.50 s، كم تبعد مقدمة الموجة عن مصدر الصوت؟

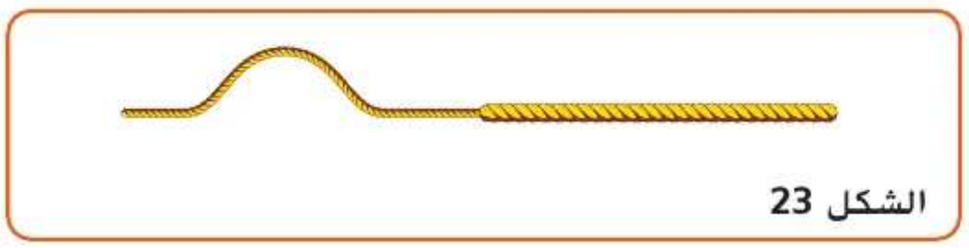
68. يستريح مازن وعبدالله على منصة بحرية بعد السباحة. قدّر كلاهما أنّ المسافة التي تفصل بين القاع والقمة المجاورة لكل موجة سطحية في البحيرة 3.0 m. عدّ كلاهما 12 قمة خلال 20.0 s. احسب مقدار السرعة التي تنتقل بها الموجات.

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

القسم 3 سلوك الموجات

إتقان المفاهيم

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



الشكل 23

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

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

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

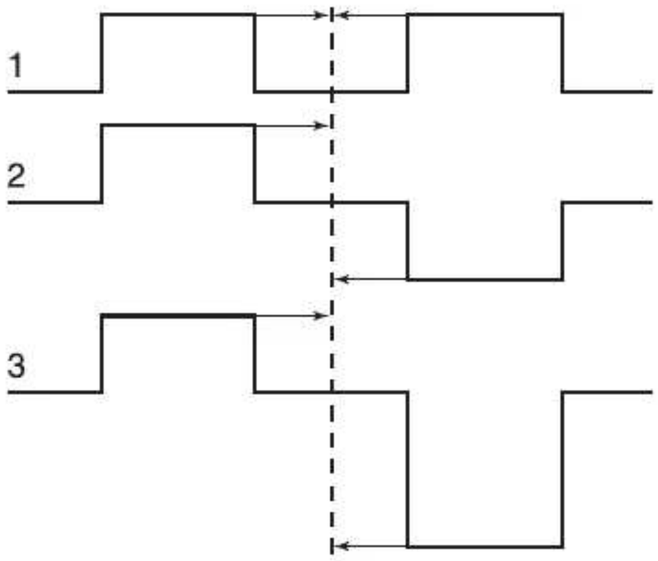
74. اذا اهتز وتر مشكلًا أربعة أقسام، ستستطيع لمس بعض النقاط عليه من دون أن تحدث اضطرابًا في حركته. ما عدد هذه النقاط؟

75. عبرت مقدمات موجات بزاوية من وسط إلى آخر وتحركت فيه بسرعة مختلفة. صِف التغيّرين اللذين حدثا في مقدمات الموجات. ما الذي لم يتغيّر؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

إتقان حل المسائل

76. مثّل بالرسم نتيجة كل حالة من الحالات الثلاث (1و2و3) الموضّحة في **الشكل 24**، عندما يقع مركزا النبضتين المتقاربتين على الخط المنقط بحيث تتداخل النبضتان تمامًا.



الشكل 24

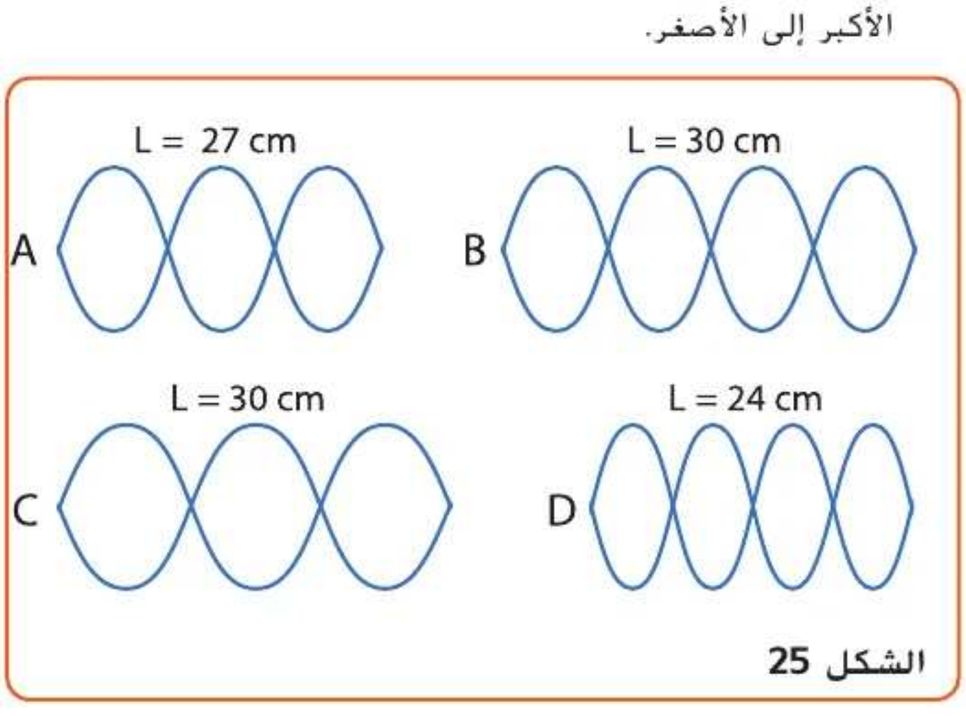
77. أجهزة الجيتار تبلغ سرعة الموجة في وتر الجيتار 265 m/s. ويبلغ طول الوتر 63 cm. وعندما حُرِّك منتصف الوتر بسحبه إلى أعلى وتركه، انتقلت الموجات في كلا الاتجاهين وانعكست بعيدًا من طرفي الوتر.

a. ما المدة الزمنية التي تستغرقها الموجه لتنتقل إلى الوتر وتعود إلى المنتصف؟

b. عندما تعود الموجات، هل يوجد الوتر فوق موقعه المستقر أم أسفله؟

c. إذا حرّكتَ الوتر مسافة 15 cm من أحد طرفيه، فأين ستلتقي النبضتان؟

78. تنشأ موجات مستقرة في الأوتار الأربعة الموضّحة في **الشكل 25**. إنّ كتلة كل الأوتار هي نفسها لكل وحدة طول وتتأثر جميعها بقوة الشد نفسها.
إذا كانت أطوال الأوتار (L) معلومة، رتّب ترددات الموجات من الأكبر إلى الأصغر.



الشكل 25

تطبيق المفاهيم

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

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

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

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

83. ماذا يحدث للزمن الدوري لموجة عندما يزداد ترددها؟

84. ماذا يحدث لطول الموجة عندما يزداد ترددها؟

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

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

مراجعة عامة

87. احسب الزمن الدوري لبندول طوله 1.4 m؟

88. موجات الراديو تُبث إشارات راديو AM بترددات تتراوح بين 550 kHz (كيلوهرتز) و 1600 kHz بسرعة 3.0×10^8 m/s.

a. ما مدى أطوال موجات الإشارات؟

b. تتراوح ترددات FM بين 88 MHz (ميجاهرتز) و 108 MHz بالسرعة نفسها. ما مدى أطوال الموجة لموجات FM؟

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

a. طول الموجة

b. الزمن الدوري للموجة

c. تردد الموجة

90. عندما تُعلَّق كتلة 225 g في زنبرك، يستطيل الزنبرك مسافة مقدارها 9.4 cm. إذا سُحب الزنبرك والكتلة مسافة مقدارها 8.0 cm من موضع الاتزان الجديد هذا ثم تُركا، أوجد قيمة ثابت الزنبرك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

91. إذا كنت تسبح بعيدًا من الشاطىء، بالرغم من أن نبضات الموجة تنتقل نحو الشاطىء، فإنها لا تنقلك بالقرب منه.

a. ما نوع الموجة التي تواجهها عندما تسبح في الماء؟

b. اشرح لماذا لا تنقلك الموجة بالقرب من الشاطئ.

c. إذا مرت عليك 10 موجات في غضون 15 s، كم يبلغ الزمن الدوري لهذه الموجات؟

d. احسب كم يبلغ تردد هذه الموجات؟

e. إذا قدّرت أنّ قمم الموجة تبعد إحداها من الأخرى مسافة 3 m، فما السرعة المتجهة للموجات؟

f. بعد العودة إلى الشاطئ، تعرف أنّ الموجات تنتقل بسرعة 1.8 m/s. كم يبلغ طول الموجة الفعلي لهذه الموجات؟

92. لاعب القفز بالحبال قفز أحد لاعبي القفز بالحبال كتلته 68 kg من منطاد هواء ساخن باستخدام حبل مطاطي طوله 540 m قابل للاستطالة. وعند اكتمال القفز كان اللاعب معلقًا بالحبل الذي أصبح طوله 1710 m. كم يبلغ ثابت المرونة للحبل المطاطي؟

93. لديك ميزان ميكانيكي لوزن السمك مزوّد بزنبرك ينضغط عند إضافة وزن إلى خطاف مثبّت أسفل الميزان. لسوء الحظ، أتلفت معايرة الميزان تمامًا. بالرغم من ذلك، لديك كتلة واحدة معلومة 500.0 g تجعل الزنبرك ينضغط مسافة مقدارها 2.0 cm.

a. ما ثابت الزنبرك؟

b. إذا تسببت سمكة بأن ينضغط الزنبرك مسافة مقدارها 4.5 cm، ما كتلة السمكة؟

94. تأرجح الجسر في الصيف فوق نهر نيو ريفر في فرجينيا الغربية، يتأرجح العديد من الأولاد باستخدام الحبال ثم يسقطون في النهر بعد بضعة تأرجحات ذهابًا وإيابًا.

a. إذا استخدم "حسام" حبلًا طوله 10.0 m، فما الزمن الذي يحتاج إليه ليعمل اهتزازة كاملة؟

b. إذا كانت كتلة "فهد" أكبر من كتلة "حسام" بمقدار 20 kg. فما توقعك لاختلاف الزمن الدوري لحركة تأرجحه عن حركة تأرجح "حسام"؟

c. عند أي نقطة في حركة التأرجح تبلغ طاقة الحركة أقصى مقدار لها؟

d. عند أي نقطة في حركة التأرجح تبلغ طاقة الوضع أقصى مقدار لها؟

e. عند أي نقطة في حركة التأرجح تبلغ طاقة الحركة أدنى مقدار لها؟

f. عند أي نقطة في حركة التأرجح تبلغ طاقة الوضع أدنى مقدار لها؟

95. زنبركات السيارات عندما تضيف حمولة مقدار 45 kg إلى صندوق سيارة صغيرة جديدة، ينضغط الزنبركان الخلفيان مسافة إضافية مقدارها 1.0 cm.

a. احسب الثابت لكل من الزنبركان.

b. ما مقدار الزيادة في طاقة الوضع المرونية المختزنة لكل من الزنبركين بعد إضافة الحمولة إلى صندوق السيارة؟

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

a. ما الزمن الدوري الأصلي للعبة؟

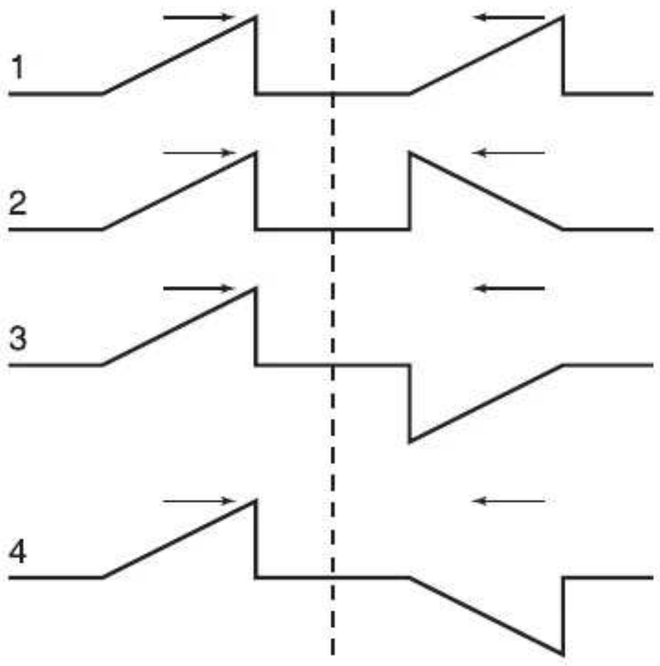
b. ما الزمن الدوري الجديد للعبة؟

c. احسب التردد الجديد.

d. ما طول الساق الذي يحمل العربة في اللعبة؟

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

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



الشكل 26

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

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

b. إذا كان طول البندول حاليًا 15.0 cm. فما مقدار الطول اللازم تغييره حتى يكون الزمن الدوري أقل بمقدار 0.0400 s؟

c. يبلغ طول بندول ساعة أخرى 77.5 cm. تؤخر الساعة على مدار اليوم 5.00 min. ما مقدار الطول الذي ينبغي تغييره لضبط الوقت؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

99. تتوقف السرعة للموجة التي تنتقل عبر وتر على قوة الشد في الوتر والكتلة لكل وحدة طول للوتر. إذا كانت F_T هي قوة الشد في الوتر وμ هي الكتلة لكل وحدة طول، فيمكن تحديد السرعة (v) من خلال المعادلة التالية.

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

تبلغ كتلة جزء من الوتر طوله 5.30 m نحو 15.0 g. فكم يجب أن تكون قوة الشد في الوتر حتى يصبح طول موجة ترددها 125 Hz يساوي 120.0 cm؟

التفكير الناقد

100. مسألة معكوسة اكتب مسألة فيزيائية تتضمن أجسامًا من واقع الحياة وتُمثّل المعادلة التالية جزءًا من الحل المطلوب لها:

$$(9.8\ \text{N/kg})(1.65\ \text{kg}) = k\ (0.15\ \text{m})$$

101. طرح مسألة أكمل هذه المسألة بحيث يجب حلها باستخدام المفهوم الوارد أدناه: "عُلّقت كتلة رأسيا في زنبرك يبلغ ثابته 200 N/m ..."

a. بقاء الطاقة

c. التردد

102. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها عُلّقت عدة أوزان في زنبرك وقيست استطالات الزنبرك. يوضّح **الجدول 2** البيانات التي تم الحصول عليها.

الجدول 2 الأوزان المؤثرة في الزنبرك

مقدار القوة، F (N)	الاستطالة، x (m)
2.5	0.12
5.0	0.26
7.5	0.35
10.0	0.50
12.5	0.60
15.0	0.71

a. مثّل بيانيًا العلاقة بين مقدار القوة المبذولة على الزنبرك مقابل الاستطالة فيه. على أن ترسم القوة على محور الصادات y.

b. أوجد ثابت الزنبرك من التمثيل البياني.

c. باستخدام الرسم البياني، أوجد قيمة طاقة الوضع المرونية الكامنة في الزنبرك عندما يستطيل إلى 0.50 m.

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

a. احسب ثابت الزنبرك

b. ما مقدار الطاقة الكامنة في الزنبرك؟

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

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

الشكل 27

الكتابة في الفيزياء

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

مراجعة تراكمية

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

a. ما طاقة الحركة النهائية لهذه السيارة؟

b. ما مقدار الحد الأدنى للشغل الذي بذله محركها؟ لماذا لا يمكنك حساب مقدار الشغل الكلي المبذول؟

c. كم يبلغ متوسط التسارع لهذه السيارة؟

107. ما مقدار كمية الماء التي يجب أن تتبخر من محرك بخاري خلال 1 s لإنتاج 1 kW من الطاقة؟ لنفترض أنّ كفاءة المحرّك تصل إلى 20%.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 7 تدريب على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

1. ما قيمة ثابت زنبرك تبلغ طاقة وضعه المرونية 8.67 J عندما يستطيل بمقدار 247 mm؟

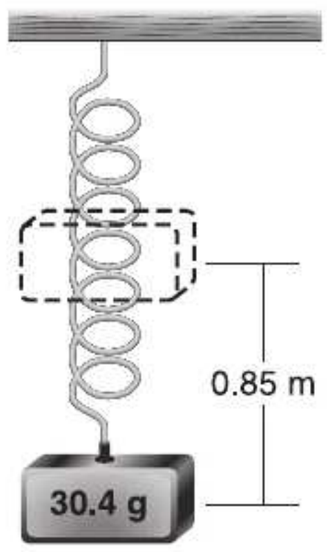
   A. 70.2 N/m
   B. 71.1 N/m
   C. 142 N/m
   D. 284 N/m

2. ما مقدار القوة التي تؤثر في زنبرك يبلغ ثابته 275 N/m ويستطيل بمقدار 14.3 cm؟

   A. 2.81 N
   B. 19.2 N
   C. 39.3 N
   D. 3.93×10^{30} N

3. إذا علقت كتلة في النهاية الطرف لزنبرك فاستطال بمقدار 0.85 m كما هو موضّح في الشكل التالي. كم يبلغ ثابت الزنبرك؟

   A. 0.25 N/m
   B. 0.35 N/m
   C. 26 N/m
   D. 3.5×10^{2} N/m



4. زنبرك ثابته يساوي 350 N/m يسحب بابًا لكي يغلقه. ما مقدار الشغل المبذول عندما يسحب الزنبرك الباب بسرعة ثابتة من استطالة s مقدارها 85.0 cm إلى استطالة مقدارها 5.0 cm؟

   A. 110 N · m
   B. 130 J
   C. 220 N · m
   D. 1.1×10^{3} J

5. ما طول بندول يبلغ زمنه الدوري 4.89 s؟

   A. 5.94 m
   B. 11.9 m
   C. 24.0 m
   D. 37.3 m

6. ما تردد موجة يبلغ زمنها الدوري 3 s؟

   A. 0.3 Hz
   B. 30 Hz
   C. $\frac{\pi}{3}$ Hz
   D. 3 Hz

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

   A. $\ell = \frac{4\pi^2 g}{T^2}$
   B. $\ell = \frac{gT}{4\pi^2}$
   C. $\ell = \frac{T^2 g}{(2\pi)^2}$
   D. $\ell = \frac{Tg}{2\pi}$

8. أي صفوف الجدول يمثل موجة مستقرة؟

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

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

   A. التداخل
   B. التخلخل
   C. الانعكاس
   D. الانكسار

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

   A. 0.2 Hz
   B. 2 Hz
   C. 5 Hz
   D. 9 Hz

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 8

المواد الصلبة والسائلة والغازية

التجربة الاستهلالية

الطفو والكثافة

لماذا تطفو السفن؟ هل وزنها أقل فعلًا أم توجد قوة أخرى تدفعها إلى أعلى؟ ماذا عن الأجسام التي تغوص، مثل الصخور؟ هل توجد قوة تدفعها إلى أعلى أيضًا؟

المطويات®

قم بإنشاء مطوية لخريطة المفاهيم. ضع اسمًا للصفحات كما هو موضّح. استخدمها لتنظيم ملاحظاتك حول المواد الصلبة والسائلة والغازية.

حقوق الطبع © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفكرة الرئيسة لكل حالة من حالات المادة، صلبة أو سائلة أو غازية، خصائص فريدة تحدِّدها حركة جسيماتها.

القسم 1 • المادة والطاقة الحرارية

القسم 2 • خصائص الموائع

القسم 3 • سلوك الغازات

Solids, Liquids, and Gases, Chapter 14, from Physical Science, Student Edition ©2017

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الأسئلة الرئيسة

- ما نظرية الحركة الجزيئية للمادة؟
- كيف تتحرّك الجسيمات في حالات المادة المختلفة؟
- ما سلوك الجسيمات عند درجات الغليان والانصهار؟

مفردات للمراجعة

الطاقة الحركية Kinetic Energy: هي الطاقة التي تكون لجسم أو جُسيم بسبب حركته

مفردات جديدة

نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic Molecular Theory
درجة الانصهار Melting Point
حرارة الانصهار Heat of Fusion
درجة الغليان Boiling Point
حرارة التبخير Heat of Vaporization
التسامي Sublimation
البلازما Plasma
التمدُّد الحراري Thermal Expansion

المطويات®
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

المادة والطاقة الحرارية

الفكرة الرئيسة **قد توجد المادة في حالة صلبة أو سائلة أو غازية أو بلازمية.**

الربط مع الحياة اليومية يمكن أن يكون الماء مشروبًا باردًا منعشًا أو سطحًا صلبًا للتزحلق عليه أو غازًا ساخنًا خطيرًا. فسلوك الماء يعتمد على حالته.

نظرية الحركة الجزيئية

تلاحظ المواد الصلبة والسائلة والغازية في كل يوم. انظر إلى **الشكل 1**. هل يمكنك تحديد حالات المادة الواردة؟ الشاي هو في الحالة السائلة. ومكعّبات الثلج التي جرى وضعها في الشاي لتبريده هي في الحالة الصلبة. ويحيط بالكوب ماء في الحالة الغازيّة. كجزء من الهواء. ما أوجه الاختلاف بين تلك الحالات؟

الحالة الغازية لفهم حالات المادة، يجب علينا التفكير في الجسيمات التي تكوّن المادة. فكّر في الهواء المحيط بك: إنَّه يتكوَّن من النيتروجين والأكسجين وبخار الماء، بالإضافة إلى غازات أخرى. وتكون تلك الذرات والجزيئات، وهي الجسيمات التي تكوّن الهواء، في حالة حركة مستمرة. **نظرية الحركة الجزيئية** هي تفسير لسلوك الجسيمات الموجودة في الغازات. لشرح سلوك الجسيمات، من الضروري وضع بعض الافتراضات الأساسية. في ما يلي افتراضات النظرية:

1. تتكوَّن المادة من جسيمات دقيقة (ذرات وجزيئات وأيونات).
2. تكون تلك الجسيمات في حالة حركة مستمرة عشوائية.
3. تصطدم الجسيمات بعضها ببعض وبجدران أي وعاء توضع فيه.
4. إنّ كمية الطاقة التي تفقدها الجسيمات نتيجة لتلك التصادمات قليلة جدًا.

الشكل 1 الماء هو مادة يمكن أن يوجد في حالات المادة الشائعة الثلاث في الوقت نفسه.

حدِّد حالتَي الماء الصلبة والسائلة في هذه الصورة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

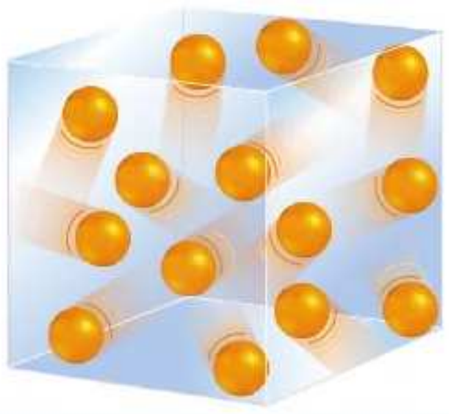
يوضِّح **الشكل 2** الجسيمات التي تُكوِّن المادة في الحالة الغازية. ليس للغازات حجم أو شكل ثابتان لأن جسيماتها تكون في حالة حركة مستمرة، متصادمةً بعضها مع بعض ومع جدران أوعيتها. بدلًا من ذلك، فإنّ الجسيمات التي تُكوِّن أي غاز تنتشر لتملأ أي وعاء توجد فيه.

الحالة السائلة على الرغم من أنّ النظرية تفسِّر سلوك جسيمات الغاز، إلا أنّ بعض افتراضاتها تنطبق على المواد السائلة والصلبة أيضًا. تكون جسيمات المادة في الحالة السائلة، المُبيَّنة في **الشكل 2**، أيضًا في حالة حركة مستمرة، على الرغم من كونها لا تتحرّك بالسرعة نفسها التي كانت ستتحرّك بها إذا كانت المادة في الحالة الغازية. لذلك، إنّ الجسيمات التي تُكوِّن مادة ما في حالة سائلة لها طاقةً حركيةً أقل من الطاقة الحركيّة للمادة نفسها عندما تكون في الحالة الغازيّة.

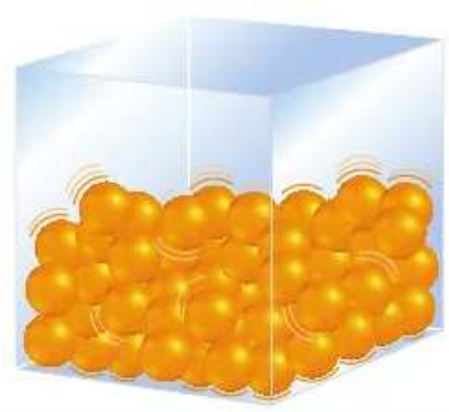
بما أنّ طاقة الجسيمات أقل، فإنّ قدرتها على التغلُّب على قوى التجاذب التي تربطها معًا أقل. لذا يُمكن للجسيمات أن تنزلق بمحاذاة بعضها البعض، سامحةً للسائل بالانسياب وأخذ شكل الوعاء الموجود فيه. غير أنّ الجسيمات التي تُكوِّن السائل تتماسك مع بعضها، لأنها لم تتغلَّب تمامًا على قوى التجاذب بينها، مما يمنح السائل حجمًا محدّدًا.

الحالة الصلبة بعكس الغاز أو السائل، فإنّ المادة الصلبة لها شكل وحجم مُحدّدان. تكون الجسيمات التي تُكوِّن المادة الصلبة متقاربة من بعضها بإحكام، كما هو مُبيَّن في **الشكل 2**. لا تزال تلك الجسيمات في حالة حركة، إلّا أنّ لها طاقة حركية ضئيلة جدًا لدرجة أنّ الجسيمات لا تقدر على التغلّب على قوى التجاذب التي تربطها معًا.

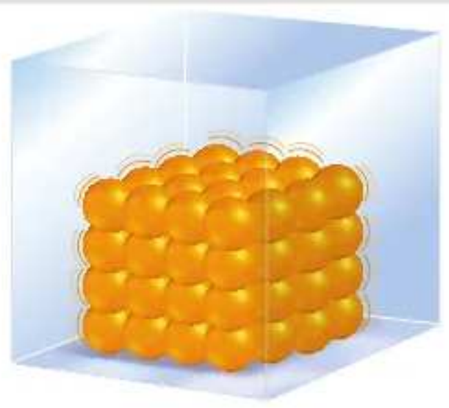
يكون الكثير من المواد الصلبة بلورية، مما يعني أنّ لجسيماتها ترتيبات هندسية معيّنة. يُبيّن **الشكل 3** الترتيب الهندسي للثلج. لاحظ أنّ ذرات الهيدروجين والأكسجين تتناوب في الترتيب.



غاز



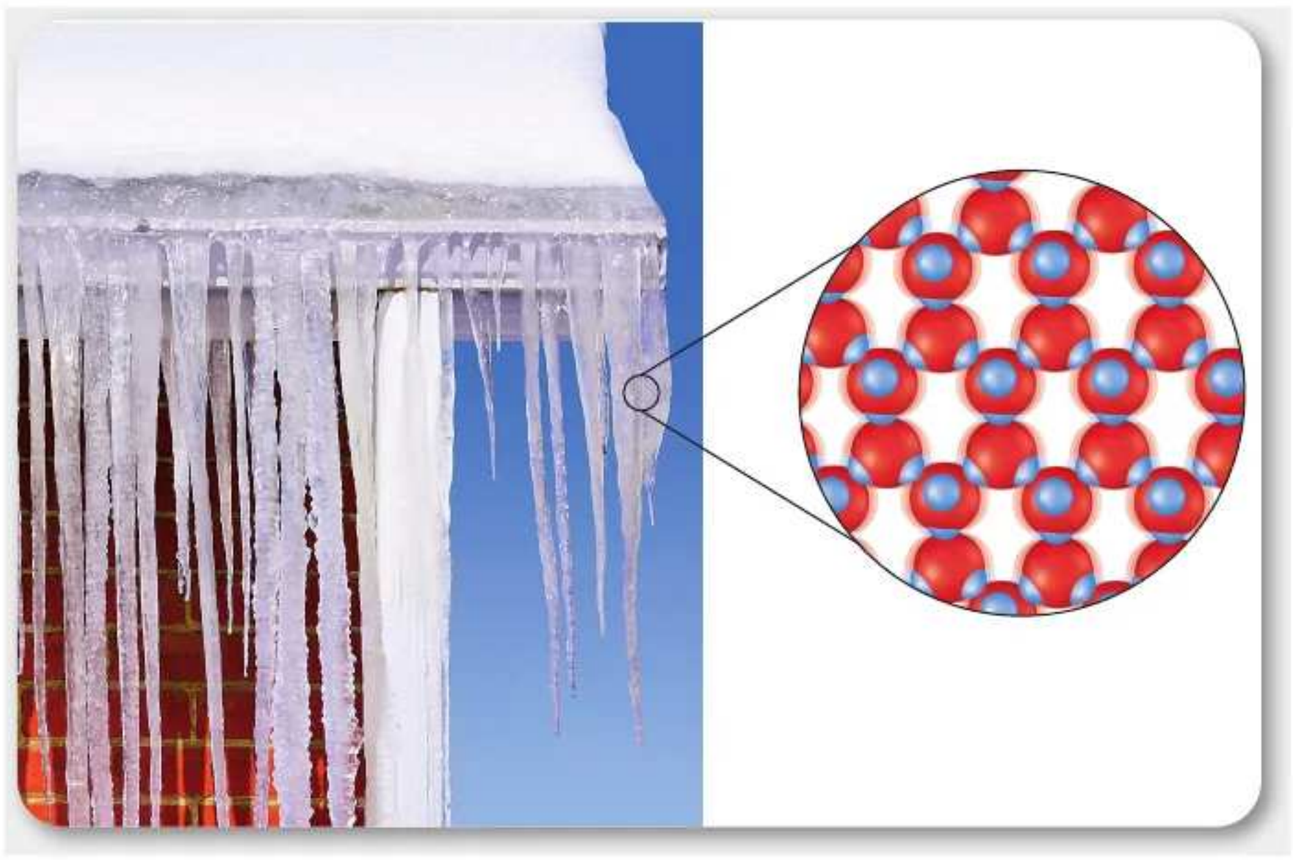
سائل



صلب

■ **الشكل 2** تختلف المواد الصلبة والسائلة والغازية في طريقة حركة جسيماتها. وتُفسِّر أوجه الاختلاف تلك خصائصها الفيزيائية.

قارن بين كل حالة من حالات المادة من حيث الشكل والحجم.



■ **الشكل 3** الثلج هو مادة صلبة بلورية، أي أنّ لجسيماتها ترتيب هندسيّ معيّن. بالرغم من أنّ الثلج لا تبدو عليه الحركة، إلّا أنّ جزيئاته تهتز في أماكنها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الطاقة الحرارية فكّر في الثلج المُبيّن في **الشكل 3**. كيف يمكن أن يكون للثلج المتجمّد حركة؟ تبقى الجسيمات التي تُكوّن المواد الصلبة في أماكنها بإحكام بواسطة قوى التجاذب بينها. فتمنح قوى التجاذب تلك المواد الصلبة شكلًا وحجمًا محدّدين. ومع ذلك، تبقى الجسيمات التي تُكوّن المادة الصلبة في حالة حركة مستمرة، إذ تُسبِّب الطاقة الحرارية اهتزاز الجسيمات.

إنّ الطاقة الحرارية هي الطاقة الإجمالية لجسيمات مادة ما. يتضمَّن ذلك الطاقة الحركية للجسيمات بالإضافة إلى طاقة الوضع الخاصة بها. ويُعتبَر كلٌّ من الطاقة الناتجة عن حركة الجسيمات المنفردة والطاقة الناتجة عن القوى التي تعمل داخل الجسيمات أو بينها من أشكال الطاقة الحرارية. بينما لا تُعتبر الطاقة الناتجة عن حركة الجسم ككل ولا الطاقة الناتجة عن تفاعل الجسم مع ما يحيط به طاقةً حراريةً.

درجة الحرارة درجة الحرارة هي المصطلح المستخدَم للتعبير عن مدى سخونة أو برودة جسم ما. تمثّل درجة الحرارة معدّل الطاقة الحركية للجسيمات التي تتألّف منها المادة. وفي المتوسط، يكون لجزيئات الماء عند درجة حرارة 0°C طاقة حركية أقل من جزيئات الماء عند درجة حرارة 100°C.

تغيُّرات الحالة

ما الذي يحدث لمادة صلبة عند إضافة طاقة حرارية إليها؟ فكّر في الثلج المُبيّن في **الشكل 4**. تتحرّك الجسيمات التي تُكوّن الماء بسرعة وتتصادم مع الجسيمات التي تُكوّن مكعب الثلج. تنقل تلك التصادمات الطاقة من الماء إلى مكعّب الثلج. تهتزّ الجسيمات الموجودة عند سطح مكعب الثلج بشكل أسرع، ناقلةً الطاقة إلى جسيمات أخرى موجودة في مكعب الثلج.

الانصهار والتجمُّد سرعان ما تكتسب الجسيمات التي تُكوّن مكعب الثلج طاقة حركية كافية للتغلّب على قوى التجاذب التي تُبقيها في تركيبها البلوري، وينصهر الثلج. إنّ **درجة الانصهار** هي درجة الحرارة التي تتحوّل عندها المادة الصلبة إلى مادة سائلة. من الضروريّ وجود طاقة لتتحرّر الجسيمات من الترتيب المنظَّم للمادة الصلبة. أما **حرارة الانصهار**، فهي الطاقة اللازمة لتحويل مادة ما من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة انصهارها.

يسبِّب انتقال الطاقة بين جسيمات المادة السائلة والمادة الصلبة انصهار الثلج. ولكن ما الذي يحدث لجسيمات المادة السائلة عندما تتصادم مع المادة الصلبة؟ تَبْطُؤ حركة جسيمات المادة السائلة لأنّ لها طاقة حركية أقل. وعندما يحدث المزيد من تلك التصادمات، يقلّ متوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة السائلة فتبرد.

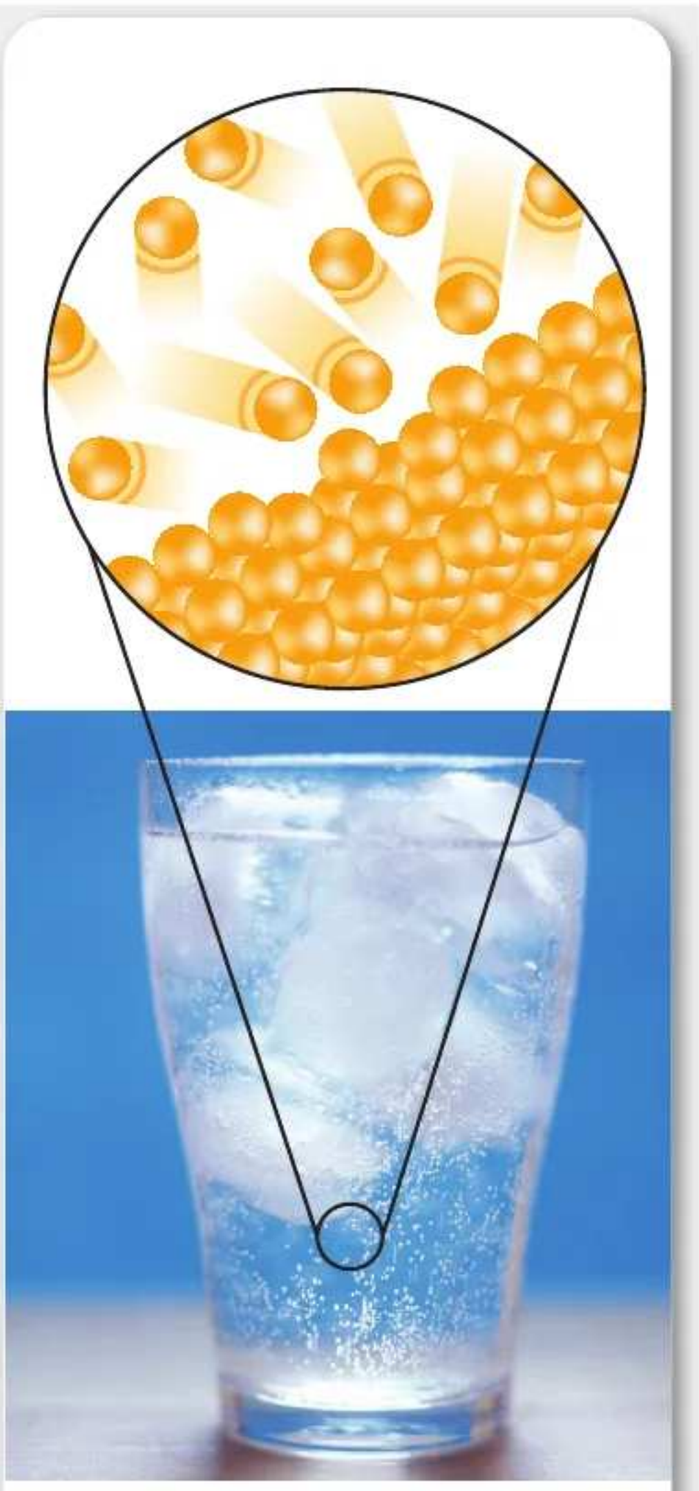
التجمُّد هو عكس الانصهار. فعند انخفاض درجة حرارة مادة سائلة، يقلّ متوسط الطاقة الحركية للجسيمات. وعند إزالة قدر كافٍ من الطاقة، تصبح الجسيمات ثابتة في مواقعها. إنّ درجة التجمُّد هي درجة الحرارة التي تتحوّل عندها المادة السائلة إلى مادة صلبة.

المفردات

مفردات أكاديمية

محدّد Definite

ذو حدود ظاهرة أو مميّزة لقد وضع المعلم معايير محدّدة للطلاب ليستوفوها.



الشكل 4 عند وضع الثلج في الماء، تنتقل الطاقة من جسيمات الماء السائلة إلى جسيمات الثلج الصلب، فينصهر الثلج ويبرد الماء.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التبخير والتكاثف كيف يصبح السائل غازًا؟ تذكَّر أنّ الجسيمات التي تُكوِّن السائل تكون في حالة حركة دائمة. وعندما تتحرَّك الجسيمات بالسرعة الكافية للهروب من قوى جذب جسيمات أخرى، تدخل إلى الحالة الغازية. تُسمّى هذه العملية بالتبخير. يمكن أن يحدث التبخير بطريقتين: التبخُّر والغليان. وتُسمى العملية التي يتحوَّل فيها الغاز إلى سائل بالتكاثف. التكاثف هو عكس التبخير.

التبخُّر يحدث التبخُّر عند سطح السائل ويمكن أن يحدث عند أي درجة حرارة تقريبًا. ولكي تتبخَّر الجسيمات، يجب أن تكون عند سطح السائل وأن يكون لها طاقة حركية كافية للتحرُّر من قوى جذب السائل.

الغليان إنّ الغليان المُبيّن في **الشكل 5** هو الطريقة الثانية التي يمكن أن يتبخَّر بها السائل. على عكس التبخُّر، يحدث الغليان للسائل عند درجة حرارة معيّنة، اعتمادًا على الضغط الموجود عند سطح السائل.

إنّ **درجة غليان** السائل هي درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الخارجي المؤثر على سطح السائل. يدفع الضغط الخارجي السائل نحو الأسفل، مانعًا الجسيمات من التحرُّر. تحتاج الجسيمات إلى طاقة للتغلُّب على هذا الضغط. إنّ **حرارة التبخير** هي كمية الطاقة التي يحتاج إليها السائل عند درجة غليانه ليصبح غازًا.

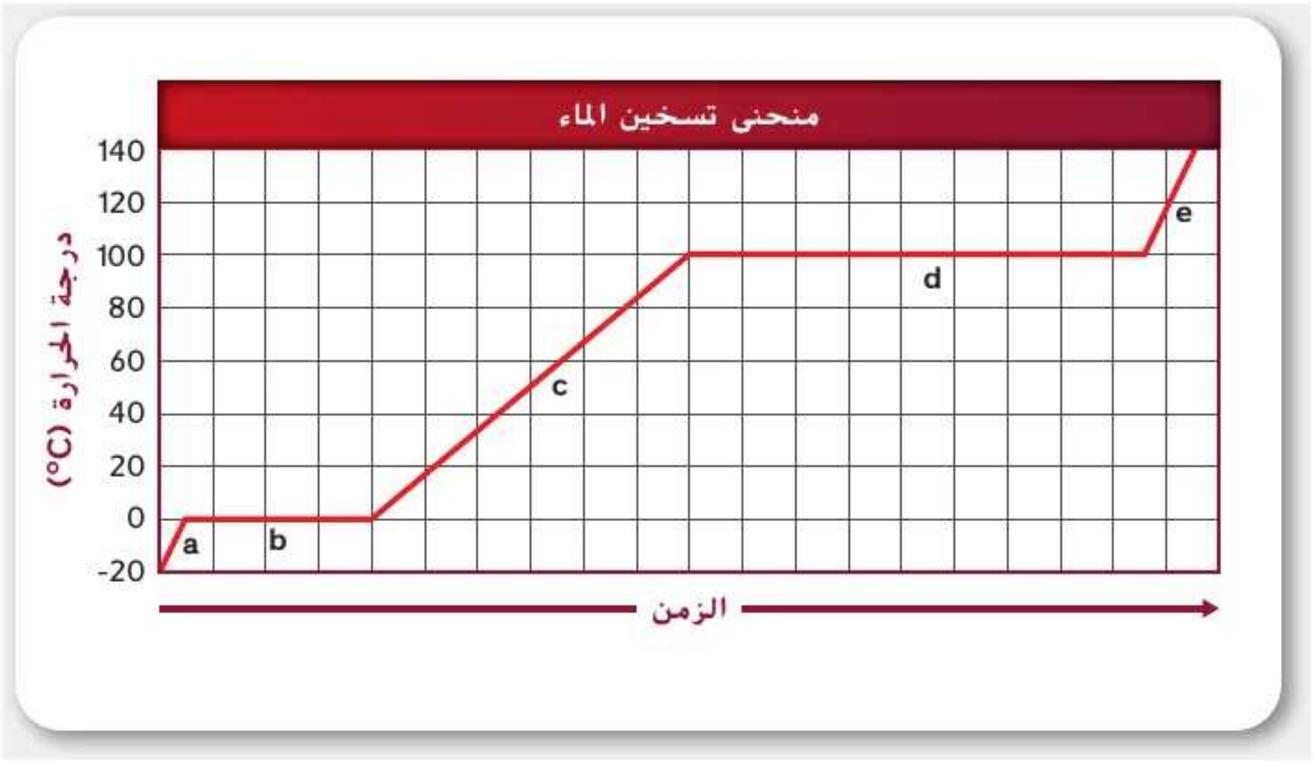
التسامي عند مستويات معيّنة من الضغط، يمكن لبعض المواد التحوّل بشكل مباشر من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية من دون المرور بمرحلة الحالة السائلة. إنّ **التسامي** هو عملية تحوُّل مادة صلبة إلى مادة غازية من دون تكوين مادة سائلة. يُبيّن **الشكل 6** ثاني أكسيد الكربون الصلب، الذي يُعرف أيضًا بالثلج الجاف، وهو مادة شائعة تخضع للتسامي.

الشكل 5 عندما ترتفع درجة الحرارة، تتحرّك الجسيمات التي تُكوّن المادة في حالتها السائلة بشكل أسرع. يغلي السائل عندما تُنشئ طاقة هذه الجسيمات ضغطًا كافيًا لتجاوز ضغط الهواء الموجود أعلى السائل.

استدلّ ماذا يوجد داخل فقاعات السائل الذي يغلي؟

الشكل 6 يتحوَّل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة. ولأنّ هذا الغاز يكون شديد البرودة، فإنّه يُسبِّب تكاثف الماء الموجود في الهواء، مُكوِّنًا ضبابًا أبيض.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 7** بالرغم من أنّ الطاقة الحرارية تُضاف بمعدل ثابت، ترتفع درجة حرارة الماء عند النقاط *a* و *c* و *e* فقط. وعند *b* و *d*، تُستخدم الطاقة المضافة للتغلّب على قوى الجذب بين الجسيمات.

استدلّ كيف كان سيختلف هذا الرسم البياني إذا كانت كمية الماء التي تُسخَّن *2.0 kg* بدلًا من *1.0 kg*؟ وكيف كان سيختلف إذا كانت كمية الماء التي تُسخَّن *0.5 kg*؟

منحنيات التسخين إنّ الرسم البياني للحرارة مقابل الزمن لتسخين كمية من الماء قدرها 1.0 kg مُبيّن في **الشكل 7**. يُسمّى هذا النوع من الرسم البياني بمنحنى التسخين. وهو يُبيّن كيفية تغيُّر درجة الحرارة بمرور الزمن مع إضافة الطاقة الحرارية باستمرار. لاحظ المنطقتين الموجودتين على الرسم البياني حيث لا تتغيَّر درجة الحرارة. عند 0°C ينصهر الثلج. تُستخدم كل الطاقة المضافة إلى الثلج عند درجة الحرارة تلك في التغلّب على قوى التجاذب بين الجسيمات. يشير الخط المستقيم الموجود في الرسم البياني إلى أنّ درجة الحرارة تبقى ثابتة أثناء الانصهار.

بعد التغلّب على قوى التجاذب، تتحرّك الجسيمات بحرية أكثر وترتفع درجة حرارتها. عند 100°C يغلي الماء وتبقى درجة الحرارة ثابتة مرة أخرى ويكون الرسم البياني خطًا مستقيمًا. وتُستخدم كل الطاقة المضافة إلى الماء في التغلّب على قوى التجاذب المتبقية بين الجسيمات. وعند التغلّب على كل قوى التجاذب بين الجسيمات، تُوجَّه الطاقة لرفع درجة الحرارة مرة أخرى.

حالة البلازما

لقد تناولنا حتى الآن حالات المادة الثلاث المألوفة، الصلبة والسائلة والغازية. غير أنّه ثمة حالة أخرى للمادة. إنّ **البلازما** هي مادة لها طاقة كافية ليس للتغلُّب على قوى التجاذب بين جسيماتها فحسب، بل على قوى التجاذب داخل ذراتها أيضًا. تتصادم الذرات التي تُكوِّن البلازما بتلك القوة فتُنتزع الإلكترونات تمامًا من الذرات.

قد تندهش لمعرفة أنّ أغلب المواد الموجودة في الكون توجد في الحالة البلازمية. إنّ أي نجم يمكنك رؤيته في السماء، بما في ذلك الشمس، يتكوَّن من مواد في الحالة البلازمية. كذلك، فإنّ معظم المواد الواقعة بين النجوم والمجرات موجودة في الحالة البلازمية أيضًا. إنّ الحالات المألوفة للمادة، الصلبة والسائلة والغازية، نادرة للغاية في الكون.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

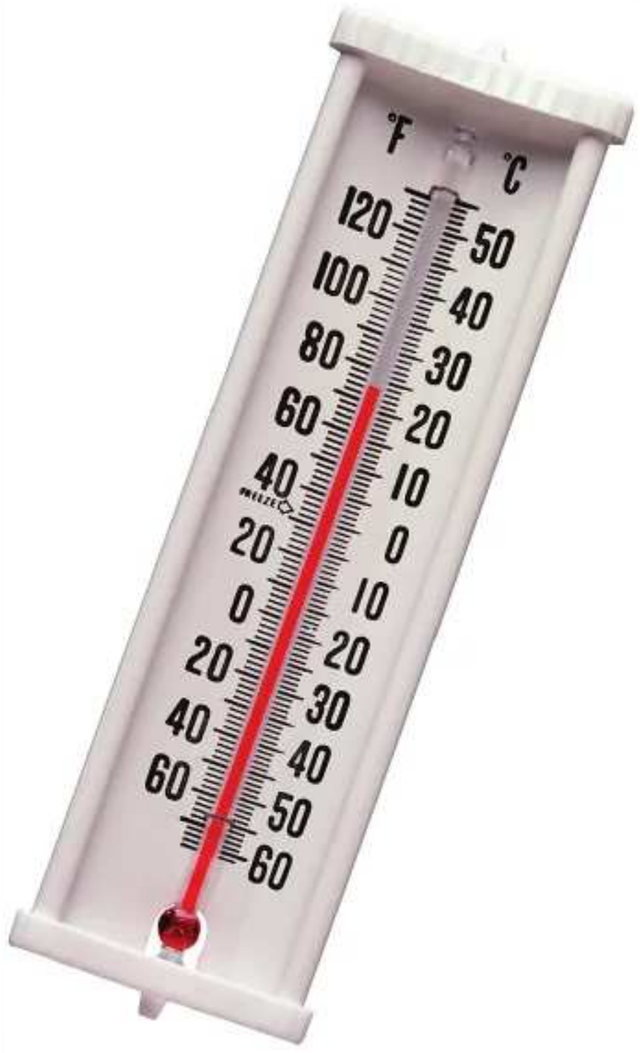
التمدُّد الحراري

هل سبق أن تساءلت لماذا توجد فراغات في الرصيف الخرساني؟ عندما تنتقل الطاقة الحرارية إلى الطريق الرصيف، فإنّه يتمدَّد. ومن دون الفراغات، قد يتحطَّم الرصيف في الطقس الحار. يمكن أن تساعد نظرية الحركة الجزيئية في شرح هذا السلوك.

تذكَّر أنّ الجسيمات تتحرّك بشكل أسرع وأبعد بعضها عن بعض عند ارتفاع درجة الحرارة. يؤدّي انفصال الجسيمات هذا إلى تمدُّد الجسم ككل، وهو ما يُطلق عليه اسم **التمدُّد الحراري**. وهو ازدياد حجم المادة عند ارتفاع درجة الحرارة. الجدير بالذكر أنّ المواد تنكمش أيضًا عندما تبرد.

الثيرموميترات أحد الأمثلة الشائعة على السوائل التي تخضع للتمدُّد الحراري هو السائل في الثيرموميتر، كالمُبيَّن في **الشكل 8**. تؤدي إضافة الطاقة إلى الجسيمات التي تُكوِّن السائل الموجود في أنبوب الثيرموميتر الضيّق إلى تحرّكها بشكل أسرع بعيدًا بعضها عن بعض. الأمر الذي يؤدي إلى تمدّد هذا السائل الموجود في الثيرموميتر وارتفاعه.

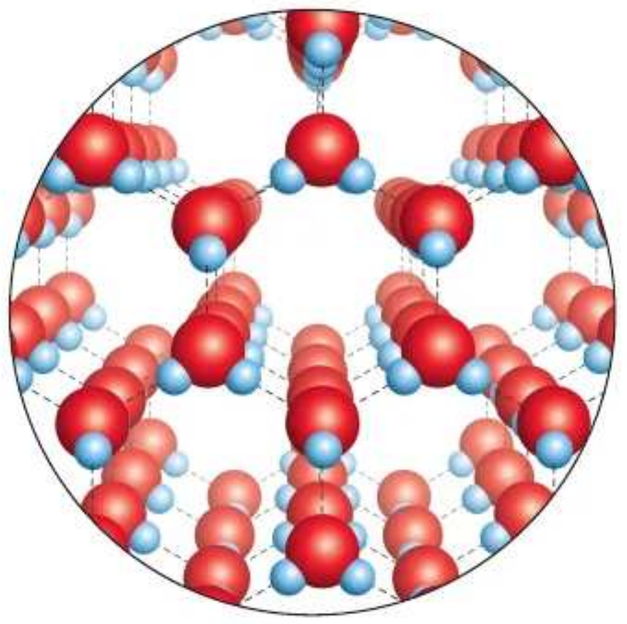
مناطيد الهواء الساخن إنّ أحد استخدامات الغازات التي تخضع للتمدُّد الحراري مُبيّن في **الشكل 9**. تتمكَّن مناطيد الهواء الساخن من الارتفاع بفعل التمدُّد الحراري للهواء. وعندما يجري تسخين الهواء الموجود في المناطيد، تزداد المسافة بين الجسيمات التي تُكوِّن الهواء. وعندما يتمدَّد منطاد الهواء الساخن، يقلّ عدد الجسيمات الموجودة في كل سنتيمتر مكعَّب. يؤدّي هذا التمدُّد إلى انخفاض كثافة الهواء الساخن. وبما أنّ كثافة الهواء الموجود في منطاد الهواء الساخن أقلّ من كثافة الهواء الأبرد خارج المنطاد، يرتفع المنطاد.



■ **الشكل 8** عندما ترتفع درجة حرارة الهواء، يسخن السائل الموجود في الثيرموميتر ويتمدَّد. نتيجة لذلك، يرتفع مستوى السائل. وينكمش السائل الموجود في الثيرموميتر مع انخفاض درجة الحرارة.

■ **الشكل 9** عند تسخين الهواء الموجود داخل منطاد الهواء الساخن، تتحرَّك جسيماته بعيدًا بعضها عن بعض. ويرتفع المنطاد لأنّ الهواء الموجود بداخله أقل كثافة من الهواء المحيط به.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 10 عندما يتجمّد الماء، تتداخل الأطراف موجبة الشحنة والأطراف سالبة الشحنة فتنشأ مساحات فارغة في الشبكة البلورية.

فسر سبب طفو الثلج في الماء.

السلوك الغريب للماء تنكمش المواد عادةً عند انخفاض درجة حرارتها. إلّا أنّ الماء يُعتبَر استثناءً لتلك القاعدة. فضمن نطاق محدود من درجات الحرارة، يتمدَّد الماء عند انخفاض درجة الحرارة. في البداية، يسلك الماء سلوك المواد الأخرى. عند بدء انخفاض درجة الحرارة، تتحرَّك الجسيمات التي تُكوِّن الماء مقتربةً من بعضها. يستمرّ ذلك حتى يصل الماء إلى درجة حرارة 4°C.

تُعتبر جزيئات الماء جزيئات غير عادية إذ إنّها تتضمّن أطراف موجبة الشحنة وأخرى سالبة الشحنة . وتؤثر تلك المناطق المشحونة في سلوك الماء. وبينما تستمر درجة الحرارة في الانخفاض إلى أقل من 4°C،تصطف الجزيئات بحيث تكون الأطراف موجبة الشحنة والأطراف سالبة الشحنة فقط بجانب بعضها البعض، كما هو مُبيَّن في **الشكل 10**. نتيجةً لذلك، تنشأ مساحات فارغة في التركيب. يتمدَّد الماء بينما تنخفض درجة حرارته من حوالي 4°C إلى 0°C ويصبح أقلّ كثافة من الماء السائل. لذا يطفو الجليد في الماء السائل.

صلبة أو سائلة؟

تُبدي مواد أخرى أيضًا سلوك غير عادي عند تغير حالتها. إنّ المواد الصلبة غير المتبلورة والبلورات السائلة هي من فئات المواد التي لا تُبدي ردود فعل متوقّعة عند تغيُّر حالاتها.

المواد الصلبة غير المتبلورة ينصهر الثلج عند درجة حرارة 0°C وينصهر الرصاص عند درجة حرارة 327°C. ولكن لا توجد لكل المواد الصلبة درجة حرارة محدّدة تنصهر عندها. فكِّر في قالب من الزبدة. فبدلًا من أن تكون له درجة انصهار محدّدة، تلين الزبدة وتنصهر ضمن مدى من درجات الحرارة.

تُشبه بعض المواد الصلبة الزبدة. بدلًا من أن يكون لها درجة انصهار محدّدة، تلين تلك المواد وتتحوّل تدريجيًا إلى سائل ضمن مدى من درجات الحرارة. تفتقر تلك المواد الصلبة إلى بنية بلورية وتُسمّى مواد صلبة غير متبلورة. أحد الأمثلة على المواد الصلبة غير المتبلورة الشائعة هو الزجاج، المُبيَّن في **الشكل 11**.

المفردات

أصل الكلمة

غير متبلور Amorphous

مشتقّة من الكلمة اليونانية *Amorphos*، وتعني من دون صيغة أو عديم الشكل أو مشوَّهًا

إنّ الصلصال، الذي يمكن تشكيله وتهيئته بسهولة، غير متبلور.

الشكل 11 يفتقر الزجاج إلى البنية البلورية المتكرّرة في المواد الصلبة مثل الثلج. فبدلًا من الانصهار عند درجة حرارة محدّدة، يصبح الزجاج ليّنًا ومرنًا بشكل متزايد كلما ارتفعت درجة الحرارة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

البلورات السائلة تُشكّل البلورات السائلة مجموعة أخرى من المواد التي لا تُغيِّر من حالاتها بالنمط المعهود. فعادةً ما يُفقَد الترتيب الهندسي المُنظَّم عندما تتحوَّل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. فتبدأ البلورات السائلة في التدفُّق أثناء مرحلة الانصهار، بشكل مشابه للسائل. لكنها لا تفقد ترتيبها المنظَّم تمامًا، كما تفعل معظم المواد. بل تحتفظ بتنظيمها الهندسي في اتجاهات مُعيَّنة.

تُصنَّف البلورات السائلة إلى فئات بحسب نوع التنظيم الذي تحتفظ به عندما تتحوّل إلى مادة سائلة. تستجيب البلورات السائلة بشكل كبير للتغيُّرات في درجة الحرارة والمجالات الكهربائية. ويستخدم العلماء الخصائص الفريدة للبلورات السائلة في صناعة شاشات البلورات السائلة (LCD) للهواتف الخلوية والآلات الحاسبة والحواسيب المحمولة الصغيرة، كما هو مُبيَّن في **الشكل 12**. تتكوَّن شاشات البلورات السائلة من عناصر صور بلورية منفردة، أو "بكسل" للاختصار. ويحدِّد تفاوت كمية الكهرباء المارة عبر البكسل كيفية اصطفاف البلورات وما إذا كان الضوء يستطيع النفاذ خلالها أم لا.

الشكل 12 تستخدم الكثير من أجهزة الحوسبة والإلكترونيات الصغيرة مثل مُشغِّلات MP3 والهواتف الخلوية وأجهزة التليفزيون والحواسب المحمولة الصغيرة شاشات بلورات سائلة (LCD).

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- ثمّة أربع حالات رئيسة للمادة: الصلبة والسائلة والغازية والبلازما.
- إنّ نظرية الحركة الجزيئية تفسر سلوك الجسيمات التي تُكوِّن الغازات.
- إنّ الطاقة الحرارية هي الطاقة الإجمالية للجسيمات التي تُكوِّن مادة ما، بما في ذلك الطاقة الحركية وطاقة الوضع.
- إنّ درجة الحرارة هي متوسط الطاقة الحركية لمادة ما.

1. الفكرة الرئيسة **صِف** حركة الجسيمات في كل من المواد الصلبة والسائلة والغازية.
2. **اذكر** الافتراضات الأساسية لنظرية الحركة الجزيئية.
3. **صِف** سلوك جسيمات مادة ما عند درجة الانصهار.
4. **صِف** سلوك جسيمات مادة ما عند درجة الغليان.
5. **التفكير الناقد** كيف يختلف منحنى تسخين الزجاج عن منحنى تسخين الماء؟

تطبيق مفاهيم رياضية

6. **فسِّر البيانات** باستخدام الرسم البياني الوارد في **الشكل 7**، صِف تغيُّرات الطاقة التي تحدث عندما ينتقل الماء من درجة حرارة $-15°C$ إلى $120°C$.
7. **إنشاء التمثيلات البيانية واستخدامها** درجة انصهار حمض الخليك هي $17°C$ ودرجة غليانه هي $118°C$. ارسم رسمًا بيانيًا مشابهًا للرسم البياني الوارد في **الشكل 7** موضِّحًا تغيُّرات الحالة لحمض الخليك. وضِّح الحالات الثلاث ودرجة الغليان ودرجة الانصهار على الرسم البياني بدقة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة

تغيُّرات الحالة

الهدف

- **لاحظ** تغيُّرات الطاقة الحرارية التي تحدث عند تحوُّل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.

الخلفية: يمكن أن تتغيَّر المادة من حالة إلى أخرى. غالبًا يلاحظ التغيرات في حالتي انصهار الثلج وغليان الماء.

السؤال: ما مقدار الطاقة الذي يشترك في تغيُّرات الحالة التي نلاحظها؟

التحضير

المواد

كأس مدرج سعته 500 mL
ثلج
ثيرموميتر
سخان كهربائي

احتياطات السلامة

الإجراء

1. اقرأ الإجراءات وحدّد المخاطر المتعلّقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. قُم بإعداد الأدوات كما هو مُبيّن في الصورة. يجب وضع الثلج في الكأس المدرج . حضِّر جدول بيانات لتتبُّع درجة حرارة الماء الموجود في الكأس بمرور الزمن.
3. قُم بتسخين الثلج الموجود في الكأس المدرج ببطء، وسجِّل ملاحظاتك ودرجة حرارة الماء الموجود في الكأس المدرج كل 3 دقائق. لا تدع الثيرموميتر يلامس قاع الكأس أو جوانبه.
4. بعد أن ينصهر الثلج في الكأس ويبدأ الماء في الغليان، لاحظ التجربة لعدة دقائق أخرى وسجِّل ملاحظاتك.
5. قم بإغلاق السخان الكهربائي، ودع جهازك ليبرد تمامًا قبل التنظيف.

استنتج وطبِّق

1. **ارسم** صورة للجهاز المُستخدَم في هذه التجربة.
2. **اذكر** حالة الماء في الكأس عند بداية التجربة والحالة التي تحوَّل إليها في الكأس والحالة التي وُجدت أعلى الكأس.
3. **إنشاء التمثيلات البيانية واستخدامها** ارسم رسمًا بيانيًا لدرجة الحرارة مقابل الزمن باستخدام البيانات التي توصّلت إليها في هذه التجربة.
4. **التطبيق** اشرح شكل الرسم البياني الخاص بك في ما يخص الطاقة. لماذا توجد خطوط مستقيمة في الرسم البياني لدرجة الحرارة رغم الإضافة المستمرة للحرارة؟

شارك

بياناتك

قارن رسمك البياني مع الرسوم البيانية لزملائك في الصف. حدِّد الشكل الذي سيكون عليه المنحنى الخاص بك إذا بدأت ببخار الماء وقمت بتبريده.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

خصائص الموائع

الفكرة الرئيسة **تتدفّق الموائع ولها قوى تؤثّر بها في الأجسام.**

الربط مع الحياة اليومية هل رأيت من قبل حاملة طائرات؟ بالرغم من أنّ هذه السفن تتكوَّن من فلز، وتصل كتلتها أحيانًا إلى أكثر من 100,000 طن، إلا أنّها لا تزال تطفو. كيف يمكن ذلك؟

مبدأ أرخميدس والطفو

تشبه بعض السفن المدن الطافية. فعلى سبيل المثال، تكون حاملات الطائرات كبيرة بشكل كافٍ يسمح للطائرات بالإقلاع والهبوط على أسطحها. تطفو هذه السفن رغم أوزانها، وذلك لوجود قوة تدفع السفينة إلى الأعلى، تتعارض مع قوة الجاذبية التي تشد السفينة إلى الأسفل.

ما القوة التي تدفع السفينة إلى الأعلى؟ يُطلق على هذه القوة اسم قوة الطفو. إذا كانت قوة الطفو تساوي وزن الجسم، سيطفو الجسم. وإذا كانت قوة الطفو أقل من وزن الجسم، سيغوص الجسم. إنّ **الطفو** هو قدرة المائع، (سائل أو غاز)، على التأثير بقوة دفع إلى الأعلى في الجسم المغمور فيه.

مبدأ أرخميدس في القرن الثالث قبل الميلاد، وضع عالم الرياضيات اليوناني أرخميدس اكتشافه حول الطفو. وجد أرخميدس أنّ قوة الطفو المؤثّرة في الجسم تساوي وزن المائع الذي أزاحه الجسم. فعلى سبيل المثال، إذا وضعت قطعة خشبية في الماء، فإنها ستدفع الماء بعيدًا عن طريقها عندما تبدأ في الغوص — ولكن ذلك سيحدث فقط حتى يتساوى وزن الماء المُزاح مع وزن القطعة.

عندما يتساوى وزن الماء المُزاح، أي قوة الطفو، مع وزن القطعة، ستطفو القطعة. أما إذا كان وزن الماء المُزاح أقل من وزن القطعة، ستغوص القطعة. يُبيّن **الشكل 13** القوى التي تؤثر في الأجسام في الموائع.

التأكد من فهم النص **استدلّ** على سبب غوص الصخر في الماء وطفو الكرات المطاطية.

الأسئلة الرئيسة

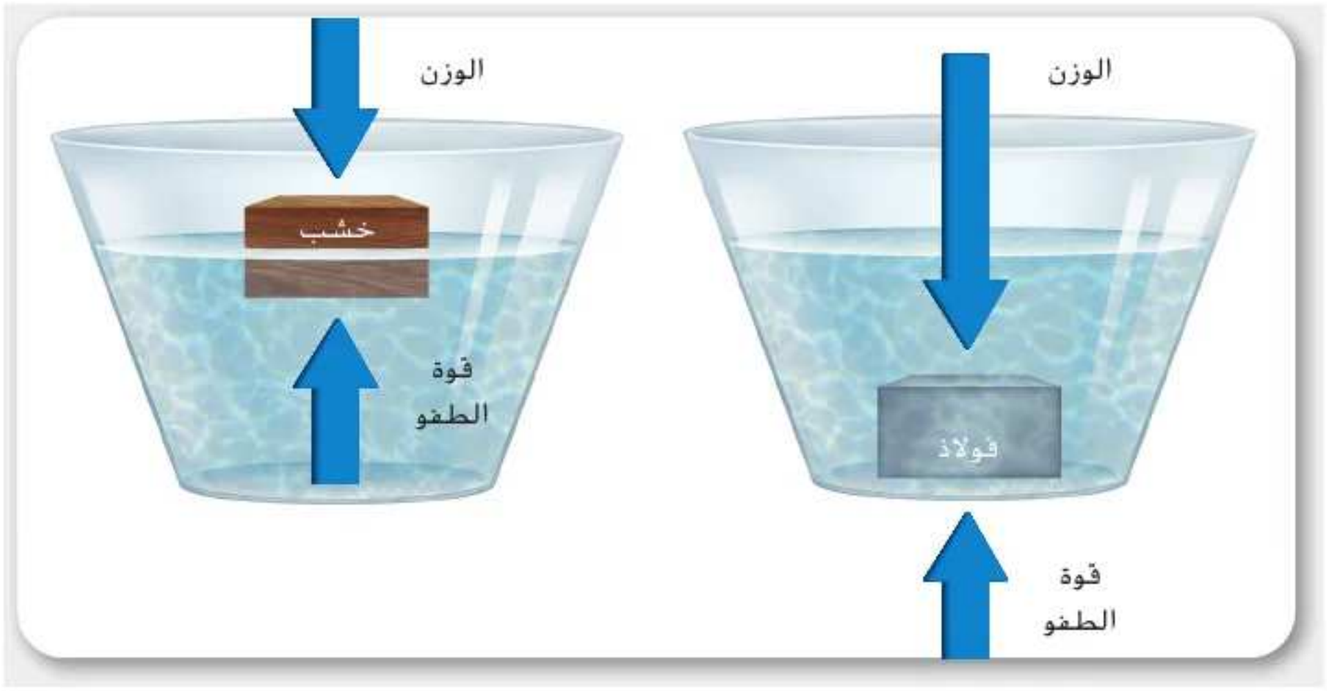
- ما مبدأ أرخميدس؟
- ما مبدأ باسكال؟
- ما مبدأ برنولي؟
- ما بعض تطبيقات مبادئ أرخميدس وباسكال وبرنولي؟

مفردات للمراجعة

الكثافة Density: كتلة وحدة الحجوم من المادة

مفردات جديدة

الطفو	Buoyancy
الضغط	Pressure
اللزوجة	Viscosity



الشكل 13 يغوص القالب الفولاذي لأن قوة الطفو التي يؤثّر بها المائع في الجسم أقل من قوة الجاذبية. عندما تساوي قوة الطفو قوة الجاذبية أو تزيد عنها، يطفو الجسم مثلما حدث مع القطعة الخشبية.

قارن بين حجم القطعة الخشبية وحجم القالب الفولاذي. كيف يمكن المقارنة بين كتلة القطعة الخشبية وكتلة القالب الفولاذي؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 14** تكون الكثافة الكلية لسفينة عملاقة أقل من كثافة الماء، وذلك لأنّ جسم السفينة الفارغ يحتوي في الأغلب على الهواء.

استدلّ على سبب عدم صنع مركب من الفولاذ الصلب.

إجراء مقارنة بين الطفو والوزن انظر مرة أخرى إلى قطعتَي الخشب والفولاذ في **الشكل 13**. أزاحت كلتاهما الكتلة والوزن أنفسهما من الماء عندما غُمرتا. لذا تتساوى قوى الطفو المؤثّرة في القطعتين. ومع ذلك، يغوص القالب الفولاذي وتطفو القطعة الخشبية. ما أوجه الاختلاف؟

وزن القالب الفولاذي أثقل بكثير من وزن القطعة الخشبية. لذا تكون قوة الجاذبية المؤثّرة في القالب الفولاذي كافية للتسبُّب في غوصه. بينما تكون قوة الجاذبية المؤثّرة في القطعة الخشبية غير كافية للتسبُّب في غوصها.

الكثافة والطفو تُعدّ المقارنة بين كثافة الجسم وكثافة المائع الذي وُضِع فيه إحدى الطرق لمعرفة ما إذا كان الجسم سيطفو أم سيغوص. يطفو الجسم إذا كانت كثافته أقل من كثافة المائع. تذكَّر أنّ الكثافة هي كتلة وحدة الحجوم من المادة. إنّ كثافة القالب الفولاذي أكبر من كثافة الماء، في حين أنّ كثافة القطعة الخشبية أقل من كثافة الماء.

افترض أنّك حوّلت شكل القالب الفولاذي ليشبه شكل هيكل السفينة الممتلئ بالهواء، كما في **الشكل 14**. تشغل الكتلة نفسها الآن حجمًا أكبر. وبالتالي، ستكون الكثافة الكلية للقارب الفولاذي والهواء أقل من كثافة الماء. لذا، سيطفو القارب الآن.

التأكد من فهم النص **اشرح** سبب غوص القالب الفولاذي وطفو السفينة الفولاذية.

مبدأ باسكال والضغط

اكتشف بليز باسكال (1623–1662)، وهو عالم فرنسي، أنّ الضغط المؤثّر في المائع ينتقل عبر المائع. لذلك، يفسّر سبب خروج معجون الأسنان من أحد طرفَي أنبوب معجون الأسنان عند الضغط على الطرف الآخر. فقد انتقل الضغط عبر معجون الأسنان. يجب أن تفهم الضغط أولًا حتى تفهم مبدأ باسكال.

تجربة مصغرة

الربط بين الكثافة والطفو

الإجراء

1. اقرأ الإجراءات وحدّد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اسكب 10 mL من شراب الذرة في كأس تبلغ سعته 100 mL. أضف في كأس آخر من 3 إلى 4 قطرات من الملوّن الغذائي فوق 10 mL من الماء. اسكب الماء المصبوغ في الكأس الذي يحتوي على شراب الذرة. ثم أضف 10 mL من الزيت النباتي في الكأس.
3. ألقِ قطعة من رقيقة الألمنيوم تبلغ مساحتها $0.5\ cm^2$ وقطعة فولاذية وكيسًا كاملًا من حبوب الفلفل في الكأس.

التحليل

1. **اشرح**، باستخدام مفهوم الكثافة، سبب انقسام محتويات الكأس إلى طبقات.
2. **اشرح**، باستخدام مفهوم الطفو، سبب استقرار كل من رقيقة الألمنيوم والقطعة الفولاذية وحبيبات الفلفل في الأماكن الخاصة بها.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الضغط يؤثّر فيك الآن ضغط الهواء من كافة الجوانب مثل الضغط الذي تشعر به تحت الماء في حمام السباحة. و**الضغط** هو القوة المؤثّرة في وحدة المساحة.

معادلة الضغط

$$\text{الضغط (Pa)} = \frac{\text{القوة (N)}}{\text{المساحة } (m^2)}$$

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

يُقاس الضغط وفق النظام الدولي للوحدات بالباسكال (Pa). واحد باسكال يساوي نيوتن واحدًا لكل متر مربع (N/m^2). وذلك لأن الضغط يساوي مقدار القوة المؤثّرة مقسومًا على المساحة. تُعطى معظم الضغوط بالكيلو باسكال (kPa). وذلك لأنّ 1 Pa يمثّل مقدارًا صغيرًا جدًا من الضغط.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الضغط Pressure

الاستخدام العلمي Science Usage

القوة في كل وحدة مساحة

زيادة الضغط على الغاز تقلل من حجمه.

الاستخدام العام Common Usage

العبء الناتج عن الاضطراب الجسدي أو العقلي

يشعر المدرّسون غالبًا بالكثير من الضغوطات حتى يتمكّنوا من مساعدة طلابهم على القيام بعمل جيد في المدرسة.

مثال 1

احسب القوة يبلغ ضغط الغلاف الجوي عند مستوى سطح البحر حوالي 101 kPa. كم مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الغلاف الجوي للأرض على الإنسان العادي عند مستوى سطح البحر؟ افترض أنّ مساحة السطح للإنسان العادي تساوي $1.80\ m^2$.

المجهول:

القوة: F

المعلوم:

الضغط: $P = 101\ kPa = 101{,}000\ Pa$

المساحة: $A = 1.80\ m^2$

القانون المستخدم:

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

حلُّ المسألة:

$$101{,}000\ Pa = P = \frac{F}{180\ m^2}$$

$$F = 101{,}000\ Pa \times 1.80\ m^2$$

$$= 182{,}000\ Pa \cdot m^2 = 182{,}000 \frac{N}{m^2} m^2 = 182{,}000\ N$$

تقييم الإجابة:

لقد أعددت المسألة بطريقة صحيحة إذا كانت الوحدات متماثلة على كلا الجانبين:

وحدات الضغط = $Pa = N/m^2$.

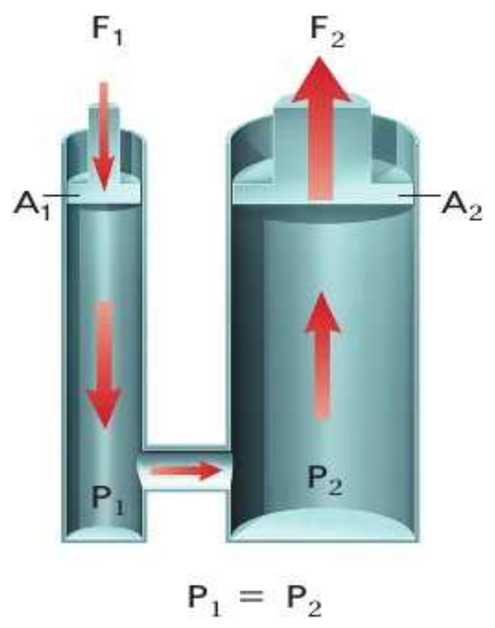
تتطابق الوحدات الموجودة على طرفَي المعادلة.

ليس عليك سوى أن تتحقّق مجددًا من العملية الحسابية.

تطبيقات

1. يشعر غواص وصل إلى عمق يبلغ 10.0 m تحت الماء بضغط يبلغ مقداره 202 kPa. إذا بلغت مساحة سطح الغواص $1.50\ m^2$. فما مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الماء على الغواص؟
2. يبلغ وزن سيارة 15,000 N. ونُفخت إطاراتها لضغط يبلغ مقداره 190 kPa. فكم ستبلغ مساحة إطارات السيارة التي تلامس الطريق؟
3. **تحدي** يساوي ضغط الغلاف الجوي على سطح كوكب الزهرة 91 مثل الضغط عند مستوى سطح البحر على كوكب الأرض. كم يبلغ تقريبًا مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الغلاف الجوي لكوكب الزهرة على الإنسان العادي عند مستوى سطح البحر؟ افترض أنّ مساحة السطح للإنسان العادي تساوي $1.8\ m^2$.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



■ **الشكل 15** ضغط المائع المؤثّر في أحد جوانب المصعد الهيدروليكي يساوي الضغط المؤثّر في الجانب الآخر.

مبدأ باسكال يمكن كتابة فكرة انتقال الضغط عبر المائع في معادلة: الضغط المبذول = الضغط الخارج. وبما أنّ الضغط يساوي القوة مقسومة على المساحة، فيمكن كتابة مبدأ باسكال بطريقة أخرى.

مبدأ باسكال

$$\frac{\text{القوة المبذولة (N)}}{\text{مساحة السطح الأول } (m^2)} = \frac{\text{القوة الخارجة (N)}}{\text{مساحة السطح الثاني } (m^2)}$$

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

المصاعد الهيدروليكية غالبًا ما تستغل ورش التصليح الآلي المصاعد الهيدروليكية التي تنقل الحمولات الثقيلة وفقًا لمبدأ باسكال. يربط أنبوب ممتلئ بمائع بين أسطوانات صغيرة وكبيرة، كما هو مبيَّن في **الشكل 15**. ينتقل الضغط المؤثّر في الأسطوانة الصغيرة عبر المائع إلى الأسطوانة الكبيرة. يمكنك أن تستخدم وزنك لرفع شيء ما أثقل منك بكثير باستخدام المصعد الهيدروليكي.

مثال 2

احسب القوى استُخدم المصعد الهيدروليكي لرفع آلة ثقيلة تدفع منصة تبلغ مساحتها $2.8\ m^2$ إلى الأسفل بقوة تبلغ 3,700 N. ما القوة التي يجب أن تؤثّر في مكبس تبلغ مساحته $0.072\ m^2$ لرفع الآلة الثقيلة؟

المجهول:

القوة المؤثّرة في المكبس: F_1

المعلوم:

القوة المؤثّرة في المنصة: $F_2 = 3{,}700\ N$

مساحة المنصة: $A_2 = 2.8\ m^2$

مساحة المكبس: $A_1 = 0.072\ m^2$

القانون المستخدم وتعديله:

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

حلُّ المسألة:

$$F_1 = A_1\left(\frac{F_2}{A_2}\right) = (0.072\ m^2)\left(\frac{3{,}700\ N}{2.8\ m^2}\right) = 95\ N$$

تقييم الإجابة:

يجب أن تساوي النسبة بين القوى النسبة بين المساحات. تساوي مساحة المنصة حوالي 40 مثل مساحة المكبس. لذا، تساوي القوة المؤثّرة في المنصة حوالي 40 مثل القوة المؤثّرة في المكبس. يكون المقدار 3,700 N تقريبًا أكبر بـ 40 مثل من المقدار 95 N. لذا تُعدّ الإجابة معقولة.

تطبيقات

1. تقف سيارة تزن 15,000 N على منصة مصعد هيدروليكي تبلغ مساحتها $10\ m^2$. ما مساحة المكبس الصغير إذا استُخدمت قوة يبلغ مقدارها 1,100 N لرفع السيارة؟
2. **تحدي** يؤثّر صندوق شحن ثقيل بقوة يبلغ مقدارها 1,500 N في مكبس تبلغ مساحته $25\ m^2$. يبلغ حجم المكبس الصغير 1/30 من حجم المكبس الكبير. ما القوة الضرورية لرفع صندوق الشحن؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مبدأ برنولي

دانيال برنولي (1700-1782) هو عالم سويسري درس خصائص الموائع المتحرّكة مثل الماء والهواء. وجد برنولي أنّ السرعة المتجهة للمائع تزيد عندما يكون تدفق المائع محدودًا. يوضِّح وضعك لإبهامك عند فتحة خرطوم حديقة مفتوح هذا التأثير، كما هو مبيَّن في **الشكل 16**. عندما يقل حجم فتحة الخرطوم، يتدفق الماء بسرعة أكبر.

تفحَّص برنولي العلاقة بين تدفق المائع والضغط. قد تظن أنّ زيادة السرعة المتجهة لتدفق المائع سيزيد من ضغطه، لكن برنولي وجد أنّ العكس صحيح. فوفقًا لمبدأ برنولي، كلما زادت السرعة المتجهة للمائع، قلّ الضغط الذي يؤثّر فيه هذا المائع، وقد نشر هذا الاكتشاف في العام 1738.

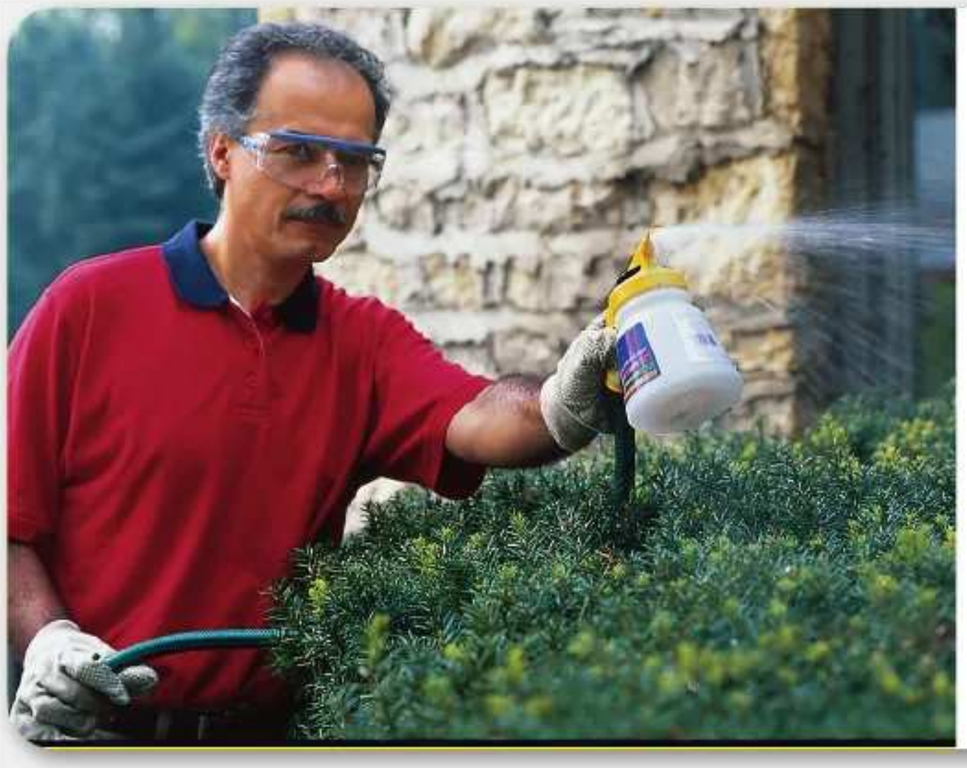
يُعدّ الخرطوم المنتهي برشاش أحد تطبيقات مبدأ برنولي. يُستخدَم هذا الرشاش لرش الأسمدة والمبيدات الحشرية في الأماكن المزروعة والحدائق. لكي تستخدم هذا الرشاش، يجب أن تضع محلولًا مركّزًا من المادة الكيميائية التي تريد رشّها في الرشاش. ثم توصل الرشاش بخرطوم الحديقة، كما هو مبيَّن في **الشكل 17**. يوجد أنبوب يشبه الشفاطة متصل بغطاء الوحدة. فتكون نهاية الأنبوب مغمورة في المادة الكيميائية المركّزة. يجب أن تجعل معدّل الماء المتدفق إلى خرطوم الحديقة عاليًا.

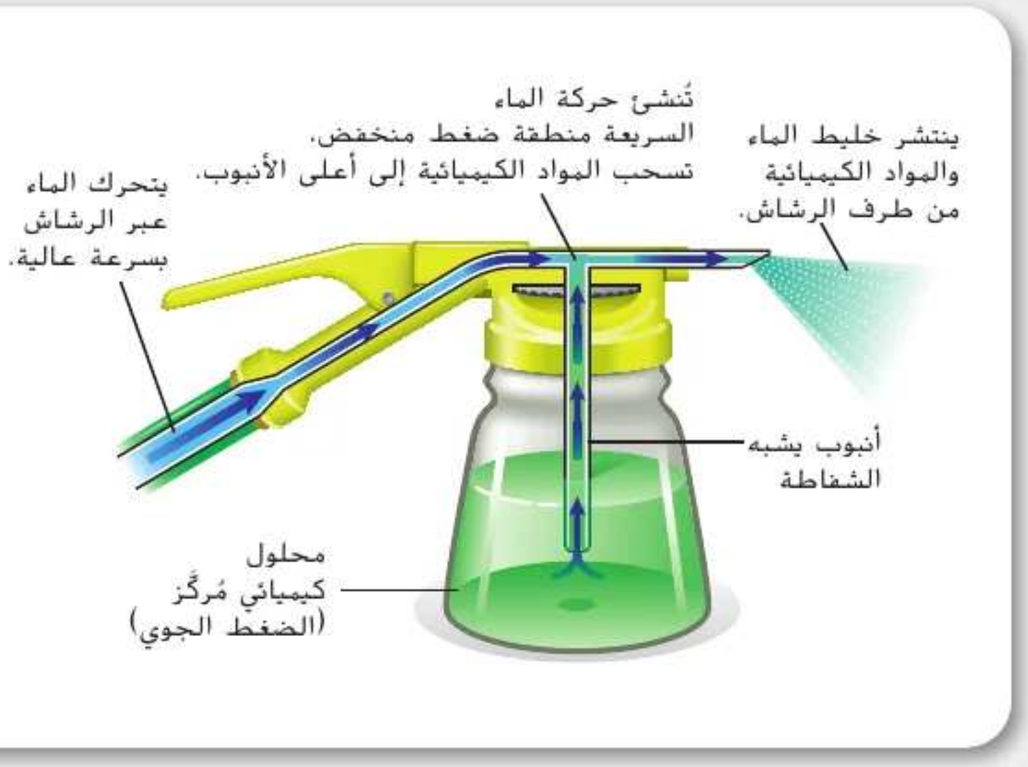
عندما تكون مستعدًا لرش المواد الكيميائية على العشب أو منطقة النباتات، يجب أن تضغط على مفتاح موجود على اليد الملحقة بالرشاش. يسمح هذا الأمر للماء بالتدفق في الخرطوم بمعدل سرعة عالٍ، ويكوّن ذلك منطقة ذات ضغط منخفض فوق الأنبوب الذي يشبه الشفاطة. يُمتصّ المحلول الكيميائي المركّز عبر الشفاطة، ثم يخرج مع تيار الماء. يختلط المحلول المركّز مع الماء، مما يقلّل التركيز إلى مستوى مناسب، كما يكوّن رذاذًا يسهل رشّه.

التأكد من فهم النص **صِف** كيف يتغيّر الضغط مع زيادة السرعة المتجهة للمائع.

■ **الشكل 16** يفسِّر مبدأ برنولي لماذا تؤدي تغطية نهاية الخرطوم إلى تدفق أسرع للماء. عندما يصبح تدفق المائع محدودًا، تزيد سرعته.

■ **الشكل 17** يوظف الخرطوم المنتهي برشاش مبدأ برنولي.





حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اللزوجة

تُعدّ قابلية المائع على التدفّق خاصية أخرى يتّصف بها المائع. على الرغم من أنّ كل الموائع تتدفّق، إلا أنّها تختلف في معدلات تدفقها. إنّ **اللزوجة** هي مقاومة المائع للتدفق. على سبيل المثال، عندما تأخذ شرابًا من الثلاجة وتسكبه، كما هو مبيَّن في **الشكل 18** ستجد أنّ معدل تدفق الشراب بطيء. لكن إذا سخّنت هذا الشراب، فستزيد سرعة تدفقه كثيرًا. يتدفق الماء بسهولة لأنّ لديه لزوجة قليلة. بينما يتدفق الشراب البارد ببطء لأن لديه لزوجة عالية.

ما الذي يتسبّب في حدوث اللزوجة؟ عند إمالة وعاء السائل لتسمح له ببدء التدفق، ينقل الجزء المتدفق من السائل الطاقة إلى الجزء الساكن من السائل. نتيجة لذلك، يشدّ الجزء المتدفق من السائل الجزء الساكن، مما يتسبب في تدفقه أيضًا.

إذا لم يشد الجزء المتدفق الأجزاء الأخرى من السائل لتتحرّك بفاعلية، فيعني ذلك أنّ السائل لديه لزوجة عالية، ألا وهي المقاومة العالية للتدفق. إذا شدّ الجزء المتدفق الأجزاء الأخرى من السائل لتتحرّك بسهولة، فيعني ذلك أنّ السائل لديه لزوجة قليلة، ألا وهي المقاومة المنخفضة للتدفق.

الشكل 18 يتدفق شراب نبات القيقب ببطء لأنّ لديه لزوجة عالية.

حدّد أمثلة أخرى للسوائل التي لديها لزوجة عالية.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- إذا كانت قوة الطفو المؤثّرة في جسم ما مساوية أو أكبر من قوة الجاذبية المؤثّرة في هذا الجسم، سيطفو الجسم. إذا كانت قوة الطفو المؤثّرة في جسم ما أقل من قوة الجاذبية المؤثّرة في هذا الجسم، سيغوص الجسم.
- ينص مبدأ باسكال على أنّ الضغط المؤثّر في المائع ينتقل خلال المائع.
- ينص مبدأ برنولي على أنّه كلما زادت السرعة المتجهة للمائع، قلّ الضغط الذي يؤثّر فيه هذا المائع.
- تُسمى مقاومة المائع للتدفق باللزوجة.

الفكرة الرئيسة

1. **صِف** كيفية بذل الموائع للقوة على الأجسام.
2. **فسِّر** سبب طفو مركب من الفولاذ على الماء وغوص قالب من الفولاذ.
3. **فسِّر** لماذا يؤدي الضغط على زجاجة الكاتشب البلاستيكية إلى دفع الكاتشب إلى الخارج من الأعلى.
4. **صِف**، باستخدام مبدأ برنولي، طريقة رفع أسطح المباني في الأعاصير القمعية.
5. **التفكير الناقد** إذا نفخت بالونًا وربطته ثم أطلقته، فسيقع على الأرض. لماذا يقع بدلًا من أن يطفو؟ اشرح ما كان سيحدث لو احتوى البالون على الهيليوم بدلًا من الهواء.

تطبيق مفاهيم رياضية

6. **احسب القوة** تبلغ كثافة الماء $1.0\ g/cm^3$. ما حجم الماء بالكيلوجرام الذي يزيحه قالب مغمور يبلغ حجمه $120\ cm^3$؟ تذكر أنّ $1.0\ kg$ يزن $9.8\ N$ على الأرض. ما قوة الطفو المؤثّرة في القالب؟
7. **حل المسألة** ما مقدار القوة الضرورية لرفع جسم يبلغ وزنه $21{,}000\ N$ فوق مكبس تبلغ مساحته $0.060\ m^2$ إذا كانت مساحة المنصة التي تُرفع تبلغ $3.0\ m^2$؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

الأسئلة الرئيسة

- كيف يضغط الغاز على الإناء الذي يوجد فيه؟
- كيف يتأثر الغاز عند تغيُّر الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم؟

مفردات للمراجعة

درجة الحرارة Temperature: مقياس متوسط الطاقة الحركية لكل الجسيمات الموجودة في جسم ما

مفردات جديدة

قانون بويل Boyle's Law

قانون شارل Charles's Law

سلوك الغازات

الفكرة الرئيسة **تستجيب الغازات للتغيُّرات في الضغط ودرجة الحرارة والحجم بطرق يمكن توقّعها.**

الربط مع الحياة اليومية إذا سبق لك أن تسلَّقت جبلًا، فمن المحتمل أن تكون قد عانيت من اللهاث لأنّ التنفّس يزداد صعوبة. تطير الطائرات النفاثة الحديثة على ارتفاعات أعلى بكثير يكون عندها التنفّس شبه مستحيل. يجب أن تكون مقصورات تلك الطائرات مزودة بهواء مضغوط بشكل خاص من أجل الأشخاص الذين على متنها. وللقيام بذلك بشكل فعَّال، يجب فهم سلوك الغازات.

قانون بويل - الحجم والضغط

هل سبق لك أن رأيت بالون رصد جوي مثل ذلك المبيَّن في **الشكل 19**؟ تحمل تلك البالونات أدوات استشعار إلى ارتفاعات عالية جدًا لاستكشاف معلومات عن الطقس. يُملأ بالون الرصد الجوي بالقرب من سطح الأرض بغاز منخفض الكثافة.

تذكَّر أنّ الغاز يملأ الوعاء تمامًا. يبقى البالون منتفخًا بفعل التصادمات التي تحدث بين جسيمات الغاز داخل البالون والبالون نفسه. بمعنى آخر، ستؤدّي تلك التصادمات بين جسيمات الغاز والوعاء إلى ممارسة الغاز ضغطًا على الوعاء. كلما ارتفع البالون، قلّ ضغط الغلاف الجوي خارج البالون. يسمح هذا الانخفاض في الضغط للبالون بالتمدُّد، ليصل في النهاية إلى حجم يعادل ما بين 30 إلى 200 مثل حجمه الأصلي. يصف قانون بويل العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه التي تفسِّر سلوك بالونات الرصد الجوي.

التأكد من فهم النص **صِف** ما يحدث لبالونات الرصد الجوي أثناء ارتفاعها.

الشكل 19 يتمدَّد بالون الرصد الجوي أثناء ارتفاعه بفعل نقص الضغط الخارجي. في نهاية الأمر، يتمزَّق البالون وتسقط الأدوات مرة أخرى إلى الأرض.

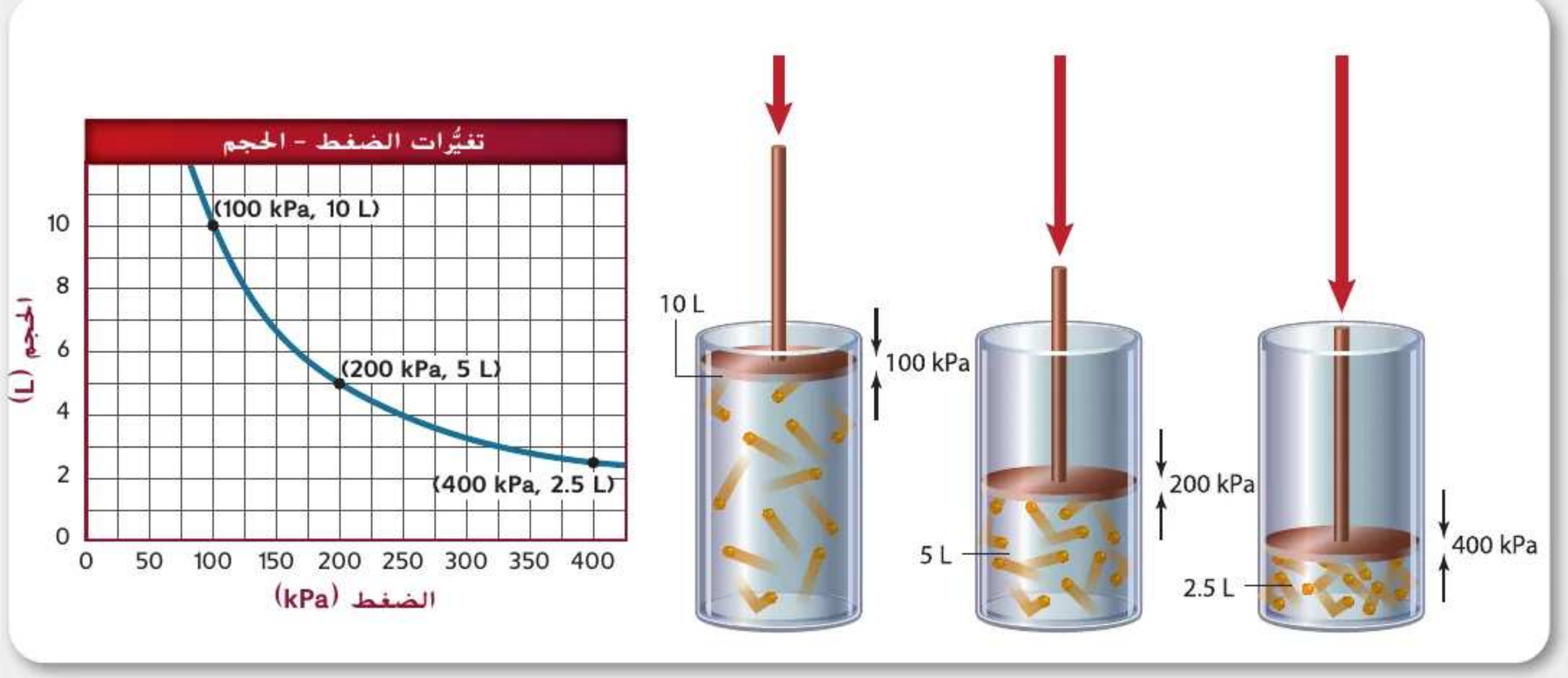
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الحجم والضغط يمكن أن يتغيَّر حجم البالون لأنّه مرن. وفي حالة بالون الرصد الجوي، يزداد الحجم عند انخفاض الضغط الخارجي. يستمر حجم الغاز الموجود داخل بالون الرصد الجوي في الازدياد حتى لا يتمكّن البالون من احتوائه. عند تلك المرحلة، يتمزّق البالون وتسقط أدوات الاستشعار التي كان يحملها على الأرض.

نستطيع من خلال بالون الرصد الجوي أن نعرف ما يحدث للحجم عند خفض الضغط. ماذا يحدث للضغط الناتج عن غاز إذا قللت حجمه — على سبيل المثال، بتقليل حجم الوعاء الذي يحتوي الغاز؟ فكِّر في نظرية الحركة الجزيئية. يعتمد الضغط الناتج عن غاز على عدد مرات اصطدام جسيماته بجدران الوعاء. إذا أدخلت غازًا في حجم أصغر، فستتصادم جسيماته مع الجدران بمعدَّل أكبر، مسبِّبة ازدياد الضغط. والعكس صحيح أيضًا. أي إذا منحت الجسيمات التي تكوّن الغاز مزيدًا من المساحة، بزيادة الحجم، فإنّها ستتصادم مع الجدران بمعدل أقل وسيقلّ الضغط الناتج عن الغاز.

التأكد من فهم النص **اشرح** العلاقة بين الضغط والحجم.

قام العالم البريطاني روبرت بويل (1627–1691) بوصف خاصية الغازات تلك. وفقًا **لقانون بويل**، إذا قلَّلت حجم وعاء غاز مع إبقاء درجة الحرارة ثابتة، فإنّ الضغط الناتج عن الغاز سيزيد. كما تؤدّي زيادة حجم الوعاء إلى انخفاض الضغط، إذا بقيت درجة الحرارة ثابتة. يُبيّن **الشكل 20** هذه العلاقة عند تقليل حجم الغاز من 10 L إلى 5 L ثم إلى 2.5 L. لاحظ النقاط الواردة على الرسم البياني التي تعبِّر عن كل من هذه الأحجام.



الشكل 20 عند خفض الحجم، يزداد ضغط الغاز على جدران الوعاء الذي يحويه. يوصف التمثيل البياني أدناه ما يحدث في الأسطوانات الصغيرة المجاورة له ..

صِف ما يحدث لحجم الغاز إذا تمت مضاعفة الضغط عليه.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

معادلة للتعبير عن قانون بويل يمكن التعبير عن قانون بويل بواسطة معادلة رياضية. عند ثبوت درجة حرارة الغاز، لا يتغيَّر ناتج حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه.

معادلة قانون بويل

الضغط الابتدائي × الحجم الابتدائي = الضغط النهائي × الحجم النهائي

$$P_i V_i = P_f V_f$$

يساوي ناتج حاصل ضرب الضغط في الحجم الابتدائيين، المشار إليهما بالرمز *i*، ناتج حاصل ضرب الضغط في الحجم النهائيين، المشار إليهما بالرمز *f*. يمكنك استخدام تلك المعادلة لإيجاد قيمة مجهولة واحدة إذا كانت القيم الثلاث الأخرى معلومة.

تصحّ المعادلة أيًّا كانت وحدات الحجم أو الضغط، ما دمتَ تستخدم الوحدات نفسها لـ P_i وP_f وكذلك الوحدات نفسها لـ V_i وV_f.

مثال 3

قانون بويل بلغ حجم بالون رصد جوي 100.0 L عند إطلاقه من مستوى البحر، حيث يبلغ الضغط 101 kPa. كم سيكون حجم البالون عندما يصل إلى ارتفاع يكون الضغط عنده 43.0 kPa؟

المجهول:

الحجم النهائي: V_f

المعلوم:

الضغط الابتدائي: $P_i = 101\ kPa$

الحجم الابتدائي: $V_i = 100.0\ L$

الضغط النهائي: $P_f = 43.0\ kPa$

إعداد المسألة:

$$P_i V_i = P_f V_f$$

$$V_f = V_i \left(\frac{P_i}{P_f}\right)$$

حلُّ المسألة:

$$V_f = 100.0\ L \left(\frac{101\ \cancel{kPa}}{43.0\ \cancel{kPa}}\right)$$

$$= 235\ L$$

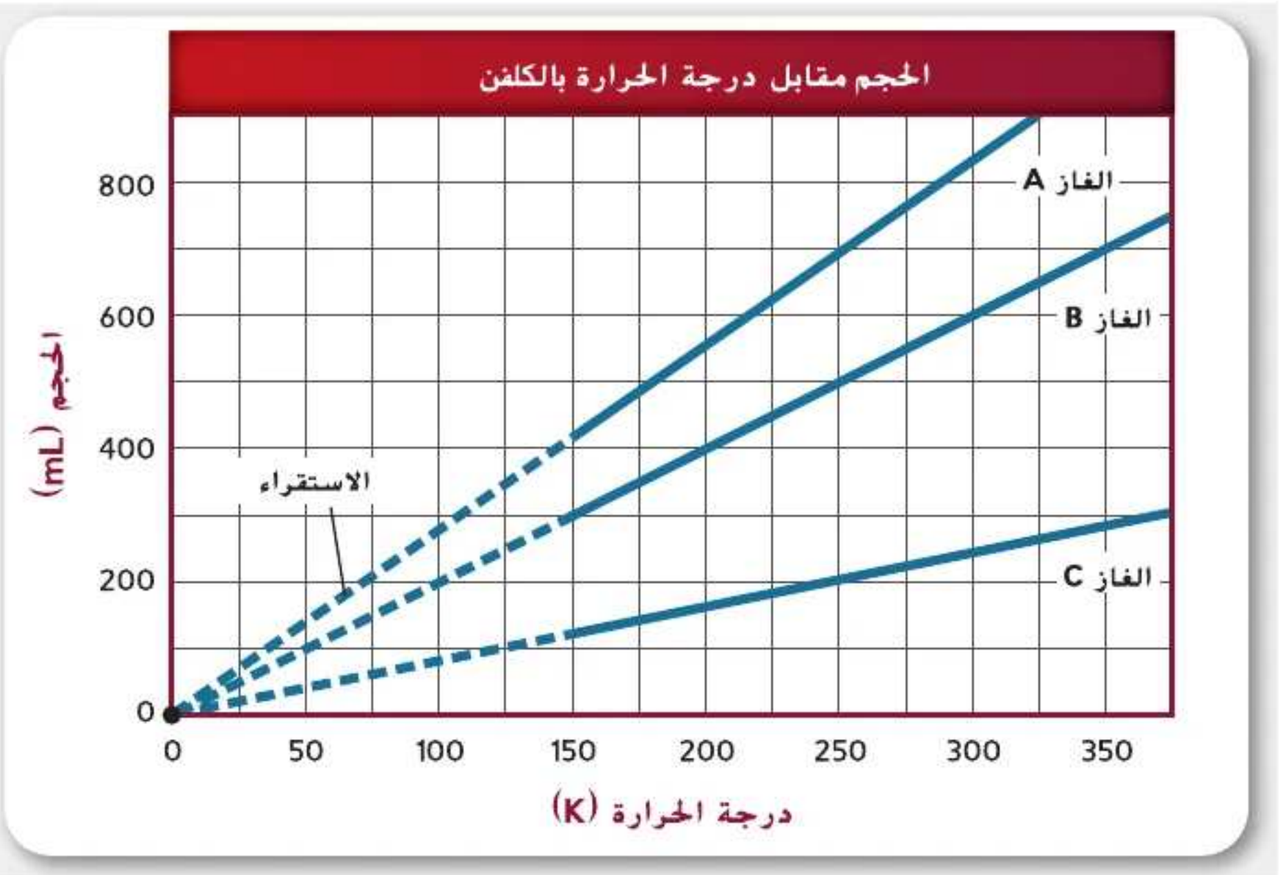
تقييم الإجابة:

يمكنك القيام بتقدير سريع للتحقُّق من إجابتك. انخفض الضغط إلى أكثر من النصف بقليل. لذلك، يجب أن يزيد الحجم إلى أكثر من الضعف بقليل. يبلغ الحجم النهائي الذي يساوي 235 L أكثر بقليل من ضعف الحجم الابتدائي الذي يساوي 100.0 L. لذا، تبدو الإجابة معقولة.

تطبيقات

1. تشغل كمية من الهيليوم حجمًا قدره 11.0 L عند ضغط يبلغ 98.0 kPa. ما الحجم الجديد إذا انخفض الضغط إلى 86.2 kPa؟
2. **تحدٍّ** لبالون الرصد الجوي حجم قدره 90.0 L عند إطلاقه من مستوى البحر. ما ضغط الغلاف الجوي على البالون عندما يزداد حجمه إلى 175.0 L؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 21** عند ارتفاع درجة حرارة عيّنة من غاز عند ثبوت الضغط، فإنّ الحجم أيضًا يزيد. تمثّل الخطوط المنقّطة استقراءات لبيانات التجربة. لاحظ أنّ كلّ الخطوط المنقطة تلتقي عند درجة الحرارة 0 K.

حدّد الغاز الذي حصل له أكبر تغيُّر في الحجم.

قانون شارل — درجة الحرارة والحجم

إذا شاهدت بالون الهواء الساخن أثناء نفخه، فستعرف أنّ الغازات تتمدَّد عند تسخينها. لاحظ العالم الفرنسي جاك شارل (1746–1823) ذلك أيضًا. بحسب **قانون شارل**، يزداد حجم الغاز عند ارتفاع درجة الحرارة، طالما أنّ الضغط على الغاز لا يتغيَّر. على غرار قانون بويل، فإنّ العكس صحيح أيضًا. ينكمش حجم المادة الغازية عند خفض درجة الحرارة، كما هو مُبيَّن في **الشكل 21**.

نظرية الحركة الجزيئية وقانون شارل يمكن تفسير قانون شارل باستخدام نظرية الحركة الجزيئية. عند تسخين الغاز، تزداد سرعة حركة الجسيمات التي تُكوِّن الغاز. ونتيجة لذلك، تصطدم تلك الجسيمات بجدران وعائها بمعدل أكبر وبقوة أكثر. في بالون الهواء الساخن، لدى الجدران مساحة للتمدُّد. لذلك، فبدلًا من ازدياد الضغط، يزداد الحجم.

معادلة للتعبير عن قانون شارل مثل قانون بويل، يمكن التعبير عن قانون شارل رياضيًا. عند ثبوت الضغط الواقع على غاز ما، لا تتغيَّر النسبة بين الحجم ودرجة الحرارة المطلقة. إنّ درجة الحرارة المطلقة عبارة عن درجة الحرارة بمقياس كلفن.

معادلة قانون شارل

$$\frac{\text{الحجم الابتدائي}}{\text{درجة الحرارة الابتدائية (K)}} = \frac{\text{الحجم النهائي}}{\text{درجة الحرارة النهائية (K)}}$$

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

يوضِّح هذا الأمر أنّ النسبة بين الحجم الابتدائي ودرجة الحرارة الابتدائية تساوي النسبة بين الحجم النهائي ودرجة الحرارة النهائية. تذكَّر أنّ درجة الحرارة يجب أن تكون بمقياس كلفن.

تجربة مصغرة

ملاحظة الضغط

الإجراء

1. اقرأ الإجراء وحدّد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. انفخ بالونًا حتى نصف حجمه تقريبًا.
3. ضع البالون على إناء مملوء بماء مثلج لمدة خمس دقائق، ولاحظ النتائج.
4. قم بتسخين إناء آخر مملوء بالماء على سخان كهربائي حتى يقترب من الغليان. أزِل الإناء من فوق السخان الكهربائي.
5. ضع البالون على الإناء المملوء بالماء الساخن لمدة خمس دقائق ولاحظ النتائج. احرص على عدم ملامسة البالون للسخان الكهربائي.

التحليل

1. **اشرح** ما حدث للبالون عندما وضعته على الإناء المملوء بالماء المثلج.
2. **اشرح** ما حدث للبالون عندما وضعته على الإناء المملوء بالماء الساخن.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 4

استخدام قانون شارل وُضع بالون حجمه 2.0 L في درجة حرارة الغرفة (20.0°C) في ثلاجة عند 3.0°C. ما حجم البالون بعد أن يبرد في الثلاجة؟

المجهول:

الحجم النهائي: V_f

المعلوم:

الحجم الابتدائي: $V_i = \mathbf{2.0\ L}$

درجة الحرارة الابتدائية: $T_i = \mathbf{20°C} = 20.0°C + 273 = \mathbf{293\ K}$

درجة الحرارة النهائية: $T_f = \mathbf{3.0°C} = 3.0°C + 273 = \mathbf{276\ K}$

القانون المستخدم وتعديله:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

$$V_f = V_i\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$$

حلُّ المسألة:

$$V_f = \mathbf{2.0\ L}\left(\frac{\mathbf{276\ K}}{\mathbf{293\ K}}\right)$$

$$= \mathbf{1.9\ L}$$

تقييم الإجابة:

تُعتبر التجربة **طريقة جيدة للتحقُّق من إجابتك في هذه المسألة!** إذا وضعت البالون في ثلاجة، ستلاحظ أنّ البالون ينكمش، لكن ليس بدرجة كبيرة، الأمر الذي يتوافق مع إجابتنا أعلاه.

تطبيقات

1. كم سيكون الحجم النهائي للبالون المذكور في مثال 4 إذا وُضع في مُبرِّد درجة حرارته -18°C؟
2. **تحدي** يجري تسخين غاز حتى يتمدَّد من حجم قدره 1.0 L إلى حجم قدره 1.5 L. فإذا كانت درجة الحرارة الابتدائية للغاز 5.0°C. ما درجة الحرارة النهائية له؟

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- ينص قانون بويل على أنّه إذا كانت درجة الحرارة ثابتة، فإنّ ضغط غاز ما يزيد عندما ينخفض حجمه.
- ينص قانون شارل على أنّه، عند ثبات الضغط، فإنّ حجم غاز ما يزيد مع ارتفاع درجة الحرارة.
- يمكن التعبير عن كل من قانون بويل وقانون شارل بمعادلات رياضية.

1. الفكرة الرئيسة **صِف** ما الذي قد يحدث لحجم غاز ما إذا انخفض الضغط عليه ثم ارتفعت درجة حرارته.
2. **توقَّع**، باستخدام قانون بويل، ما سيحدث لبالون يأخذه أحد غواصي المحيط إلى ضغط يساوي 202 kPa.
3. **التفكير الناقد** توقَّع ما قد يحدث لحجم غاز ما إذا تضاعف الضغط عليه ثم تضاعفت درجة حرارته المطلقة.

تطبيق مفاهيم رياضية

4. **احسب الحجم** لبالون هيليوم حجم يساوي 2.00 L عند ضغط يساوي 101 kPa. وبارتفاع البالون، ينخفض الضغط إلى 97.0 kPa. ما الحجم الجديد؟
5. **حُلَّ المسألة** إذا جرى تسخين بالون يساوي حجمه 5 L ببطء بحيث ترتفع درجة حرارته من 25°C إلى 30°C. فما الحجم الجديد للبالون؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة لزوجة السوائل الشائعة

الأهداف

- **لاحظ وقارن** بين لزوجة السوائل الشائعة.

الخلفية: **تُسمى مقاومة السائل للتدفق باللزوجة ويمكن قياسها والمقارنة بينها. وتحظى اللزوجة بأهمية خاصة في زيوت المحركات. فلزوجة زيت المحرك مهمّة للسيارة لأنّ الزيت يحافظ على تشحيم المحرك. يجب أن يلتصق الزيت بالأجزاء المتحرّكة ولا يتسرّب. إذا لم يكن المحرك مشحمًا بشكل جيد، فسيتلف في النهاية. يجب أن يحافظ زيت المحرك على لزوجته في كل أحوال الطقس، من الحرارة الشديدة في الصيف إلى البرد القارس في الشتاء.**

السؤال: كيف يمكن أن يدرس المهندسون الكيميائيون اللزوجة حتى ينتجوا زيوت محركات أفضل؟

التحضير

المواد

(3) سوائل منزلية عند درجة حرارة الغرفة، مثل منظف الأطباق وشراب الذرة وشراب تحلية الحلوى والشامبو والزيت النباتي والخل والعسل الأسود والماء
(3) مخابير مدرجة متماثلة
جسم كروي (كرة زجاجية أو كرة من الفولاذ)
مسطرة مترية
ساعة توقيت

احتياطات السلامة

تخلّص من السوائل بحسب إرشادات معلمك.

الإجراء

1. اقرأ الإجراء وحدد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. قم بقياس كميات متساوية من السوائل لاختبارها في المخابير المدرجة.

3. قم بقياس ارتفاعات السوائل بواسطة المسطرة.
4. انسخ جدول البيانات الوارد في الصفحة التالية على ورقة منفصلة.
5. ضع الجسم الكروي على سطح السائل. باستخدام ساعة توقيت، قم بقياس الزمن الذي يستغرقه الجسم ليصل إلى قاع السائل ثم سجِّله.
6. احسب سرعة الجسم الكروي بواسطة قياسات المسافة والزمن لديك.
7. أزِل الجسم الكروي ثم كرِّر الخطوتين 5 و6 مرتين إضافيتين للسائل نفسه.
8. اغسل الجسم الكروي وجفّفه.
9. كرِّر الخطوات 5 و6 و7 لسائلين آخرين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

حلّل بياناتك

1. **مثّل** متوسط سرعة الجسم الكروي لكل سائل تمثيلًا بيانيًا بالأعمدة.
2. **فسّر البيانات** ما السائل الذي تحرّك فيه الجسم الكروي بأقصى سرعة؟ هل ستكون لزوجة هذا السائل عالية أم منخفضة؟ فسر إجابتك.
3. **حدّد** على الأقل ثلاثة مصادر محتملة للخطأ في هذه التجربة.

استنتج وطبّق

1. **استدلّ** هل سيختلف الأمر إذا رميت أو ألقيت الكرة في السائل بدلًا من وضعها فيه؟ فسر إجابتك.
2. **صمّم** تحقيقًا لتحديد تأثير درجة الحرارة في لزوجة السائل.
3. **اشرح** أيّ من السوائل التي اختبرتها سيمثّل على الأرجح أفضل مادة تشحيم لمحرك السيارة؟ فسر إجابتك.

جدول البيانات

المادة	المحاولات	ارتفاع السائل (cm)	الزمن (s)	السرعة (cm/s)

شارك

بياناتك

نشاط تعاوني تشارك مع زملائك في إجراء بحث عن أنواع مختلفة من السوائل تُستخدم لتشحيم محركات السيارات. هل ستوصي السائق باستخدام النوع نفسه طوال العام؟ اشرح.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

آلية عمل العلوم

الكشف عن المادة المظلمة

إنّ مجرة المرأة المسلسلة، المبيَّنة في **الشكل 1**، هي مجموعة مكوَّنة من تريليون نجم تقريبًا تربطها قوة الجاذبية معًا. يقدِّر العلماء أنّ المادة التي نراها والتي تكوِّن النجوم والكواكب وسحب الغازات في المجرة، تشغل حوالي 15% من كتلة المجرة، بينما تظهر نسبة 85% المتبقية من كتلة المجرة في شكل لا نفهمه حاليًا.

الكتلة "المفقودة" اقترح فريتز زفيكي الذي عمل في ثلاثينيات القرن العشرين على تأثيرات الجاذبية في حركة المجرات، أنّ هذا القدر من المادة في الكون لا يصدر الضوء أو يمتصه. وعلى الرغم من أنّ بيانات زفيكي أشارت إلى وجود "مادة مظلمة" غامضة، إلا أنّ الكثيرين تجاهلوا فكرته لأنّ قياساته لم تكن دقيقة بالشكل الكافي لإقناعهم.

بيانات جديدة، اهتمام متجدّد في سبعينيات القرن العشرين، استخدمت عالمة الفلك فيرا روبين تكنولوجيا مطوَّرة حديثًا لتدرس الضوء القادم من مجرة المرأة المسلسلة. دعمت بياناتها الدقيقة للغاية وجود المادة المظلمة وجدّدت الاهتمام بالتحقيق في اقتراح زفيكي. يحقّق العلماء اليوم في المادة المظلمة في محاولة لفهم نسبة 85 % من الكون التي لم تفسّرها المعرفة العلمية الحالية.

الشكل 1 يتركّز الكثير من المادة المرئية في مركز مجرة المرأة المسلسلة. بينما تنتشر المادة المظلمة في كل مكان.

الشكل 2 تحاول هذه الكاشفات قياس التداخلات النادرة من خلال البحث عن المادة المضادة والمادة المظلمة، وقياس الأشعة الكونية.

جسيمات غير مكتشفة يحاول العلماء في سعيهم لتفسير المادة المظلمة الكشف عن الجسيمات الضخمة التي لا تتفاعل عادةً مع جسيمات أخرى. يتطلّب الكشف عن هذه الجسيمات أدوات حساسة، مثل الأدوات المبيَّنة في **الشكل 2**. لقد باءت كل المحاولات للكشف عن جسيمات المادة المظلمة حتى الآن بالفشل.

نظرية جديدة للجاذبية يحاول بعض العلماء تطوير نظرية عن الجاذبية تشرح حركة المجرات البعيدة من دون الاعتماد على الجسيمات الغامضة غير المكتشفة. ومع ذلك، لم تقدر أيّ من هذه الاقتراحات على تفسير الظاهرة الملاحظة حتى الآن. ستظل المادة المظلمة لغزًا علميًا حتى يتمّ اكتشاف جسيم جديد أو صياغة نظرية جديدة.

وصف المادة المظلمة

تُعرَف الجسيمات غير المكتشَفة من المادة المظلمة عادة بالاختصار الوصفي WIMP. ماذا يعني WIMP؟ لماذا يُعدّ ذلك وصفًا دقيقًا للجسيمات موضوع البحث؟

McGraw-Hill Education مؤسسة

الوحدة 8 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة لكل حالة من حالات المادة، صلبة أو سائلة أو غازية، خصائص فريدة تحدِّدها حركة جسيماتها.

القسم 1 المادة والطاقة الحرارية

درجة الغليان	Boiling Point
حرارة الانصهار	Heat of Fusion
حرارة التبخر	Heat of Vaporization
نظرية الحركة الجزيئية	Kinetic Molecular Theory
درجة الانصهار	Melting Point
البلازما	Plasma
التسامي	Sublimation
التمدُّد الحراري	Thermal Expansion

الفكرة الرئيسة يمكن أن توجد المادة في صورة صلبة أو سائلة أو غازية أو بلازما.

- إنّ نظرية الحركة الجزيئية تفسر سلوك الجسيمات التي تُكوِّن الغازات.
- إنّ الطاقة الحرارية هي الطاقة الإجمالية للجسيمات التي تُكوِّن مادة ما، بما في ذلك الطاقة الحركية وطاقة الوضع.
- إنّ درجة الحرارة هي متوسط الطاقة الحركية لمادة ما.

القسم 2 خواص الموائع

الطفو	Buoyancy
الضغط	Pressure
اللزوجة	Viscosity

الفكرة الرئيسة تتدفّق الموائع ولها قوى تؤثّر في الأجسام.

- إذا كانت قوة الطفو المؤثرة في جسم ما مساوية أو أكبر من قوة الجاذبية المؤثرة في هذا الجسم، سيطفو الجسم. إذا كانت قوة الطفو المؤثرة في جسم ما أقل من قوة الجاذبية المؤثرة في هذا الجسم، سيغوص الجسم.
- ينص مبدأ باسكال على أنّ الضغط المؤثر في المائع ينتقل خلال المائع.
- ينص مبدأ برنولي على أنّه كلما ازدادت السرعة المتجهة للمائع، قلّ الضغط الذي يؤثر فيه هذا المائع.
- تُسمى مقاومة المائع للتدفق باللزوجة.

القسم 3 سلوك الغازات

قانون بويل	Boyle's Law
قانون شارل	Charles's Law

الفكرة الرئيسة تستجيب الغازات للتغيُّرات في الضغط ودرجة الحرارة والحجم بطرق يمكن توقّعها.

- ينص قانون بويل على أنّه إذا كانت درجة الحرارة ثابتة، فإنّ ضغط غاز ما يزيد عندما ينخفض حجمه.
- ينص قانون شارل على أنه عند ثبات الضغط، فإن حجم غاز ما يزيد مع ارتفاع درجة الحرارة.
- يمكن التعبير عن كل من قانون بويل وقانون شارل بمعادلات رياضية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 8 مراجعة

استخدام المفردات

أجب عن كل سؤال باستخدام المصطلح الصحيح من دليل الدراسة.

1. ما القانون الذي ينص على أنّ الحجم يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة (تحت ضغط ثابت)؟
2. ما وحدة قياس الضغط وفقًا للنظام الدولي للوحدات؟
3. ما المصطلح المستخدَم لوصف مقدار القوة المؤثرة في كل وحدة مساحة؟
4. ما درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة الصلبة في التحوُّل إلى مادة سائلة؟
5. ما النظرية التي تُستخدم لتفسير سلوك الجسيمات في الغازات؟
6. ما المقصود بقدرة المائع على التأثير بقوّة دفع إلى الأعلى في الجسم؟

إتقان المفاهيم

7. عند أي درجة حرارة يساوي ضغط البخار في السائل الضغط الخارجي المؤثّر في هذا السائل؟
   A) الصفر المطلق
   B) درجة الغليان
   C) درجة الانصهار
   D) حرارة الانصهار
8. ما أكثر حالات المادة شيوعًا في الكون؟
   A) الصلبة
   B) الغازية
   C) السائلة
   D) البلازما
9. ما مقدار الطاقة المطلوبة لتحويل مادة صلبة إلى سائلة عند درجة انصهارها؟
   A) حرارة الانصهار
   B) درجة الحرارة
   C) حرارة التبخر
   D) الصفر المطلق
10. أي مما يلي هو وحدة قياس الضغط؟
    A) الجرام
    B) الكيلو باسكال
    C) النيوتن
    D) الكيلوجرام

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال *11*.

11. ما القوة التي يمثّلها السهم المتجه إلى الأعلى في الرسم التخطيطي أعلاه؟
    A) الضغط
    B) الكثافة
    C) قوة الطفو
    D) قوة الجاذبية
12. أي مما يلي يستخدم مبدأ باسكال؟
    A) الديناميكا الهوائية
    B) الطفو
    C) المصعد الهيدروليكي
    D) تغيُّرات الحالة
13. أي مما يلي يوظف مبدأ برنولي؟
    A) الخرطوم المنتهي برشاش
    B) الزلاجة
    C) المكبس
    D) لوح التزلج

تفسير المخططات

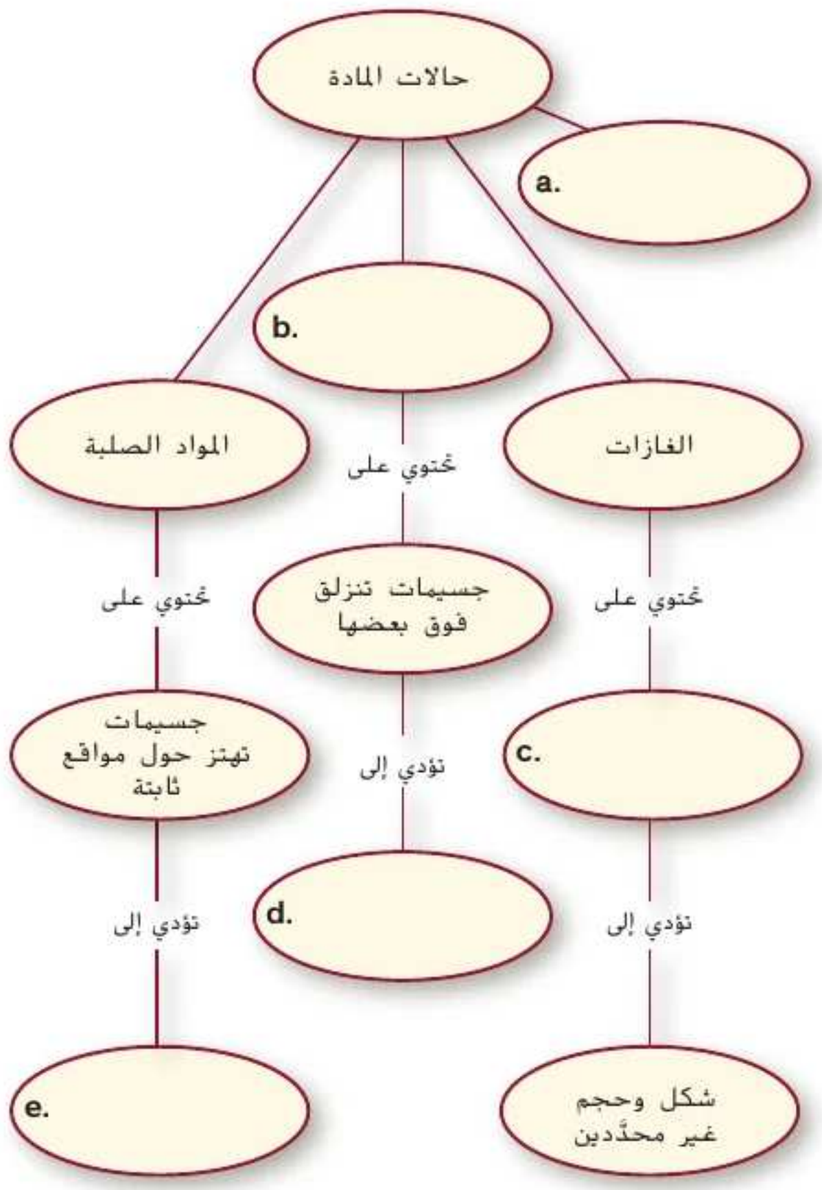
استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال *14*.

14. **الفكرة الرئيسة** قام طالب بتسخين الجليد بشكل مستمر حتى تحوَّل إلى بخار، ثم مثَّل بيانيًا التغيُّر في درجة الحرارة مع مرور الزمن. اشرح ماذا يحدث عند كل حرف (a و b و c و d و e) في الرسم البياني المبيَّن أعلاه.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 8 مراجعة

15. **الموضوع المحوري** انسخ خريطة المفاهيم الواردة وأكملها.



التفكير الناقد

16. **صِف** التغيُّرات التي تحدث داخل بالون من الهيليوم أثناء ارتفاعه عن مستوى سطح البحر.

17. **اشرح** تعد مياه البحر الميت محلولًا كثيفًا جدًّا لدرجة أنّه يمكنك الطفو عليه بسهولة. اشرح لماذا تكون قادرًا على الطفو بسهولة باستخدام مصطلحَي الكثافة وقوة الطفو.

18. **صِف** كيف ستشكل قطعة من رقائق الألمنيوم لتكون قادرة على الطفو على سطح الماء.

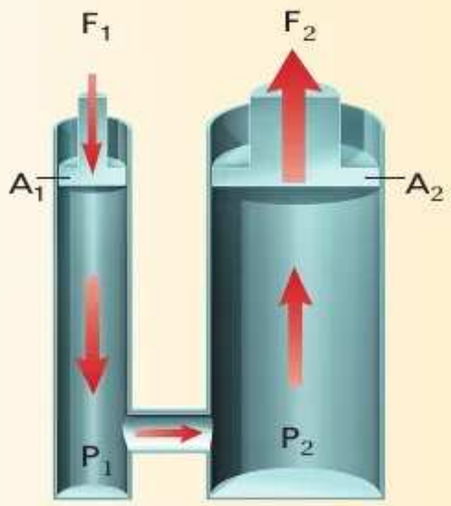
19. **توقَّع** ماذا سيحدث للبلازما إذا وضعتها في غرفة جدرانها موجبة الشحنة.

تطبيق مفاهيم رياضية

20. **احسب** يبلغ حجم عينة من الغاز 25 L عند ضغط 200 kPa ودرجة حرارة 25°C. ماذا سيكون حجم هذه العيّنة إذا ارتفع الضغط إلى 250 kPa وانخفضت درجة الحرارة إلى 0°C؟

21. **احسب** يبلغ ضغط الماء عند قاع خندق ماريانا (وهي أعمق منطقة في سطح الأرض) 1,100 kPa تقريبًا. ما مقدار القوة التي يؤثر بها ضغط الماء عند قاع خندق ماريانا في سمكة تبلغ مساحة سطحها $0.50\ m^2$؟

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 22.



$P_1 = P_2$

22. **حُلَّ المسألة** استُخدم مصعد هيدروليكي لرفع صندوق ثقيل يدفع مكبسًا تبلغ مساحته $3.0\ m^2$ إلى أسفل بقوة تبلغ 1,500 N. ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في مكبس تبلغ مساحته $0.08\ m^2$ لرفع الصندوق؟

23. **احسب** يبلغ حجم بالون 1.5 L عند درجة حرارة 25.0°C. ماذا سيكون حجم البالون إذا وضع في إناء يحتوي على ماء ساخن عند درجة حرارة 90.0°C؟

24. **استخدم النسب** يبلغ حجم البالون 25.0 L عند ضغط 98.7 kPa. ماذا سيكون الحجم الجديد عندما يصبح الضغط 51.2 kPa؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

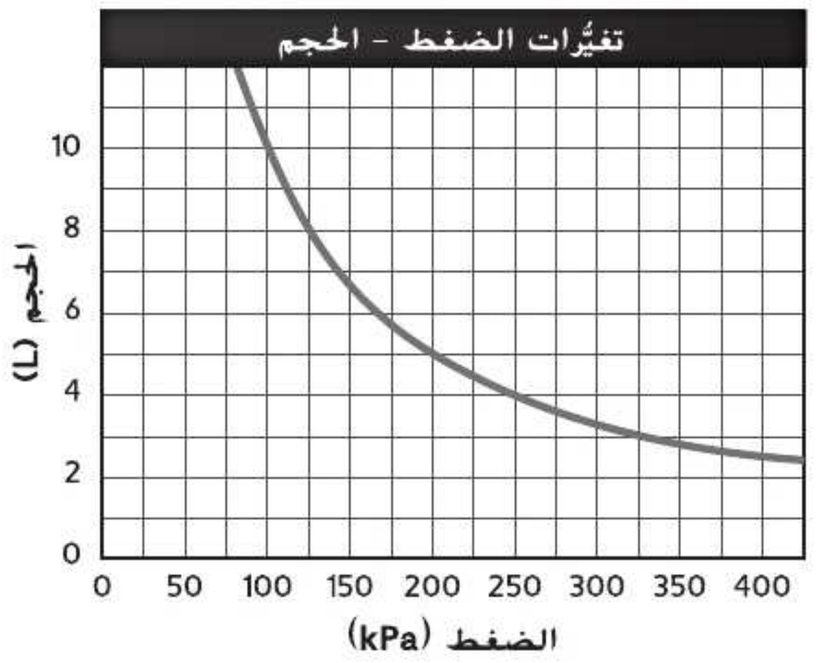
تدريب على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

دوّن إجابتك في ورقة الإجابات التي زوّدك بها المعلّم أو أي ورقة عادية.

1. في أي حالات المادة تتوقع أنّ تجد الماء على سطح الأرض، إذا كانت درجة الحرارة تبلغ -25°C؟
   - **A.** صلبة
   - **B.** سائلة
   - **C.** غازية
   - **D.** بلازمية

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين *2* و*3*.



2. ماذا سيكون حجم الغاز عندما يبلغ الضغط عليه 325 kPa؟
   - **A.** 1 L
   - **B.** 2 L
   - **C.** 3 L
   - **D.** 4 L

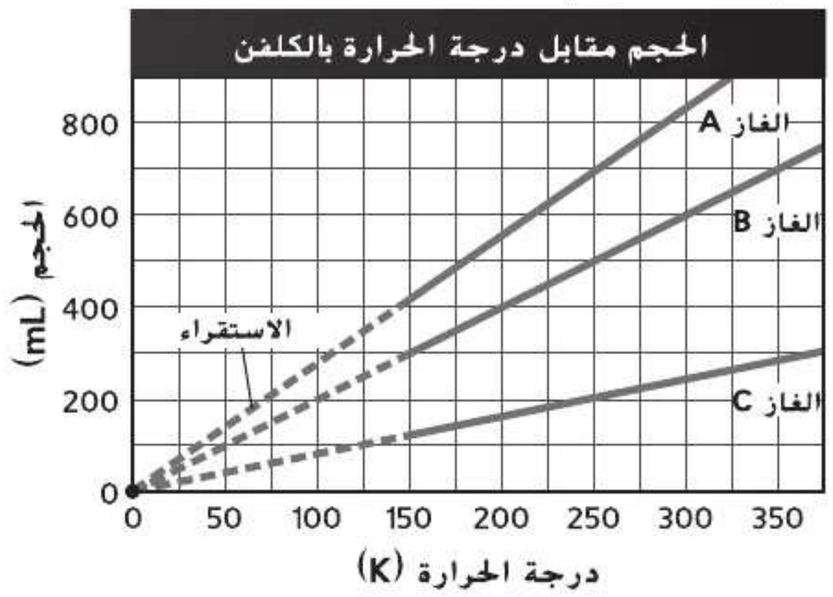
3. أي من المفاهيم العلمية الآتية يمثّله هذا الرسم البياني على النحو الأمثل؟
   - **A.** قانون بويل
   - **B.** قانون شارل
   - **C.** مبدأ باسكال
   - **D.** مبدأ برنولي

4. أي مما يلي لا يُرجح احتواؤه على البلازما؟
   - **A.** النجم
   - **B.** صاعقة البرق
   - **C.** ضوء النيون
   - **D.** كوب ماء

5. أي مما يلي يصف الطاقة اللازمة ليتحوّل السائل عند درجة غليانه إلى غاز؟
   - **A.** حرارة التبخر
   - **B.** الانتشار
   - **C.** حرارة الانصهار
   - **D.** الطاقة الحرارية

6. في أي من حالات المادة تبقى الجسيمات قريبة بعضها من بعض، ومع ذلك تستطيع أن تنزلق بمحاذاة بعضها؟
   - **A.** صلبة
   - **B.** سائلة
   - **C.** غازية
   - **D.** بلازمية

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين *7* و *8*.



7. ما العبارة الصحيحة مما يلي؟
   - **A.** بلغ الغاز A أقصى زيادة في الحجم مع ارتفاع درجة الحرارة.
   - **B.** بلغ الغاز B أقصى زيادة في الحجم مع ارتفاع درجة الحرارة.
   - **B.** بلغ الغاز C أقصى زيادة في الحجم مع ارتفاع درجة الحرارة.
   - **D.** بلغت الغازات الزيادة نفسها في الحجم.

8. عند أي درجة حرارة تقريبًا سيبلغ حجم الغاز B حوالي 600 mL؟
   - **A.** 100 K
   - **B.** 200 K
   - **C.** 300 K
   - **D.** 400 K

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة

دوّن إجابتك في ورقة الإجابات التي زوّدك بها المعلّم أو أي ورقة عادية.

9. إذا وضعت قطعتين خشبيتين في الماء، ثم غاصت إحداهما وطفت الأخرى، فما الذي تستنتجه عن كثافة القطعتين؟

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال *10*.

10. يُملأ بالون الرصد الجوي بالقرب من سطح الأرض بغاز منخفض الكثافة. فسر سبب صعود البالون عند إطلاقه.

11. إذا كان الحجم ثابتًا، فما الذي سيحدث لضغط الغاز عندما تنخفض درجة الحرارة؟ فسر إجابتك.

12. تقف سيارة وزنها 15,000 N فوق منصة مصعد هيدروليكي تبلغ مساحته $25\ m^2$. إذا كانت القوة المؤثّرة في المكبس الصغير لرفع السيارة تساوي 1/100 من وزنه، فما مساحة المكبس الصغير؟

أسئلة ذات إجابات موسعة

سجِّل إجاباتك على ورقة.

13. فسر سبب استمرار طفو المنطاد في الهواء حتى عندما يحمل أشخاصًا.

14. فسر سبب هبوط المنطاد عندما يتوقف الموقد عن العمل أثناء وجود المنطاد في الهواء.

15. صِف آلية عمل الجهاز أعلاه.

16. يرتدي الغواصون غالبًا سترات الطفو للحفاظ على مستوى محايد من الطفو، حتى لا يغوصون إلى القاع ولا يصعدون إلى السطح. عندما يستنشق الغواص، يصعد ببطء، وعندما يزفر، يغوص ببطء. اشرح سبب حدوث ذلك.

17. اشرح سبب غوص درهم معدني في كأس الماء وطفوه في كأس الزئبق.

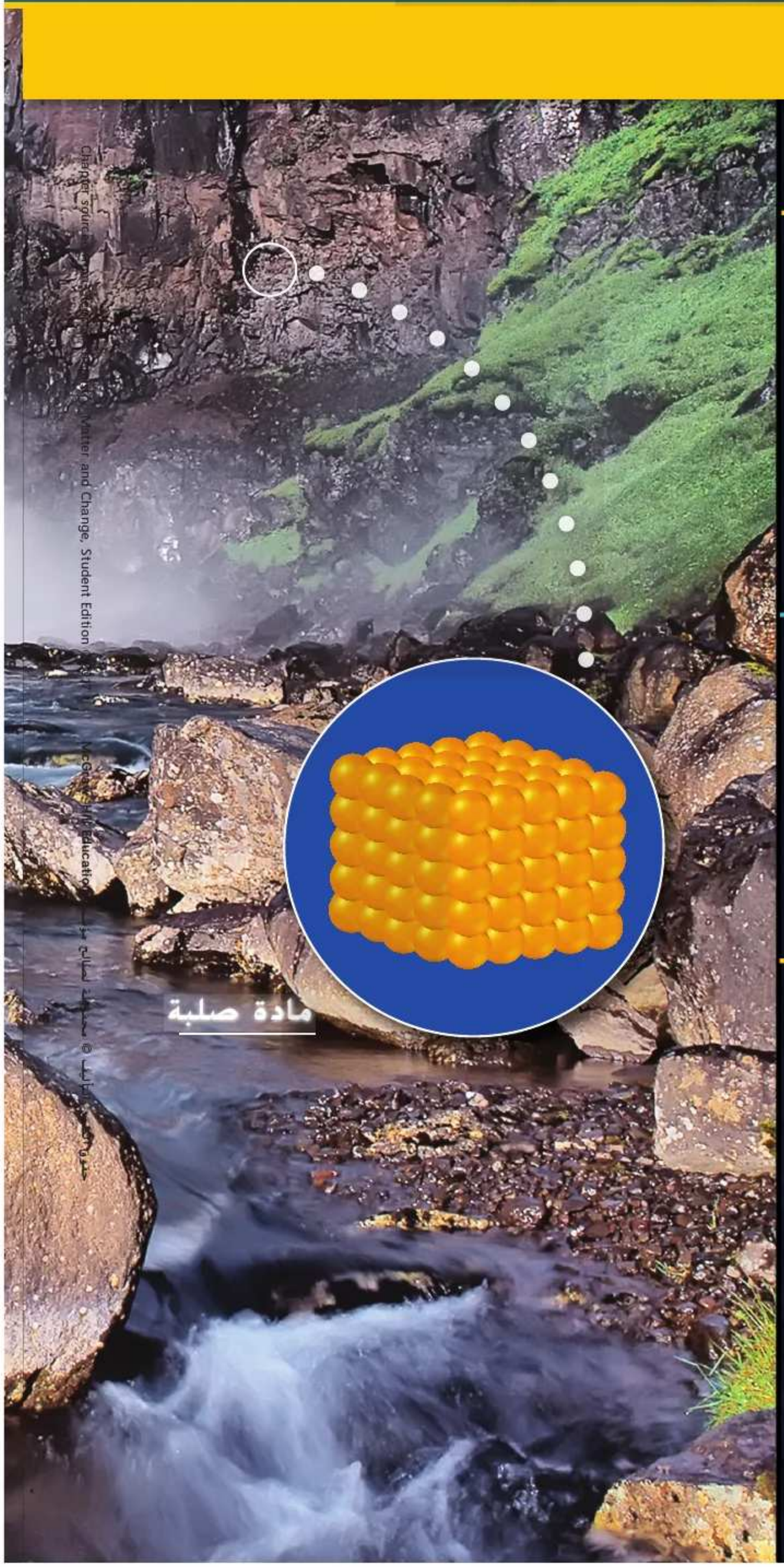
18. قارن وقابل بين التبخر والغليان.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 9

المادة – الخواص والتغيرات

الفكرة الرئيسة كل شيء مكون من المادة.



الأقسام

1 خواص المادة

2 تغيرات المادة

3 المخاليط

4 العناصر والمركبات

التجربة الاستهلالية

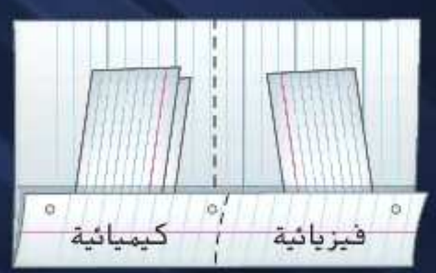
كيف يمكنك ملاحظة التغير الكيميائي؟

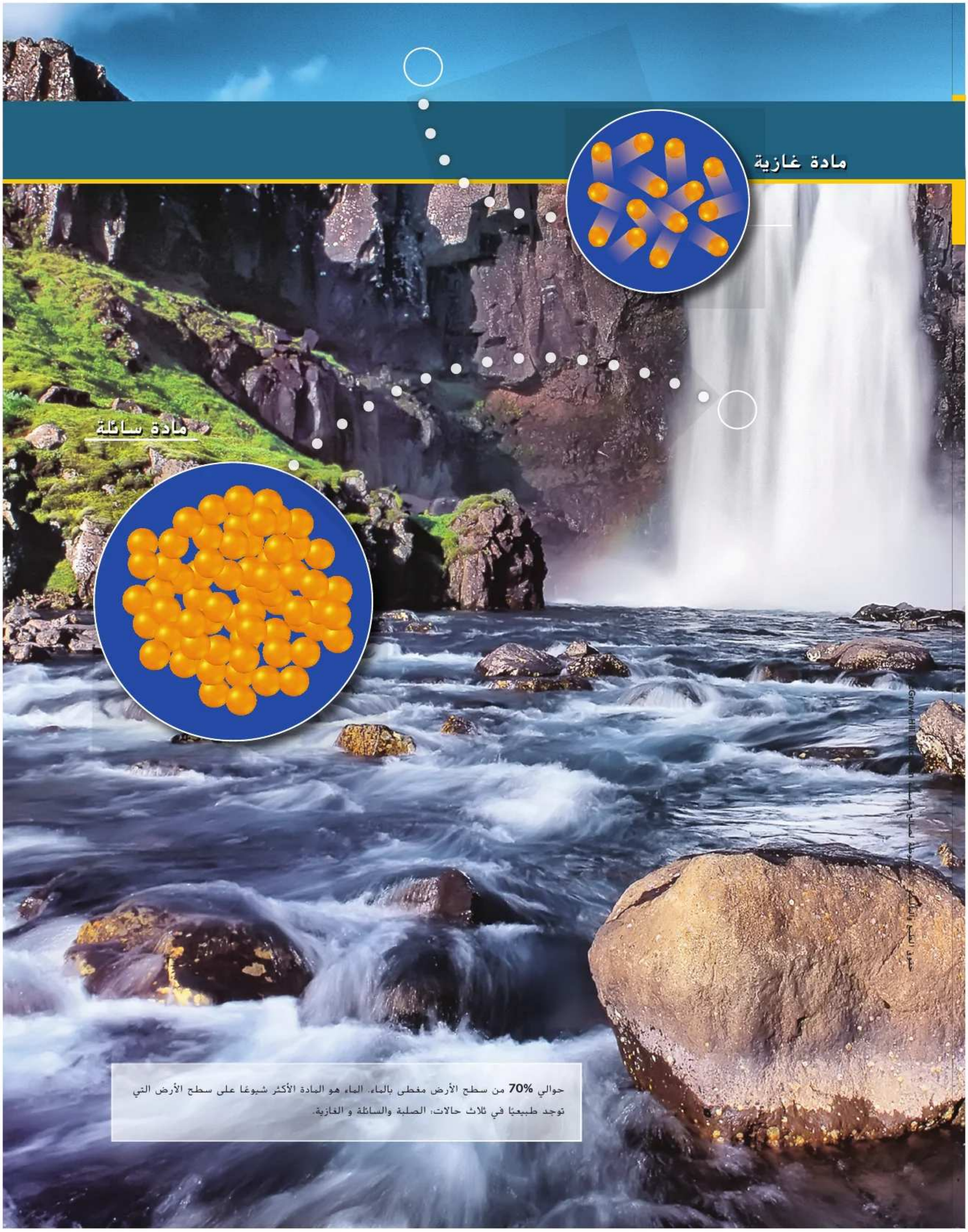
معظم المواد في حياتنا اليومية لا تتغير كثيرًا مع الزمن، لكن حينما تمتزج المواد، يصير التغير ممكنًا. ستلاحظ في هذه التجربة التغيرات التي تحدث حين تمزج مادتين.

مطويات® منظم الدراسة

الخصائص والتغيرات

اصنع مطويةً، وميزها بالاسم على النحو الموضح، واستخدمها لتنظيم دراستك للتغيرات الكيميائية والفيزيائية للمادة.





حوالي **70%** من سطح الأرض مغطى بالماء. الماء هو المادة الأكثر شيوعًا على سطح الأرض التي توجد طبيعيًا في ثلاث حالات: الصلبة والسائلة و الغازية.

حقوق الطبع والتأليف © لشركة ماكجروهيل للتعليم Graw-Hill Education

القسم 1

خصائص المادة

الفكرة الرئيسة توجد معظم المواد في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية، وكلٌ منها له خصائص كيميائية وفيزيائية متباينة.

الأسئلة الرئيسة

- ما الخواص التي تميز المادة الكيميائية؟
- ما الفرق بين الخواص الفيزيائية والخواص الكيميائية؟
- كيف تختلف خصائص الحالات الفيزيائية للمادة؟

مفردات للمراجعة

الكثافة density: نسبة كتلة الجسم إلى حجمه.

مفردات جديدة

حالات المادة	states of matter
المادة الصلبة	liquid
المادة السائلة	solid
المادة الغازية	gas
بخار الماء	vapor
الخواص الفيزيائية	physical property
الخواص التوسعية	extensive property
الخواص المكثفة	intensive property
الخواص الكيميائية	chemical property

الكيمياء في حياتك

تصور أن هناك كأس ماء فيه قطع من الثلج، ستجد أن الثلج يطفو على السطح؛ فكما تعلم أن الثلج سينصهر لو تُرك فترةً كافيةً في درجة حرارة الغرفة. هل يتغير تركيب الماء بتحوله من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة؟

المواد الكيميائية

كما تعلم أن المادة هي كل ما له كتلة ويشغل حيزًا من الفراغ. كل شيء حولنا عبارة عن مادة، بما فيها الأشياء التي لا يمكننا رؤيتها كالهواء والميكروبات؛ فملح الطعام، على سبيل المثال، نوع بسيط من المواد المألوفة لديك، ويتميز بتركيب كيميائي مميز وثابت، واسمه الكيميائي كلوريد الصوديوم، ويتكون بنسبة ٪100 من كلوريد الصوديوم، ولا يتغير تركيبه من عينة إلى أخرى. فملح البحر أو ذاك الذي يُستخرج من المنجم كما هو موضحٌ في **الشكل 1** يتميز على الدوام بنفس التركيب والخواص.

تذكر أن المادة ذات التركيب المنتظم والثابت تسمى مادة كيميائية، كما تُعرف أيضًا (بمادة كيميائية نقية). كلوريد الصوديوم مادةٌ كيميائية نقية. كما أن الماء النقي مثالٌ آخر على المواد الكيميائية النقية. يتكون الماء من الهيدروجين والأكسجين. أما ماء الصنبور وماء البحر فليسا نقيين؛ لأننا إذا أخذنا عينات من أماكن مختلفة، غالبًا ما سنجدها ذات تراكيب مختلفة؛ إذ ستحتوي العينات على كميات مختلفة من الماء والمعادن وغيرها من المواد الذائبة. المواد الكيميائية مهمة، لذا فإن جزءًا لا بأس به من هذا الكتاب سيركز على تركيب المواد الكيميائية، وكيفية تفاعلها مع بعضها البعض.

■ **الشكل 1** يتميز ملح الطعام بالتركيب نفسه سواء كان من البحر أم من منجم.

ملحٌ من منجم

ملح من البحر

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

■ **الشكل 2** للمادة الصلبة شكل محدد، ولا تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه؛ إذ إن جسيمات المادة الصلبة مرصوصة بإحكام.

حالات المادة

تخيل أنك تجلس على مقعد، تتنفس بسرعة وتشرب الماء بعد لعب مباراة كرة قدم. أنت في هذه الحالة تتعامل مع ثلاثة أشكال من المادة: المقعد الصلب، والماء السائل، والهواء الذي تتنفسه وهو غاز. وفي واقع الأمر، يمكن تصنيف جميع المواد الموجودة في الطبيعة على الأرض ضمن واحدة من هذه الحالات الفيزيائية التي تسمى **حالات المادة**. يمكن تمييز كلٍ من هذه الحالات الثلاث من خلال الطريقة التي تشغل بها الوعاء الذي توضع فيه. وقد تعرف العلماء على حالات أخرى للمادة، وإحداها تُدعى البلازما. وقد تتمثل حالة البلازما في صواعق البرق وفي النجوم.

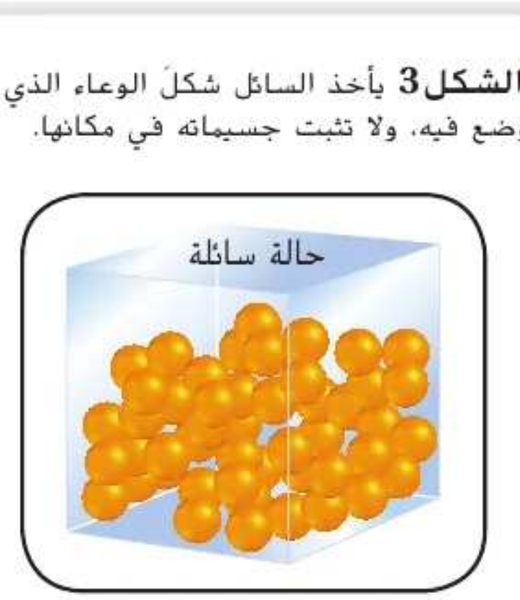
☑ **التأكد من فهم النص** **اذكر** حالات المادة الشائعة.

المواد الصلبة المادة **الصلبة** حالة من حالات المادة، لها شكل وحجم محددان. الخشب والحديد والورق والسكر جميعها أمثلة على المواد الصلبة. وجسيمات المادة الصلبة متراصة بإحكام، وعند تسخينها تتمدد لكن قليلًا. ولأن شكلها ثابت فإن المادة الصلبة لا تأخذ شكل الوعاء الذي تُوضع فيه؛ فإذا وضعت حجرًا في وعاء، فلن يأخذ شكل الوعاء، كما هو مبين في **الشكل 2**. إن التراص المحكم لجسيمات المواد الصلبة يجعلها غير قابلة للانضغاط؛ أي لا يمكن ضغطها إلى حجم أصغر. ومن الأهمية بمكان أن نعرف أن المادة الصلبة لا تحدَّد بمدى تماسكها أو قساوتها؛ فعلى سبيل المثال، على الرغم من أن الخرسانة قاسِية والشمع لين، كلاهما مادة صلبة.

السوائل **المادة السائلة** حالة من حالات المادة، يتسم بالانسياب والحجم الثابت، ويأخذ شكل الوعاء الذي يوضع فيه. ومن أمثلة السوائل الشائعة: الماء والدم والزئبق. الجسيمات في السائل ليست ثابتة في مكانها، وهي أقل تراصًا من جسيمات المادة الصلبة، وهذا يجعلها قادرة على الحركة وتجاوز بعضها بعضًا. هذه الخاصية تتيح للسائل بالانسياب ليأخذ شكل الوعاء الذي يوضع فيه، كما هو مبين في **الشكل 3** ، رغم أنه قد لا يملأ الوعاء تمامًا.

حجم السائل ثابت؛ بغض النظر عن حجم وشكل الوعاء الذي يحتويه، يظل حجم السائل دون تغير. نظرًا للطريقة التي ترتبط بها جسيمات السائل فإنه غير قابل للانضغاط، لكنه كالمواد الصلبة قابل للتمدد عند تسخينه.

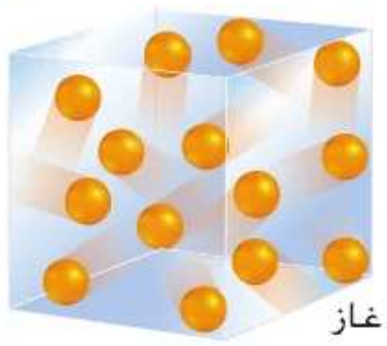
☑ **التأكد من فهم النص** **قارن** خصائص المواد الصلبة والسوائل من حيث ترتيب جسيماتهما.



■ **الشكل 3** يأخذ السائل شكلَ الوعاء الذي يوضع فيه، ولا تثبت جسيماته في مكانها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 4 تأخذ الغازات شكل وحجم الأوعية التي توجد فيها. وجسيمات الغاز بعيدة للغاية عن بعضها البعض.



الغازات **الغاز** حالة من حالات المادة، لا ينساب فقط ليأخذ شكل الوعاء الذي يملؤه، بل يشغل حجم الوعاء بالكامل، كما هو مبين في**الشكل 4**. إذا سمحت بانسياب الغاز في وعاء ما وأغلقت الوعاء، سيتمدد الغاز ليملأ الوعاء كاملًا. بالمقارنة بجسيمات المواد الصلبة والسائلة، فإن جسيمات الغازات متباعدة جدًا عن بعضها لذا فإن الغازات تنضغط بسهولة.

ربما تكون كلمة بخار مألوفة لديك، نظرًا لصلتها بكلمة غاز، لكن الغاز والبخار (رغم التشابه بينهما) لا يعنيان الشيء نفسه. تشير كلمة غاز إلى مادة توجد طبيعيًا في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة. أما كلمة **بخار** فتشير إلى الحالة الغازية لمادة توجد بصورة صلبة أو سائلة عند درجة حرارة الغرفة. فبخار الماء، على سبيل المثال، يسمى بخارًا لوجود الماء في صورة سائلة عند درجة حرارة الغرفة.

التأكد من فهم النص **فرِّق** بين الغاز والبخار.

مختبر حل المشكلات

حدد السبب والنتيجة

كيف يخرج الغاز المضغوط؟ وجود أسطوانات الغاز المضغوط أمر شائع في مختبرات الكيمياء؛ فمثلًا، يوضع غاز النيتروجين فوق بعض التفاعلات ليمنع تأثير الغازات الأخرى التي قد تتداخل في التجربة. في ضوء معرفتك بالغازات، فسر كيفية ضبط خروج النيتروجين المضغوط.

التحليل

جسيمات الغاز متباعدة، وعادةً ما تملأ الأوعية التي توجد بها حتى لو كانت غرفة المختبر. تأتي أسطوانات الغاز من المورد مغلقة بإحكام لمنع تسرب الغاز. وفي المختبر يُثبّت الكيميائي أو فني المختبر منظمًا للغاز على فوهة الأسطوانة.

التفكير الناقد

1. **فسِّر** يجب ضبط خروج الغاز المضغوط من الأسطوانة لاستخدام آمن وعملي؟
2. **توقع** ماذا يحدث إذا فُتح صمام أسطوانة الغاز بشكل كامل فجأة، أو ثُقبت الأسطوانة فجأة؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الجدول 1 الخواص الفيزيائية للمواد المألوفة

المادة	اللون	الحالة عند (25°C)	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)	الكثافة (g/cm^3) عند 25°C
الأكسجين	عديم اللون	غاز	-219	-183	0.0013
الزئبق	فضي	سائل	-39	357	13.5
الماء	عديم اللون	سائل	0	100	0.997
السكروز (سكر المائدة)	أبيض	صلب	186	يتحلل	1.58
كلوريد الصوديوم	أبيض	صلب	801	1465	2.17

الخواص الفيزيائية للمادة

ربما تكون معتادًا على التعرف على المواد من خلال خصائصها — مميزاتها وسلوكها؛ فيمكنك مثلًا أن تتعرف على قلم الرصاص من شكله ولونه ووزنه أو إحدى الميزات الأخرى. وهذه المميزات جميعها خصائص فيزيائية لقلم الرصاص. **الخاصية الفيزيائية** إحدى خصائص المادة التي يمكن ملاحظتها أو قياسها دون تغيير تركيبها. كما تصف الخصائص الفيزيائية المواد النقية؛ لأن المواد ذات تركيب منتظم وثابت، وخصائصها الفيزيائية ثابتة. تعد الكثافة واللون والرائحة والصلادة ودرجة الانصهار ودرجة الغليان من الخصائص الفيزيائية المألوفة التي يعدها العلماء سمات تمكنهم من التعرف على المادة. يتضمن **الجدول 1** قائمةً ببعض المواد المألوفة وخصائصها الفيزيائية.

التأكد من فهم النص **عرّف** الخاصية الفيزيائية وأعط أمثلةً عليها.

الخصائص التوسعية والمكثفة يمكن تصنيف الخواص الفيزيائية إلى نوعين: **الخواص التوسعية** وهي التي تعتمد على كمية المادة الموجودة، ومنها الكتلة والطول والحجم. أما الكثافة فهي مثالٌ على الخاصية المكثفة للمادة. **الخواص المكثفة** وهي التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة، ومنها الكثافة ودرجة الانصهار ودرجة الغليان. فكثافة مادة ما عند درجة حرارة وضغط ثابتين هي نفسها مهما كانت كمية المادة الموجودة.

غالبًا ما يمكن التعرف على المادة بالاعتماد على خصائصها المكثفة. وفي بعض الحالات قد تكفي خاصية مكثفة واحدة لتحديد المادة. فعلى سبيل المثال، معظم التوابل المبينة في **الشكل 5** يمكن التعرف عليها من خلال رائحتها.

الكيمياء في الحياة اليومية

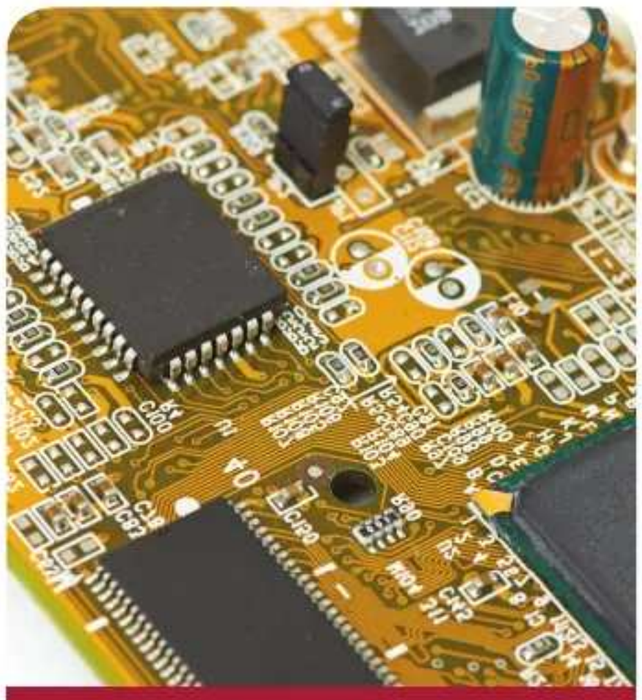
الخواص الفيزيائية

المعادن يستخدم العلماء الخواص الفيزيائية كاللون والصلادة في تحديد المعدن.
على سبيل المثال، معدن المالاكايت أخضر دائمًا ولين نسبيًا، وقد استخدم سابقًا صبغةً في الطلاء، ويُستخدم الآن في صناعة المجوهرات.

الشكل 5 كثير من التوابل يمكن التعرف عليها من رائحتها، وهي خاصية مكثفة.
استدلّ اذكر اسمًا لخاصية توسعية لأحد التوابل المبينة في الصورة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صفائح نحاس



أسلاك نحاسية

الشكل 6 من الخواص الفيزيائية للنحاس إمكانية تشكيله في عدة أشكال. كالأسلاك الموجودة في اللوحات الإلكترونية. أما تغير لونه من الأحمر إلى الأخضر حينما يتفاعل مع المواد الموجودة في الهواء فهو خاصية كيميائية.

الخواص الكيميائية للمادة

لا تظهر الخواص الكيميائية لمادة ما إلا بتغير تركيب هذه المادة. نتيجة اتحادها مع مواد أخرى أو تعرضها لمؤثر ما. كالطاقة الحرارية أو الكهربائية. وتسمى قدرة مادة ما أو عدم قدرتها على الاتحاد مع غيرها أو التحول إلى مادة أخرى أو أكثر **الخاصية الكيميائية**.

تَكوُّن الصدأ نتيجة اتحاد الحديد مع الأكسجين في الهواء مثالٌ على الخاصية الكيميائية للحديد. وبالمثل فإن عدم قدرة مادة ما على التحول إلى مادة أخرى مثالٌ آخر على الخاصية الكيميائية. على سبيل المثال. حينما يوضع الحديد في غاز النيتروجين عند درجة حرارة الغرفة. لا يحدث تغير كيميائي.

التأكد من فهم النص **قارن** بين الخواص الفيزيائية والخواص الكيميائية.

المطويات®

أضف معلومات من هذا القسم في مطويتك.

ملاحظة خواص المادة

لكل مادة خواصها الفيزيائية والكيميائية الفريدة. ويبين **الشكل 6** بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لفلز النحاس. فبإمكان النحاس أن يتشكل في عدة صور. وهذه خاصية فيزيائية. وعندما يتعرض النحاس للهواء مدة طويلة. فإنه يتفاعل مع المواد الموجودة في الهواء ويصير لونه أخضر. وهذه خاصية كيميائية. ويبين **الجدول 2** الخواص الفيزيائية والكيميائية لفلز النحاس.

الجدول 2 خواص النحاس

الخواص الفيزيائية	الخواص الكيميائية
• بني محمر. لامع • سهلٌ تشكيله في صورة صفائح (قابل للطرق) ويُسحب أسلاكًا (قابل للسحب) • موصلٌ جيد للحرارة والكهرباء • الكثافة = $8.96\ g/cm^3$ • درجة الانصهار = 1085°C • درجة الغليان = 2562°C	• يكوّن مركب كربونات النحاس الأخضر حينما يتعرض للهواء الرطب. • يكوّن مواد جديدة حينما يتحد مع حمض النيتريك وحمض الكبريتيك. • يكوّن محلولًا شديد الزرقة حينما يتفاعل مع الأمونيا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 7** لأن كثافة الثلج أقل من كثافة الماء فإن الجبال الجليدية تطفو فوق سطح المحيط.

خواص المادة وحالاتها قد تختلف خواص النحاس الواردة في **الجدول 2** باختلاف الظروف التي تتم ملاحظتها عندها. ولأن شكل المادة أو حالتها خاصية فيزيائية، فإن تغير الحالة يضيف خاصية فيزيائية أخرى للمادة بجانب خواصها. لذا من الأهمية ذكر الظروف المحددة – ومنها درجة الحرارة والضغط – التي يُجرى خلالها تسجيل الملاحظات إذ إن الخواص الفيزيائية والكيميائية تعتمد على هذه الظروف. تتضمن مصادر التعلم التي تقدم جداول الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد في جميع حالاتها.

فلتأخذ الماء مثالًا؛ لعلك تعتقد أن الماء سائلٌ (وهذه خاصية فيزيائية)، وليس نشطًا كيميائيًا (وهذه خاصية كيميائية). وربما تجد أيضًا أن كثافة الماء تساوي $1.00\ g/cm^3$ (خاصية فيزيائية). تنطبق هذه الخواص على الماء فقط عند درجة الحرارة والضغط القياسيين. أما في درجات الحرارة الأعلى من 100°C، فإن الماء يصبح بخارًا (خاصية فيزيائية)، وكثافته حوالي $0.0006\ g/cm^3$ (خاصية فيزيائية)، وهو يتفاعل بسرعة مع عدة مواد (خاصية كيميائية). وما دون 0°C، يصبح الماء صلبًا (خاصية فيزيائية)، وكثافته حوالي $0.92\ g/cm^3$ (خاصية فيزيائية). إن الكثافة المنخفضة للثلج هي السبب وراء حقيقة طفو الجبال الجليدية فوق سطح المحيط، كما هو مبين في **الشكل 7**. ومن الجلي حقًا أن خواص الماء تختلف اختلافًا كبيرًا باختلاف الظروف.

المفردات

مفردات علمية

المصدر

مصدر معلومات أو خبرة مهنية تحتوي المكتبة على مصادر للعديد من الموضوعات المختلفة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- الحالات الثلاث المألوفة للمادة هي الصلبة والسائلة والغازية.
- يمكن ملاحظة الخواص الفيزيائية دون تغيير تركيب المادة.
- الخواص الكيميائية تصف قدرة المادة على الاتحاد أو التحول إلى مادة جديدة أو أكثر.
- قد تؤثر الظروف الخارجية في الخواص الفيزيائية والكيميائية.

1. **الفكرة رئيسة أنشئ** جدولًا يصف حالات المادة الثلاث من حيث شكلها وحجمها وقابليتها للانضغاط.
2. **صف** الخواص التي تحدد المادة على أنها مادة كيميائية.
3. **صنف** كلًا من الخواص التالية إلى فيزيائية وكيميائية.
   a. الحديد والأكسجين يكوّنان الصدأ.
   b. الحديد أكثر كثافة من الألمنيوم.
   c. يحترق المغنيسيوم ويتوهج عند إشعاله.
   d. الزيت والماء لا يمتزجان.
   e. ينصهر الزئبق عند 39°C.
4. **نظم** كوّن جدولًا تقارن فيه بين الخواص الفيزيائية والكيميائية. أعط مثالين على كل نوع من الخواص.

القسم 2

التغيرات في المادة

الفكرة الرئيسة يمكن أن تطرأ على المادة تغيرات فيزيائية وكيميائية.

الكيمياء في حياتك

الفحم الحجري عبارة عن مادة صلبة سوداء اللون. أثناء الاحتراق، يتحول إلى اللون الأحمر. ثم ينتج عنه في النهاية رماد، وثاني أكسيد الكربون، والماء. التغيرات الكيميائية التي تطرأ على الفحم الحجري تنتج من خاصية كيميائية مهمة - القابلية للاحتراق.

الأسئلة الرئيسة

- ما التغير الفيزيائي مع إعطاء بعض الأمثلة عليه؟
- بماذا يتميز التغير الكيميائي؟ كيف لك أن تعرف بحدوث تغير كيميائي من عدمه؟
- كيف ينطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية؟

مفردات للمراجعة

الملاحظة observation: جمع مباشر للمعلومات عن ظاهرة معينة

المفردات الجديدة

التغير الفيزيائي physical change

تغير الحالة phase change

التغير الكيميائي chemical change

قانون حفظ الكتلة law of conservation of mass

التغيرات الفيزيائية

غالبًا ما تمر المادة بالتغيرات التي ينتج عنها مظهرًا مختلفًا بشكل ملحوظ. إلا أن تركيب المادة لا يتغير. مثال على ذلك هو تجعد ورق الألمنيوم. حيث يتحول ورق الألمنيوم من الشكل المسطح الشفاف مثل المرآة إلى شكل الكرة المضغوطة. وذلك دون أن يتغير التركيب الفعلي-حيث يظل ورق ألمنيوم. مثل ذلك التغير. والذي يطرأ على المادة دون أن يغير من تركيبها، يسمى **التغير الفيزيائي**. ويعتبر قطع ورقة وكسر بلورة أمثلة أخرى على تعرض المادة لتغيرات فيزيائية.

تغير الحالة كما هو الحال مع خصائص فيزيائية أخرى، فإن حالة المادة تعتمد على درجة الحرارة والضغط في الأجواء المحيطة. وحيث أن درجة الحرارة والضغط يتغيران، فإن معظم المواد تمر بتغير من حالة واحدة إلى حالة أخرى. **تغير الحالة** هو انتقال المادة من حالة إلى حالة أخرى.

الربط بعلم الأرض **دورة الماء** هذا هو الحال مع دورة الماء، والتي تسمح للحياة بالاستمرار على كوكب الأرض. وفي ظل الضغط الجوي وعند درجة حرارة 0 °C وأقل، يتحول الماء إلى الحالة الصلبة، والذي يعرف باسم الثلج. و حين يتعرض الثلج للحرارة، فإنه ينصهر ويصبح ماءً سائلاً. هذا التغير في الحالة هو تغير فيزيائي لأنه وعلى الرغم من أن الثلج والماء مختلفان في الشكل الظاهري، إلا أن لهما نفس التركيب. إذا زادت درجة حرارة الماء إلى100 °C. فإن الماء يبدأ في الغليان ويتحول الماء السائل إلى بخار. الانصهار وتكوين غاز كلاهما تغيرات فيزيائية وتغيرات في الحالة. **الشكل 8** يوضح عمليتي التكثف والتجمد، وهما اثنتين من حالات تغير الحالة المعروفة. مصطلحات مثل الغليان والتجمد والتكثف والتبخر والانصهار تشير عمومًا في الكيمياء إلى تغيرات الحالة في المادة.

التجمد

التكثف

الشكل 8 يمكن أن يحدث التكثيف عندما يتلامس الغاز مع سطح بارد، مما يسبب تشكل قطرات صغيرة. يحدث التجمد عندما يبرد السائل. يشكل الماء المتساقط من السقف كتل جليدية متدلية عندما يبرد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تعتبر درجة الحرارة والضغط اللتان تتعرض لهما المادة أثناء تغير الحالة من الخواص الفيزيائية المهمة. هذه الخصائص تسمى درجات الانصهار والغليان للمادة. انظر إلى **الجدول 1** لرؤية هذه المعلومات عن العديد من المواد المعروفة. مثل الكثافة، فإن درجات الانصهار والغليان عبارة عن خصائص فيزيائية مكثفة يمكن استخدامها للتعرف على المواد المجهولة.

التغيرات الكيميائية

عملية تتضمن تغيرات تطرأ على مادة واحدة أو أكثر بحيث تتحول إلى مواد جديدة وتسمى **التغير الكيميائي** والذي يشار إليه غالبًا باسم التفاعل الكيميائي. تتألف المواد الجديدة التي تتشكل في التفاعل من تراكيب وخصائص مختلفة عن المواد الموجودة قبل حدوث التفاعل. على سبيل المثال، يعتبر تكون الصدأ عند تفاعل الحديد مع الأكسجين في الجو الرطب من التغيرات الكيميائية. الصدأ، المبين في **الشكل 9** عبارة عن تركيبة كيميائية من الحديد والأكسجين.

في التفاعلات الكيميائية، تسمى المواد البادئة للتفاعل بالمواد المتفاعلة، والمواد الجديدة التي تشكلت من التفاعل تسمى بنواتج التفاعل. عمومًا، تشير مصطلحات مثل يتحلل، ينفجر، يصدأ، يتأكسد، يتآكل، يتغير لونه، يتخمر، يحترق، أو يتعفن إلى التفاعلات الكيميائية.

التأكد من فهم النص **عرّف** التغير الكيميائي.

الدليل على حدوث تفاعل كيميائي كما يوضح **الشكل 9** فإن الصدأ عبارة عن مادة تكون في صورة مسحوق ولونها بني محمر، والتي تبدو مختلفة جداً عن الحديد والأكسجين. لا ينجذب الصدأ إلى المغناطيس، على العكس من الحديد. تعتبر ملاحظة أن ناتج التفاعل (الصدأ) لديه خصائص مختلفة عن المواد المتفاعلة (الحديد والأكسجين) دليلاً على حدوث التفاعل الكيميائي. ينتج عن التفاعل الكيميائي دائمًا تغيراً في الخصائص. الغذاء الفاسد، مثل الفاكهة والخبز المتعفن، مثال آخر على التفاعلات الكيميائية. تختلف خصائص الغذاء الفاسد، مثل مذاقه وقابليته للهضم، عن الغذاء الطازج. أمثلة على الغذاء الذي مر بتفاعلات كيميائية موضحة في **الشكل 9**.

حفظ الكتلة

بدأ العلماء فقط في أواخر القرن الثامن عشر في استخدام الأدوات الكمية في دراسة التغيرات الكيميائية ومراقبتها. وفي ذلك الوقت، تم تطوير الميزان التحليلي، والذي كان قادراً على قياس التغيرات الصغيرة في الكتلة. بقياس الكتلة بحرص قبل وبعد عدة تفاعلات كيميائية، تمت ملاحظة أن، (وعلى الرغم من حدوث التغيرات الكيميائية)، الكتلة الكلية الداخلة في التفاعل ظلت ثابتة بدون تغيير. وبافتراض أن ذلك كان صحيحًا في كل التفاعلات، فقد لخص الكيميائيون هذه الملاحظة في قانون علمي. **قانون حفظ الكتلة** ينص على أن الكتلة لا تستحدث أثناء تفاعل كيميائي ولا تفنى بسببه–إنما يتم الحفاظ عليها. بمعنى آخر، كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة النواتج من التفاعل. وتكون معادلة قانون حفظ الكتلة كالتالي:

قانون حفظ الكتلة

كتلة المواد المتفاعلة = **كتلة** المواد الناتجة

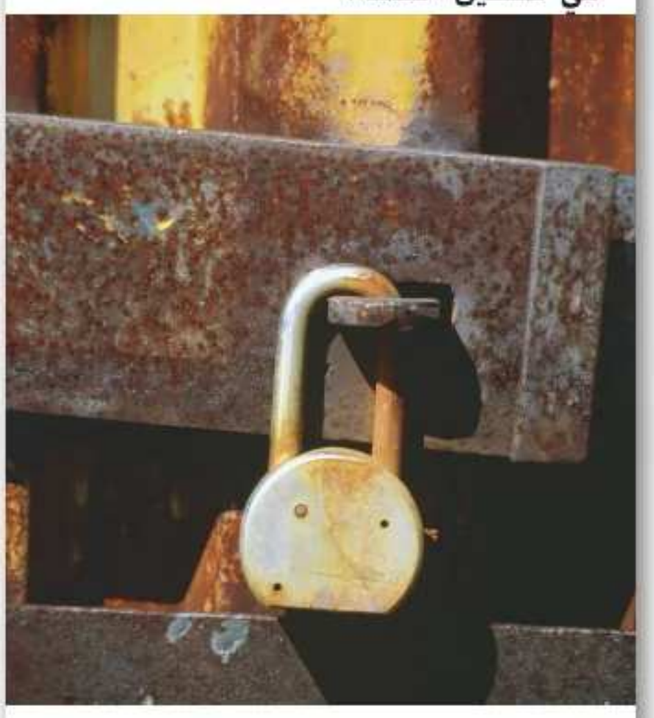
في التفاعل الكيميائي، يتم حفظ الكتلة، ويكون لنواتج التفاعل نفس كتلة المواد المتفاعلة.

مطويات®

خذ معلومات من هذا القسم واكتبها في مطويتك.

الشكل 9 عندما يصدأ الحديد ويتعفن الغذاء، تتشكل مواد جديدة بسبب التغير الكيميائي.

حدد المواد المتفاعلة ونواتج التفاعل في تشكيل الصدأ.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

حفظ الكتلة في إحدى التجارب، تم وضع 10.00 g من مسحوق أكسيد الزئبق (II) الأحمر في دورق مفتوح وتم تسخينه حتى تحول إلى زئبق سائل وغاز الأكسجين. كتلة الزئبق السائل 9.26 g فما كتلة الأكسجين الناتج من التفاعل؟

1 تحليل المسألة

معروف لديك كتلة المادة المتفاعلة وكتلة أحد النواتج من تفاعل كيميائي. وبحسب قانون حفظ الكتلة، فإن الكتلة الكلية لنواتج التفاعل يجب أن تساوي الكتلة الكلية للمواد المتفاعلة.

معلوم	مجهول
$m_{\text{أكسيد الزئبق(II)}} = 10.00\ g$	$m_{\text{الأكسجين}} = ?g$
$m_{\text{الزئبق}} = 9.26\ g$	

2 حساب المجهول

اكتب قانون حفظ الكتلة. — $\text{كتلة المواد المتفاعلة} = \text{كتلة نواتج التفاعل}$

$m_{\text{أكسيد الزئبق(II)}} = m_{\text{الزئبق}} + m_{\text{الأكسجين}}$

عدل في المعادلة لإيجاد m الأكسجين. — $m_{\text{الأكسجين}} = m_{\text{أكسيد الزئبق(II)}} - m_{\text{الزئبق}}$

عوض m أكسيد(II) الزئبق $= 10.00g$ و m الزئبق $= 9.26g$. — $m_{\text{الأكسجين}} = 10.00\ g - 9.26\ g$

$m_{\text{الأكسجين}} = 0.74\ g$

3 تقييم الإجابة

مجموع كتل نواتج التفاعل يساوي كتلة المادة المتفاعلة، مما يؤكد أنه قد تم حفظ الكتلة.

تطبيقات

5. استخدم بيانات الجدول للإجابة عن الأسئلة التي تليه:.

تفاعل الألمنيوم و البروم السائل

المادة	قبل التفاعل	بعد التفاعل
الألمنيوم	10.3 g	0.0 g
البروم السائل	100.0 g	8.2 g
المركّب	0.0 g	

كم كتلة البروم المتفاعلة؟ كم كتلة المركب الناتج؟

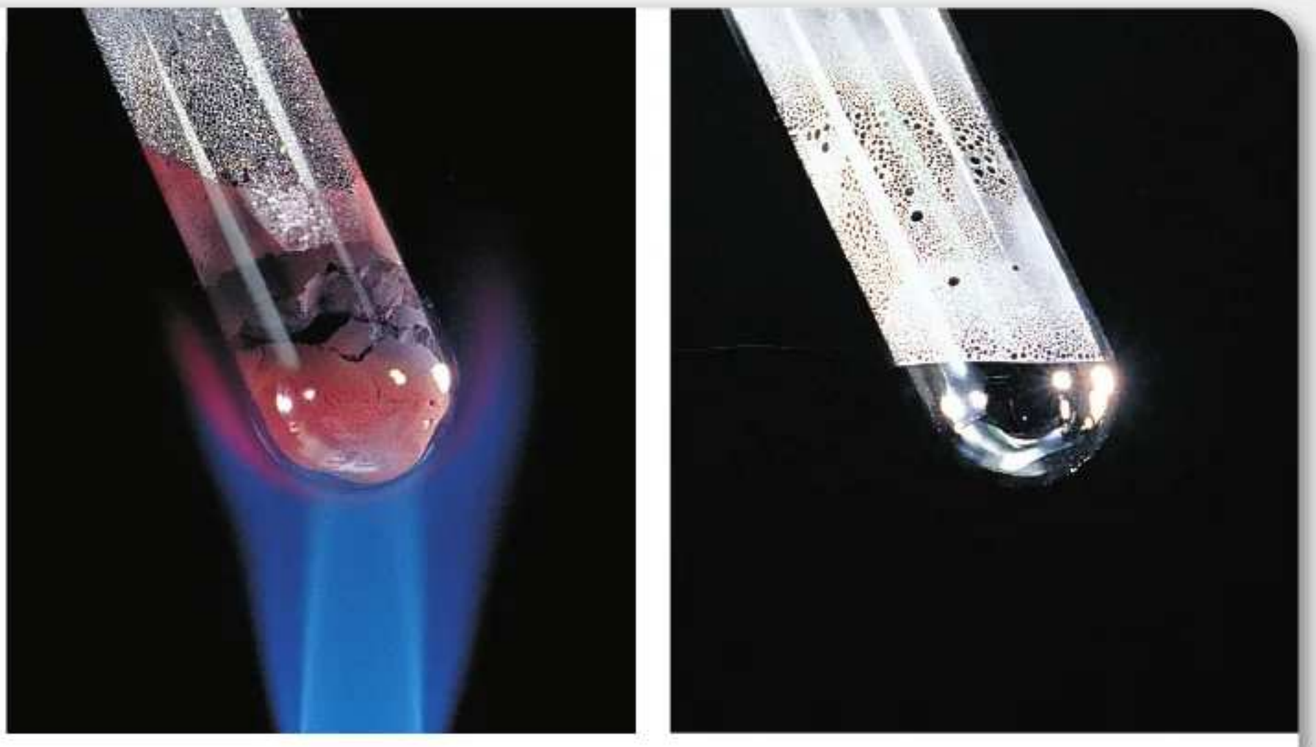
6. من خلال تجربة مختبرية صممت لفصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين، قام أحد الطلاب بجمع 10.0g من الهيدروجين و 79.4g من الأكسجين. ما مقدار الماء بالضبط الذي تم استخدامه في هذه التجربة؟

7. وضع أحد الطلاب وبحرص 15.6g من الصوديوم في وعاء به كمية زائدة من غاز الكلور. عندما تم التفاعل، حصل الطالب على 39.7g من كلوريد الصوديوم. احسب عدد الجرامات التي تفاعلت من غاز الكلور. كم عدد الجرامات المتفاعلة من الصوديوم؟

8. عينة كتلتها 10.0 g من المغنيسيوم تتفاعل مع الأكسجين لتشكل 16.6g من أكسيد المغنيسيوم. كم عدد الجرامات المتفاعلة من الأكسجين؟

9. تحدي 106.5g من HCl تتفاعل مع مقدار غير معلوم من NH_3 فنتج 156.3g من $NH_4Cl(s)$. كم عدد جرامات NH_3 المتفاعلة؟ هل يمكن ملاحظة قانون حفظ الكتلة في هذا التفاعل؟ فسر إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 10 عندما يتم تسخين أكسيد الزئبق(II) فإنه يتفاعل ليشكل الزئبق السائل وغاز الأكسجين. مجموع كتل الزئبق السائل وغاز الأكسجين الناتج أثناء التفاعل يساوي كتلة أكسيد الزئبق(II).

العالم الفرنسي أنطوان لافوازييه (1743-1794) كان واحداً من أوائل من استخدموا الميزان التحليلي لمراقبة التفاعلات الكيميائية. وكان قد قام بدراسة التفكك الحراري لأكسيد الزئبق(II) . أكسيد الزئبق (II). الموضح في **الشكل 10**, عبارة عن مسحوق صلب أحمر اللون. عندما يتم تسخينه، يتفكك المسحوق الصلب الأحمر ليشكل زئبقًا سائلاً فضي اللون وغاز أكسجين عديم اللون.

تغير اللون وخروج الغاز مؤشرات على حدوث تفاعل كيميائي. عندما يحدث التفاعل في وعاء مغلق، لا يستطيع غاز الأكسجين الخروج، ويمكن قياس الكتلة قبل وبعد التفاعل. ستكون الكتلة هي نفسها قبل وبعد التفاعل. يعتبر قانون حفظ الكتلة من المفاهيم الأساسية في الكيمياء.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- التغير الفيزيائي يغير الخصائص الفيزيائية للمادة بدون تغيير تركيبها الكيميائي.
- التغير الكيميائي، المعروف أيضًا باسم التفاعل الكيميائي، يتضمن تغير في التركيب الكيميائي للمادة.
- في التفاعل الكيميائي، المواد المتفاعلة تشكل نواتج التفاعل.
- قانون حفظ الكتلة ينص على أن الكتلة لا تفنى ولا تستحدث في التفاعل الكيميائي ،وإنما تبقى محفوظة.

10. الفكرة الرئيسة صنّف كل مثال مما يلي على أنه تغير فيزيائي أو تغير كيميائي.

A. سحق علبة مشروبات غازية من الألمنيوم

B. إعادة التدوير باستخدام علب من الألمنيوم لصنع علب جديدة من الألمنيوم

C. يتحد الألمنيوم مع الأكسجين لتشكيل أكسيد الألمنيوم

11. صِف نتائج التغير الفيزيائي واذكر ثلاثة أمثلة على التغير الفيزيائي.

12. صِف التغير الكيميائي. اذكر أربعة مؤشرات على التغير الكيميائي.

13. احسب كل مما يلي:

A. في التفاعل التام لكمية 22.99 g من الصوديوم مع 35.45 g من الكلور، كم كتلة كلوريد الصوديوم المتكونة؟

B. عينة من *X* كتلتها 12.2 g تتفاعل مع عينة من *Y* لتشكل 78.9 g من *XY*. ما كتلة *Y* التي تفاعلت؟

14. قيّم يخبرك أحد الأصدقاء قائلاً، "حيث أن التركيب الكيميائي لا يتغير أثناء التغير الفيزيائي، فإن مظهر المادة لا يتغير هو أيضًا". هل صديقك على صواب؟ فسر إجابتك.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 3

المخاليط

الفكرة الرئيسة معظم المواد التي تشاهدها وتتعامل معها عبارة عن مخاليط— مزيج بين مادتين أو أكثر.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تختلف المخاليط عن المواد الكيميائية؟
- لماذا تصنف بعض المخاليط على أنها متجانسة، في حين يصنف البعض الآخر على أنها غير متجانسة؟
- ما الطرائق المتعددة المستخدمة لفصل المخاليط؟

مفردات للمراجعة

مادة كيميائية substance: شكل من أشكال المادة لديها تركيب منتظم وثابت؛ معروفة أيضًا كونها مادة نقية.

مفردات جديدة

خليط	mixture
خليط غير متجانس	heterogeneous mixture
خليط متجانس	heterogeneous mixture
محلول	sulotion
ترشيح	filtration
تقطير	distillation
التبلور	crystallization
التسامي	sublimation
الاستشراب (الكروماتوجرافيا)	chromatography

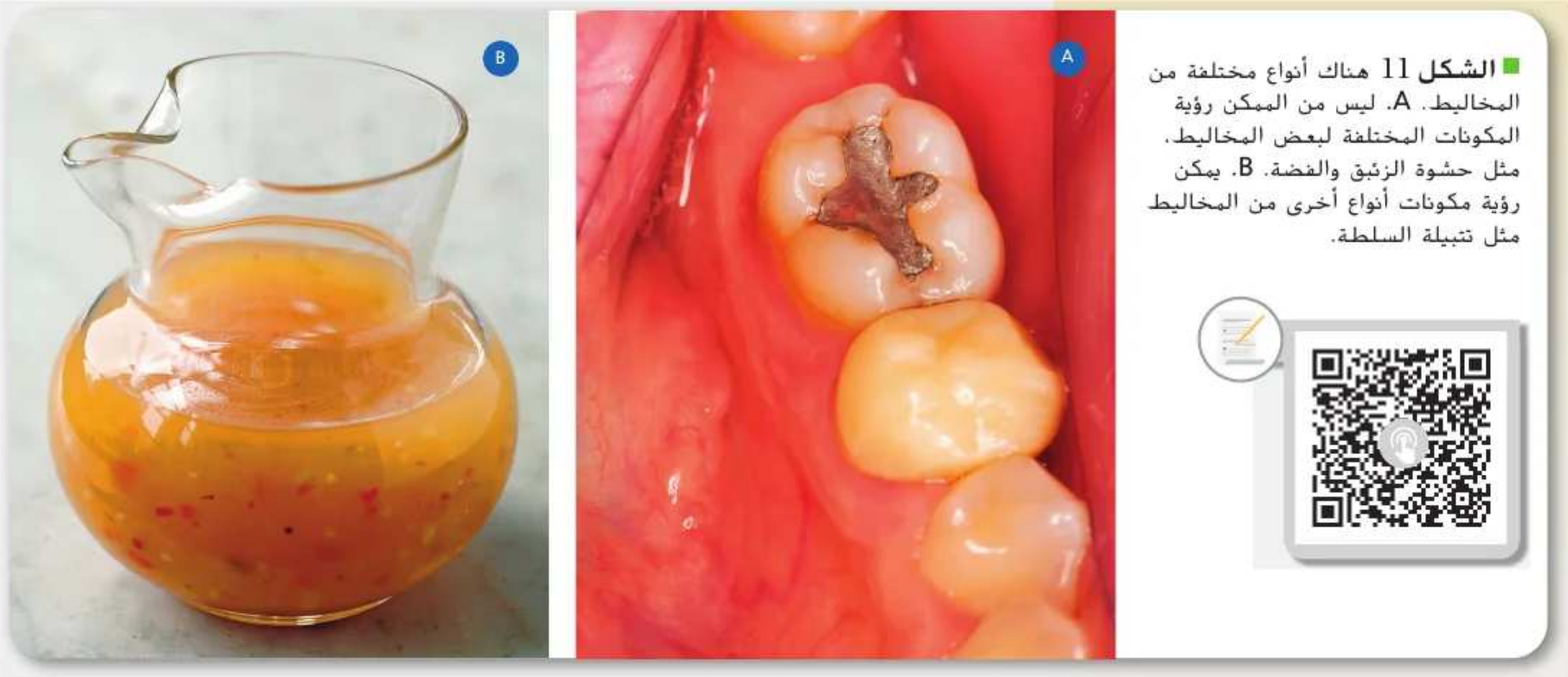
الكيمياء في حياتك

ذاك الصوت المألوف الذي تسمعه عند فتح قارورة مشروب غازي هو صوت الغاز المنبعث. ربما قد لاحظت أنه عند تركك القارورة مفتوحة، تختفي معظم الفقاعات ويفقد الشراب فورانه في نهاية المطاف. ولكن يبقى المشروب الغازي حلو المذاق بغض النظر عن المدة التي تركت فيها القارورة مفتوحة.

المخاليط

قد قرأنا بالفعل أن للمادة النقية تركيب منتظم وثابت. ماذا يحدث عندما تمتزج مادتين أو أكثر؟ **الخليط** يتكون من مادتين نقيتين أو أكثر تحتفظ كل واحدة منها بخصائصها الكيميائية. تركيب المخاليط متغير، وعدد المخاليط التي يمكن تكوينها من المواد غير محدود. ومع أن أغلب التركيز في الكيمياء يكون على سلوك المواد، إلَّا أنه من المهم تذكر أن أغلب المواد التي تتعامل معها يوميًا هي عبارة عن مخاليط. فالمواد تميل للامتزاج طبيعيًا؛ إذ من الصعب إبقاء أي مادة في حالتها النقية.

يعرض **الشكل 11** نوعين من المخاليط ومع أنه لا يمكنك التمييز بين مكونات خليط الزئبق والفضة في **الشكل 11A**، إلَّا أنه يمكنك فصلهم عن طريق تسخين الخليط. سوف يتبخر الزئبق قبل الفضة، وسوف تحصل على مواد منفصلة من: بخار الزئبق والفضة الصلبة. يمتزج الزئبق والفضة فيزيائيًا مشكلين مزيج مع أنهما لا يتفاعلان مع بعضهما البعض كيميائيًا. ويمكن فصلهما بالطرائق الفيزيائية مثل التبخير. تمتزج مادة الزيت والتوابل والخل عند خلطهما معًا، كما هو ظاهر في **الشكل 11B**، غير أنها لا تتفاعل مع بعضها البعض. في الواقع، سيظل بمقدورك التمييز بين كافة المواد. فإذا بقي المزيج لوقت كافٍ دون تحريك، سوف يشكل الزيت طبقة أعلى الخل.



الشكل 11 هناك أنواع مختلفة من المخاليط. A. ليس من الممكن رؤية المكونات المختلفة لبعض المخاليط، مثل حشوة الزئبق والفضة. B. يمكن رؤية مكونات أنواع أخرى من المخاليط مثل تتبيلة السلطة.

McGraw-Hill Education
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

أنواع المخاليط كل من مزيجا المواد النقية في الشكل 11 مخاليط، بغض النظر عن الفروقات البصرية الواضحة. يمكن تحديد المخاليط بعدة طرائق كما أنها تصنف كونها إما متجانسة أو غير متجانسة.

المخاليط غير المتجانسة مزيج لا تختلط مكوناته تمامًا بحيث يمكن تمييزها بشكل واضح. وستجد أن خليط تتبيلة السلطة مثال جيد على المخاليط غير المتجانسة. فتركيبته غير موحدة — إذ إن مكوناته لم تمتزج مع بعضها بشكل منتظم وبقيت متميزة. في مثال آخر، عصير البرتقال الطازج خليط غير متجانس من العصير ولب الثمرة. فمكون اللب يطفوا فوق سطح مكون العصير. لذلك، يمكننا قول أن وجود مكونين أو أكثر معًا بشكل متمايز يحدد الخليط غير المتجانس.

المخاليط المتجانسة مزيج ذو تركيب ثابت ومتماثل في جميع أجزائه. إذا قطعت مملغم الزئبق والفضة إلى قطعتين. فستجد أنهما يتألفان من نفس الكميات النسبية من الفضة والزئبق، بصرف النظر عن حجم كل قطعة.

التأكد من فهم النص: **قارن** بين المخاليط غير المتجانسة والمخاليط المتجانسة. اعط مثالًا لكل منهما.

المفردات

أصل الكلمة

خليط mixture

من الكلمة اللاتينية "misceo"، والتي تعني أن تمزج أو تخلط

يُشار إلى المخاليط المتجانسة بالمحاليل. ولعلك على معرفة بالمحاليل السائلة، مثل الشاي والعصائر. ولكن أتعلم أن المحاليل يمكن أن تكون صلبة أو سائلة أو غازية! إذ يمكن أن يتكون الخليط من مادة صلبة مع مادة غازية أو من مادة صلبة مع مادة سائلة أو من مادة غازية مع مادة سائلة وما إلى ذلك. يضم **الجدول** 3 قائمة بأنواع مختلفة من المحاليل وأمثلة عليها. كما ستجد توضيح لكل محلول في **الشكل** 12.

يدعى المحلول صلب–صلب؛ المعروف باسم الفولاذ بالسبيكة. السبيكة خليط متجانس من الفلزات، أو مزيج من الفلزات واللافلزات يكون فيه الفلز المكون الرئيس. على سبيل المثال، الفولاذ خليط من الحديد والكربون. حيث تزيد إضافة ذرات الكربون من صلابة الفلز.

تمزج المصانع خصائص العديد من الفلزات في السبيكة (الخليط الفلزي) لتحقيق قوة أكبر ومتانة. غالبًا ما تصنع المجوهرات من السبائك مثل البرونز والفضة الاسترليني والذهب قيراط 14.

الجدول 3 أنواع المحاليل

نظام	مثال
غاز–غاز	يُعد الهواء المستخدم في خزانات التنفس تحت الماء خليطًا من غازات النيتروجين والأكسجين والأرجون.
غاز–سائل	يذوب الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في ماء البحر.
سائل–غاز	يحتوي الهواء الرطب الذي يزفره الغوّاص على قطرات ماء.
سائل–سائل	عندما تمطر، يمتزج ماء المطر بماء البحر.
صلب–سائل	يذوب الملح الصلب في ماء البحر.
صلب–صلب	خزّان الهواء مصنوع من سبيكة—خليط من فلزين.

مهن في الكيمياء

عالِم المواد ينتج علماء المواد مواد جديدة ويحللوا خصائصها. فهم يعملون في معامل وطنية والمصانع وأكاديميات. على سبيل المثال، طوَّر العلماء في ناسا سبائك من السيليكون والألمنيوم يمكن توظيفها في بناء محركات أخف وأقوى.

الشكل 12 يوضح جميع أنواع المحاليل.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

فصل المخاليط

أغلب المواد موجودة في الطبيعة في شكل مخاليط. لذا، من المهم إيجاد طريقة لفصل المخاليط لمكوناتها النقية حتى نصل إلى فهم دقيق للمادة. وبسبب أن مكونات الخليط ممتزجة مع بعضها بشكل فيزيائي، فإن العمليات المستخدمة لفصله عمليات فيزيائية تعتمد على اختلاف الخصائص الفيزيائية للمواد. فعلى سبيل المثال، يمكن فصل خليط الحديد والرمل إلى مكوناته بمغناطيس، لأن المغناطيس سوف يجذب الحديد ولا يجذب الرمل. ولقد طُوِّرت العديد من التقنيات التي تعتمد على خصائص فيزيائية مختلفة لفصل المخاليط المتنوعة.

الترشيح تتكون المخاليط غير المتجانسة من مواد صلبة وسائلة يسهل فصلها بالترشيح. الترشيح تقنية تستخدم حاجز مسامي لفصل المادة الصلبة عن السائلة. يبين **الشكل 13** خليط يُسكب عبر ورقة ترشيح على شكل مخروط. يمر السائل، مخلفًا المادة الصلبة معلقة في ورقة الترشيح.

التقطير يمكن فصل معظم المخاليط المتجانسة بالتقطير. التقطير هو تقنية فصل فيزيائية تعتمد على الاختلاف في درجات غليان المواد التي يراد فصلها. في التقطير، يسخن الخليط حتى تتبخر المادة ذات درجة الغليان الأدنى، مما يتيح حينها إمكانية تكثيفها إلى سائل وجمعها. عند التحكم الدقيق، يمكن للتقطير فصل مواد ذات درجات غليان متباينة فقط ببضع درجات.

■ **الشكل 13** بينما يمر الخليط عبر ورقة الترشيح، تبقى المواد الصلبة في الورقة، في حين يُجمع الراشح (السائل المتبقي) في الدورق.

تجربة مصغرة

ملاحظة فصل الأصباغ

كيف يتيح لك الاستشراب الورقي (كروماتوجرافيا الورق) فصل المواد؟ الاستشراب طريقة تشخيص مهمة يستخدمها الكيميائيون وفنيو المختبرات الجنائية في فصل المواد وتحليلها.

إجراء التجربة

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بالتجربة قبل البدء في العمل.
2. املأ **كوبًا بلاستيكيًا سعة 250mL** بماء **لحوالي** 2cm من الأعلى. امسح أي قطرات ماء على حافة الكوب.
3. ضع قطعة **ورقة ترشيح دائرية** على سطح نظيف وجاف. ضع بقعة حبر مركز في مركز الورقة بالضغط بقوة بطرف**قلم مائي أسود**على الورقة.
4. استخدم **مقصًا** أو أداة أخرى حادة لعمل ثقب صغيرة بقطر ريشة قلم تقريبًا، في مركز بقعة الحبر. **تحذير: يمكن للأدوات الحادة ثقب الجلد.**
5. لف أحد الأرباع **لورقة ترشيح دائرية قياس 11cm** في مخروط ضيق. سيعمل هذا كفتيل لسحب الماء. اجعل النهاية المدببة للفتيل في الفتحة في مركز ورقة الترشيح الدائرية.
6. ضع الورقة و الفتيل أعلى كوب الماء مع وضع الفتيل في الماء. سيصعد الماء على الفتيل إلى الخارج عبر الورقة الدائرية.
7. عندما يصل الماء إلى حوالي 1cm لحافة الورقة (في حوالي 20 دقيقة تقريبًا)، أزل بحذر الورقة من على الكوب المليء بالماء وضعها على كوب آخر **فارغ**.

التحليل

1. **سجِّل** عدد الأصباغ المتميزة التي يمكنك التعرف عليها في مخطط ورقة الترشيح الدائرية. عنون مجموعات الألوان.
2. **فسر** سبب رؤيتك لألوان متباينة في مواقع مختلفة على ورقة الترشيح.
3. **قارن** نتائجك بتلك التي توصل إليها زملائك في الصف. فسر أي اختلافات قد لاحظتها.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الشكل 14 بينما يتبخر الماء من المحلول المائي السكري، فإن بلورات السكر تتشكل على صورة سلسلة.

التبلور تعد صناعة حلوى السكر من محلول السكر مثال على الفصل بالتبلور. **التبلور** تقنية فصل تقوم بتشكيل جسيمات صلبة نقية من المادة المذابة في محلول. عندما يصل محتوى المحلول لأقصى قدر يمكن استيعابه من المادة المذابة، فقد يترتب على إضافة ولو كمية ضئيلة خروج المادة المذابة وتجمعها على هيئة بلورات على أي سطح متوفر.ففي مثال حلوى السكر، يتبخر الماء من محلول السكر والماء، ويصبح المحلول أكثر تركيزًا. وهذا ما يعادل إضافة الكثير من المادة المذابة للمحلول. وفي حين يتبخر الكثير من الماء، فإن السكر يشكل بلورات صلبة على شكل سلسلة، كما هو موضح في **الشكل 14**. ينتج التبلور مواد صلبة عالية النقاء.

التسامي يمكن فصل المخاليط أيضًا **بالتسامي**. وهي العملية التي تحدث عندما تتغير المادة الصلبة للحالة الغازية دون المرور في الحالة السائلة. يمكن استخدام التسامي لفصل مادتين صلبتين في خليط ، بشرط أن تكون إحدى المادتين تتسامى والأخرى لا تتسامى.

الاستشراب (الكروموتوجافيا) **الاستشراب** تقنية تفصل مكونات خليط سواء غاز أو سائل (يطلق عليها الطور المتحرك) معتمد على قدرة كل مكون على الانتقال أو الانجذاب لسطح مادة أخرى (والتي يطلق عليها الطور الثابت). على سبيل المثال، في الاستشراب الورقي الطور الثابت مادة صلبة. خلال الاستشراب الورقي، يحدث الفصل بسبب انتشار المكونات المتنوعة للخليط في الطور المتحرك السائل عبر الورقة بمعدلات مختلفة. المكونات ذات قوى الجذب الأقوى تجاه الورقة تنتقل بنحو أبطأ.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- الخليط مزيجٌ فيزيائي بين مادتين نقيتين أو أكثر بنسب متفاوتة.
- المحاليل مخاليط متجانسة.
- يمكن فصل المخاليط بطرائق فيزيائية. تتضمن تقنيات الفصل الشائعة الترشيح والتقطير والتبلور والتسامي والاستشراب.

15. **الفكرة الرئيسة** **صنِّف** كل مما يلي إما إلى مخاليط غير متجانسة أو مخاليط متجانسة.

a. ماء الصنبور **b.** الهواء **c.** كعكة الزبيب

16. **قارن** بين المخاليط والمواد النقية.

17. **صف** تقنية الفصل التي يمكن استخدامها لفصل كل من المخاليط التالية:

a. سائلان عديما اللون

b. مادة صلبة غير ذائبة مختلطة بسائل.

c. رخام أحمر وأزرق بنفس الحجم والكتلة.

18. **صمِّم** خارطة مفاهيم تلخص العلاقات بين المادة والمخاليط والمركبات والمواد الكيميائية النقية والمخاليط المتجانسة وغير المتجانسة.

القسم 4

العناصر والمركبات

الفكرةالرئيسة **المركب يتكون من عنصرين أو أكثر متحدة مع بعضها كيميائيًا.**

الأسئلة الرئيسة

- ما الذي يميز العناصر عن المركبات؟
- كيف ينظم الجدول الدوري؟
- ما قانوني النسب الثابتة والمتضاعفة؟ وما سبب أهميتهما؟

مفردات للمراجعة

النسبة proportion: علاقة جزء بآخر أو بالكل فيما يخص الكمية.

المفردات الجديدة

عنصر element
جدول دوري periodic table
مركب compound
قانون النسب الثابتة law of definite proportions
نسبة مئوية كتلية percent by mass
قانون النسب المتضاعفة law of multiple proportions

الكيمياء في حياتك

عندما تأكل سلطة الفاكهة، يمكنك فصل فاكهتك المفضلة عن الأخرى. ومع ذلك، يستحيل عليك فصل مكونات المربى في شطيرتك—إلى عصير فاكهة وسكر وألياف وهكذا هو الأمر بالنسبة للمركبات، إذ لا يمكنك فصل مكوناتها بطرائق فيزيائية.

العناصر

درست سابقًا في هذه الوحدة عن تنوع المادة واختلافها في بيئتك المحيطة. ومع أنه يمكن للمادة أن تأخذ الكثير من الأشكال، إلّا أنه يمكن تقسيم جميع المواد وتجزئتها إلى عدد أصغر نسبيًا من الوحدات الأساسية المكونة لها، والتي يُطلق عليها عناصر. **العنصر** مادة نقية لا يمكن فصلها إلى مواد أبسط بطرق فيزيائية أو كيميائية. على سطح الأرض، يوجد أكثر من 90 عنصرًا في الطبيعة. النحاس والأكسجين والذهب أمثلة عن هذه العناصرالموجودة في الطبيعة. أيضًا، هناك العديد من العناصر التي لا توجد في الطبيعة ولكن يطوّرها العلماء.

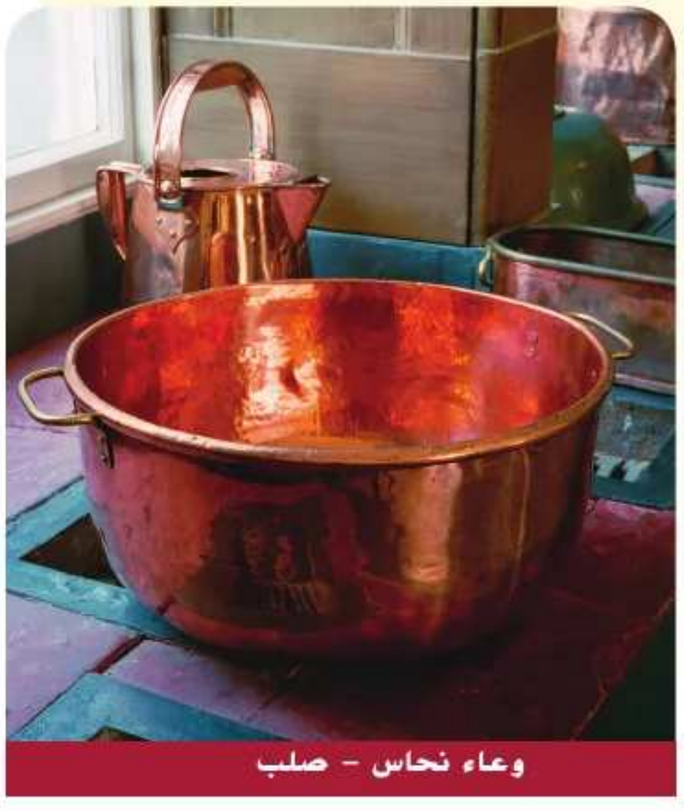
وكل عنصر لديه اسمه ورمزه الكيميائي الفريد. يتألف الرمز الكيميائي من حرف أو اثنين أو ثلاثة حروف. يُكتب الحرف الأول دائمًا في اللغة الإنجليزية بحرف كبير، وتبقى البقية بأحرف صغيرة. وقد اتفق العلماء على مستوى العالم على أسماء العناصر ورموزها، وذلك من أجل تيسير توصيل المعلومات الكيميائية.

لا تتوفر العناصر الموجودة طبيعيًا بالتساوي. فعلى سبيل المثال، يُكوِّن الهيدروجين ما يقدر بـ 75% من إجمالي كتلة الكون. فيما يشكل الأكسجين والسيليكون معًا نسبة 75% تقريبًا من كتلة قشرة الأرض، في حين يشكل الأكسجين والكربون والهيدروجين أكثر من 90% من جسم الإنسان. من ناحية أخرى، يعتبر الفرانسيوم أقل العناصر الموجودة في الطبيعة وفرة. فهناك على الأرجح ما يقل عن 20 g من الفرانسيوم مفرقة على سطح القشرة الأرضية. توجد العناصر في حالات فيزيائية مختلفة في الظروف الطبيعية، كما هو موضح في **الشكل** 15.

■ **الشكل** 15 تُوجد العناصر في الظروف الطبيعية بحالات مختلفة.

بالون هيليوم – غاز

مفتاح الزئبق – سائل


وعاء نحاس – صلب

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

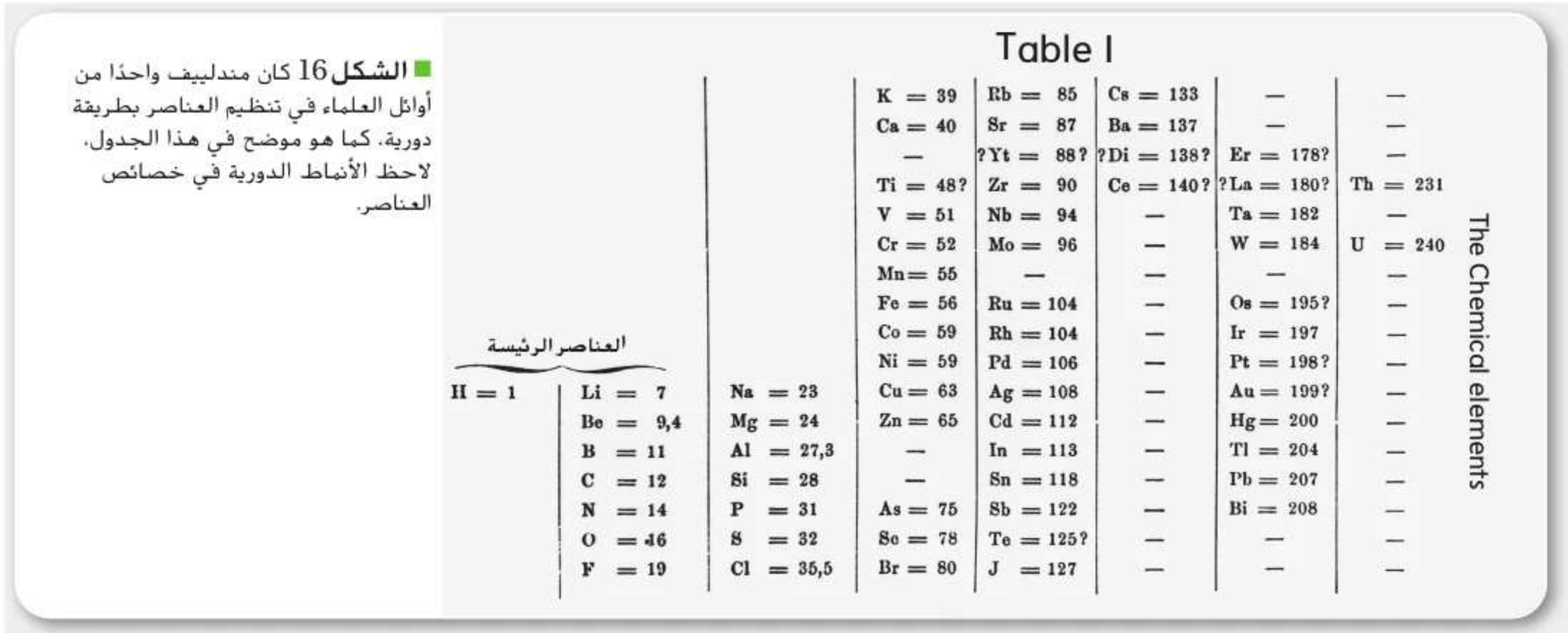


Table I

The Chemical elements

العناصر الرئيسة								
H = 1	Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—	
	Be = 9,4	Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—	
	B = 11	Al = 27,3	—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—	
	C = 12	Si = 28	Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Th = 231	
	N = 14	P = 31	V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—	
	O = 16	S = 32	Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240	
	F = 19	Cl = 35,5	Mn = 55	—	—	—	—	
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—	
			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—	
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—	
			Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199?	—	
			Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—	
			—	In = 113	—	Tl = 204	—	
			—	Sn = 118	—	Pb = 207	—	
			As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—	
			Se = 78	Te = 125?	—	—	—	
			Br = 80	J = 127	—	—	—	

■ **الشكل 16** كان مندلييف واحدًا من أوائل العلماء في تنظيم العناصر بطريقة دورية، كما هو موضح في هذا الجدول. لاحظ الأنماط الدورية في خصائص العناصر.

نظرة أولى على الجدول الدوري عندما تم اكتشاف الكثير من العناصر في أوائل القرن التاسع عشر، بدأ الكيميائيون ملاحظة ودراسة أنماط التشابه في الخواص الكيميائية والفيزيائية لمجموعات معينة من العناصر. في عام 1869 ابتكر الكيميائي الروسي ديميتري مندلييف (1834–1907) جدولًا، كما هو مبين في **الشكل 16** نظَّم فيه جميع العناصر المعروفة في ذلك الزمن. معتمدًا في تصنيفه على تشابه العناصر وكتلتها. وقد كان جدول مندلييف النسخة الأولى لما تطور كثيرًا بعد ذلك إلى الجدول الدوري للعناصر. ينظم **الجدول الدوري** **العناصر** في شبكة من الصفوف الأفقية التي تدعى "دورات" والأعمدة الرأسية التي تسمى "مجموعات" حيث تضم المجموعة الواحدة العناصر التي تتشابه في خواصها الكيميائية. وقد سُمي الجدول بالدوري نظرًا لتكرار نمط الخواص المتشابهة من دورة لأخرى.

المفردات

المفردات العلمية

العنصر

مادة نقية لا يمكن فصلها إلى مواد أبسط بالوسائل الكيميائية الاعتيادية

الرصاص واحد من أثقل العناصر.

المُركبات

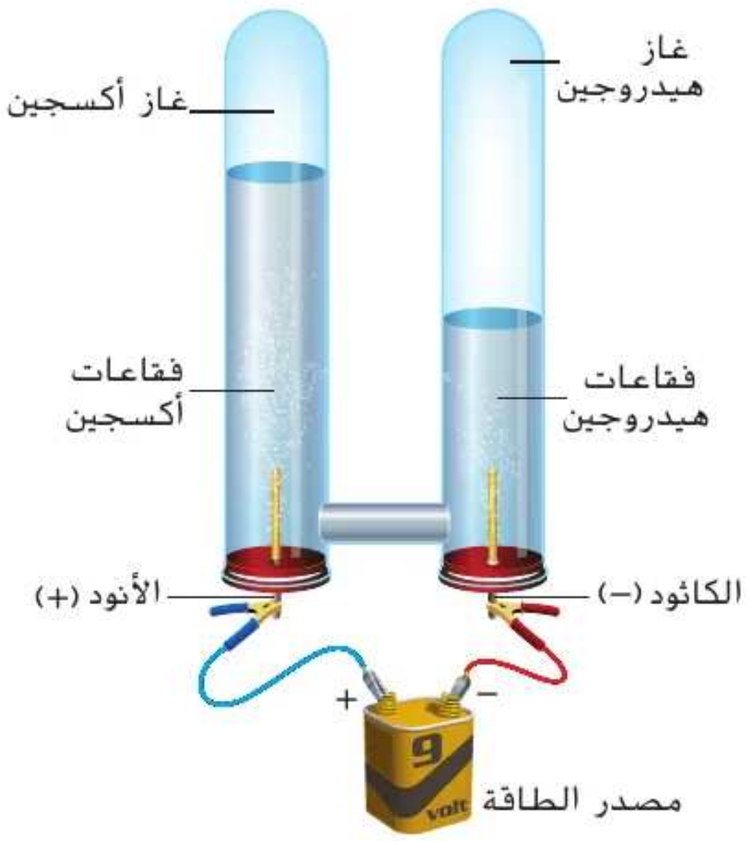
يمكن تصنيف العديد من المواد النقية كمركبات. **المركب** يتكون من عنصرين مختلفين أو أكثر متحدين كيميائيًا. وتوجد معظم المواد في الكون في شكل مركبات.

واليوم، هناك أكثر من 50 مليون مركب معروف، كما يواصل العلماء دومًا تطوير مركبات جديدة واكتشافها، في معدل يصل إلى 100,000 كل سنة. مما يظهر أنه ليس هناك حدٌ لأعداد المركبات التي يمكن تكوينها أو اكتشافها. ومع اعتبار هذه الاحتمالات التي تكاد تكون غير محدودة، فقد أخذت العديد من المنظمات على عاتقها جمع البيانات وفهرسة المركبات الكيميائية المعروفة. مخزنةً المعلومات في قواعد بياناتٍ.

التأكد من فهم النص **عرِّف** العنصر والمركب.

تُسهِّل الرموز الكيميائية في الجدول الدوري كتابة صيغ المركبات الكيميائية. فعلى سبيل المثال، يتكون ملح الطعام، والذي يُطلق عليه كلوريد الصوديوم، من ذرة واحدة من الصوديوم (Na) وذرة واحدة من الكلور (Cl)، وصيغته الكيميائية NaCl. ويتكون الماء من ذرتين هيدروجين (H) وذرة أكسجين (O)، وصيغته الكيميائية H_2O ويُشير الرمز السفلي 2 إلى ذرتي الهيدروجين المتحدة مع ذرة أكسجين لتشكيل الماء.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



التحليل الكهربائي للماء

■ **الشكل** 17 يحلل التيار الكهربائي الماء ويفككه إلى عناصره الأكسجين والهيدروجين.

حدِّد النسبة بين كمية الهيدروجين وكمية الأكسجين المتحررة خلال التحليل الكهربائي

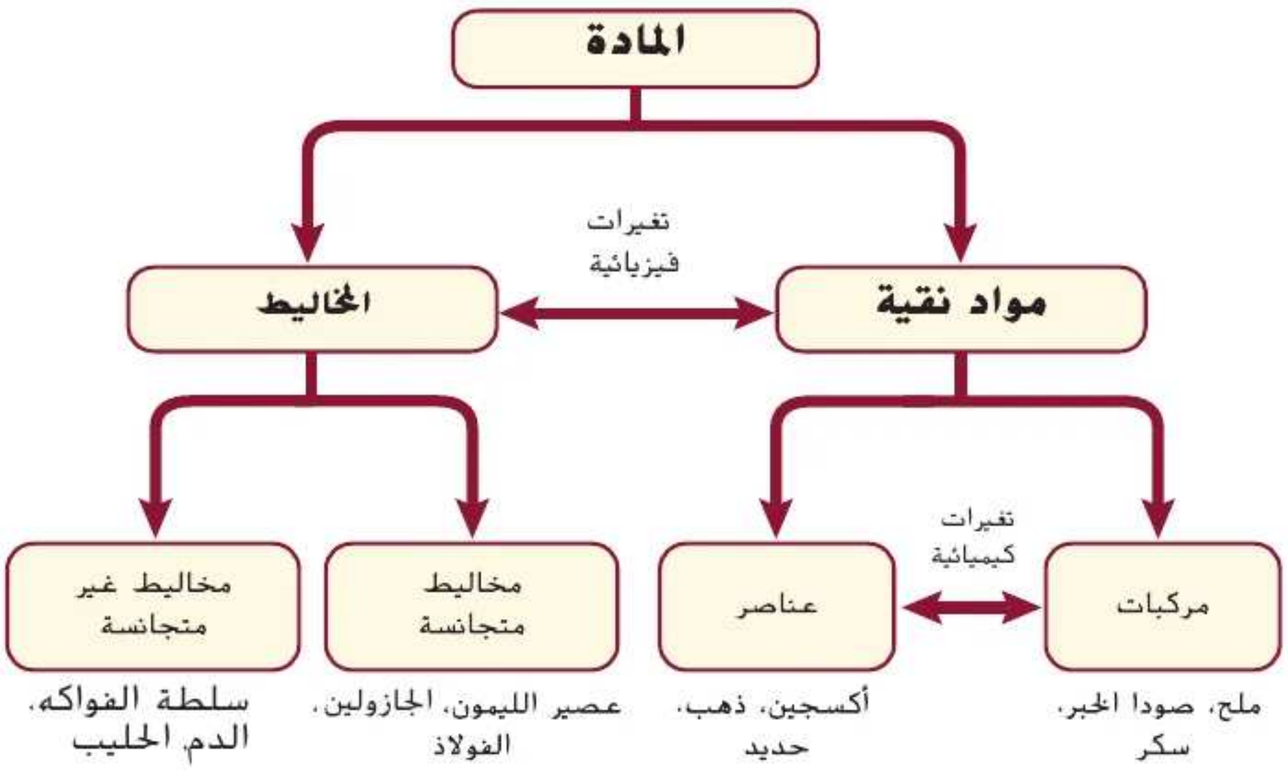
فصل المركبات إلى مكوناتها كما قرأت سابقًا في هذا القسم، لا يمكن فصل العناصر إلى مواد أبسط. ومع ذلك، يمكن تجزئة المركبات وتقسيمها إلى مواد أبسط بوسائل كيميائية. وعمومًا، فإن المركبات الموجودة في الطبيعة تكون أكثر استقرارًا من العناصر المكونة لها. ويتطلب فصل المركب لعناصره طاقة خارجية مثل الحرارة أو الكهرباء. يظهر **الشكل** 17 جهاز يستخدم لإحداث تغير كيميائي في الماء فيتفكك إلى عناصره المكونة له – الهيدروجين والأكسجين — بطريقة تدعى التحليل الكهربائي. خلال التحليل الكهربائي، يوضع أحد الأطراف لقطب بلاتين طويل في الماء الموضوع في أنبوب والطرف الآخر متصل بمصدر الطاقة. يقوم التيار الكهربائي بفصل الماء إلى غاز هيدروجين في الأنبوب الأيمن وغاز أكسجين في الأنبوب الأيسر. ولإن الماء مركب من ذرتين هيدروجين وذرة أكسجين، فإن حجم غاز الهيدروجين يكون ضِعف حجم غاز الأكسجين.

☑ **التأكد من فهم النص** **اشرح** عملية التحليل الكهربائي.

خصائص المركبات تختلف خصائص المركب عن خصائص العناصر المكونة له. يوضح مثال الماء في **الشكل** 17 هذه الحقيقة. الماء مركب مستقر في حالة سائلة في درجة حرارة الغرفة. وعند تفكيك الماء إلى مكوناته، نجد أن الهيدروجين والأكسجين مختلفان بنحو لافت عن السائل الذي كانا يشكلانه عند الاتحاد. فهما غازان عديما اللون والرائحة يخضعان لتفاعلات كيميائية هائلة مع العديد من العناصر. هذا الفرق في الخصائص نتيجة للتفاعل الكيميائي بين العناصر. ويظهر الشكل 18 العناصر المكونة للمركب يوديد البوتاسيوم الذي يتكون من البوتاسيوم واليود. لاحظ مدى اختلاف خصائص يوديد البوتاسيوم عن عناصره المكونة. فالبوتاسيوم فلز فضي خفيف يتفاعل مع الماء. واليود مادة صلبة سوداء تتحول إلى غاز أرجواني في درجة حرارة الغرفة. في حين أن يوديد البوتاسيوم عبارة عن ملح أبيض.

■ **الشكل** 18 عندما يتفاعل البوتاسيوم مع اليود، فإنهما يشكلان يوديد البوتاسيوم، مركب بخصائص مختلفة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 19 يُمكن تصنيف المادة إلى صنفين مختلفين لدى كل منهما خصائصه المحددة.

وضح ما العلاقة بين المخاليط والمواد النقي؟ العناصر والمركبات؟

تذكر ما قرأته من قبل بخصوص تنظيم المادة. تعلم أن المادة تصنف كمواد نقية ومخاليط. كما تعلمت في القسم السابق، أنه يمكن للخليط أن يكون متجانسًا أو غير متجانس. أيضًا، فأنت تعرف أن العنصر مادة نقية لا يمكن فصلها لمواد أبسط. في حين أن المركب يتكون من اتحاد عنصرين أو أكثر يمكن فصله إلى مكوناته الأصلية بطرق كيميائية. استخدم **الشكل** 19 لمراجعة تصنيف المادة وكيفية ارتباط مكوناتها مع بعضها البعض.

التأكد من فهم النص **لخص** الأنواع المختلفة من المادة وكيفية ارتباطها مع بعضها البعض.

قانون النسب الثابتة

من أحد السمات المهمة للمركبات هي أن العناصر التي تضمها دومًا ما تكون متحدة بنسب مئوية كتلية ثابتة. هذه الملاحظة جوهرية للغاية ومهمة، حيث أنها لُخصَت في قانون النسب الثابتة. وينص **قانون النسب الثابتة** على أن المركب يتكون دائمًا من نفس العناصر بنفس النسبة الكتلية، بغض النظر عن مدى كبر العينة أو صغرها. فكتلة المركب تساوي مجموع كتل العناصر المكونة له.

ويمكن التعبير عن الكميات النسبية للعناصر في المركب **بالنسبة المئوية الكتلية**. والتي تعرف على أنها نسبة كتلة كل عنصر في المركب إلى كتلة المركب معبر عنها بالنسبة المئوية.

النسبة المئوية الكتلية

$$\text{النسبة المئوية الكتلية (\%)} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100$$

نحصل على النسبة المئوية الكتلية بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب ثم ضرب هذه النسبة في 100 للتعبير عنها بالنسبة المئوية.

التأكد من فهم النص **اذكر** نص قانون النسب الثابتة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول 4 تحليل السكروز

	20.00 g سكر مائدة		500.0 g من قصب السكر	
العنصر	تحليل كتلي (g)	نسبة مئوية كتلية %	تحليل كتلي (g)	نسبة مئوية كتلية %
كربون	8.44	$\frac{8.44\ g\ C}{20.00\ g\ \text{سكروز}} \times 100 = 42.20\%$	211.0	$\frac{211.0\ g\ C}{500.0\ g\ \text{سكروز}} \times 100 = 42.20\%$
هيدروجين	1.30	$\frac{1.30\ g\ H}{20.00\ g\ \text{سكروز}} \times 100 = 6.50\%$	32.5	$\frac{32.50\ g\ H}{500.0\ g\ \text{سكروز}} \times 100 = 6.500\%$
أكسجين	10.26	$\frac{10.26\ g\ O}{20.00\ g\ \text{سكروز}} \times 100 = 51.30\%$	256.5	$\frac{256.5\ g\ O}{500.0\ g\ \text{سكروز}} \times 100 = 51.30\%$
المجموع	20.00	100%	500.0	100%

فعلى سبيل المثال، فكِّر في مركب سكر المائدة (السكروز). هذا المركب مكون من ثلاثة عناصر هي كربون وهيدروجين وأكسجين. يوضح الجدول4 تحليل 20.00 g من سكر المائدة. لاحظ أن مجموع الكتل المنفردة للعناصر الموجودة في السكر تعادل 20.00 g وهي كمية السكر نفسها التي خضعت للتحليل. هذا يبين بوضوح قانون حفظ الكتلة كما هو مطبق في المركبات: كتلة المركب تعادل مجموع كتل العناصر التي يتألف منها المركب.

افترض أنك حللت 500.0 g من السكروز من عينة قصب سكر. التحليل كما هو موضح في **الجدول** 4. ستكون قيم النسبة المئوية الكتلية لقصب السكر معادلة للقيم المتحصل عليها من سكر المائدة. فوفقًا لقانون النسب الثابتة، يجب أن يكون لعينات المركب من أي مصدر نفس النسب الثابتة. والعكس بالنسبة للمركبات ذات النسب الكتلية المختلفة، إذ يجب أن تكون مركبات مختلفة. وبالتالي، نستطيع استنتاج أن عينات السكروز ستكون دومًا مكونة من 42.20% كربون و 6.50% هيدروجين و 51.30% أكسجين، مهما كانت مصادرها.

تطبيقات

19. عينة من مركب مجهول كتلتها 78.0 g تحتوي على 12.4 g من الهيدروجين. ما النسبة المئوية الكتلية للهيدروجين في المركب؟
20. يتفاعل 1.0 g من الهيدروجين تمامًا مع 19.0 g من الفلور. ما النسبة المئوية الكتلية للهيدروجين في المركب المشكل؟
21. إذا كان 3.5 g من عنصر X يتفاعل مع 10.5 g من عنصر Y لتكوين المركب XY. فما النسبة المئوية الكتلية للعنصر X في المركب؟ والنسبة المئوية الكتلية للعنصر Y؟
22. خضع مركبان غير معروفان للاختبار. مركب 1 يحتوي على 15.0 g من الهيدروجين و 120 g من الأكسجين. والمركب 2 يحتوي على 2.0 g من الهيدروجين و 32.0 g من الأكسجين. فهل المركبان متشابهان؟ فسر إجابتك.
23. **تحدي** مركبان غير معروفان لا تعلم عنهما إلا أن لديهما نفس النسبة المئوية الكتلية للكربون. هل يمكنك التأكد من تشابه المركبين فقط من خلال هذه المعلومة؟ فسر إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قانون النسب المتضاعفة

المركبات التي تتألف من عناصر مختلفة مركبات مختلفة بشكل ملحوظ. ومع ذلك، يمكن للمركبات المختلفة أيضًا أن تتألف من نفس العناصر. وهذا يحدث عندما يكون لتلك المركبات المختلفة تركيبات كتلية متباينة. وينص **قانون النسب المتضاعفة** أنه عندما تتشكل المركبات المختلفة من نفس العناصر، فإن النسبة بين كتل أحد العناصر والتي تتحدد مع كتلة ثابتة من العنصر الآخر هي نسبة عددية بسيطة وصحيحة. يمكن التعبير عن النسب باستخدام أعداد منفصلة بعلامة ترقيم أو ككسور. واعتمادًا على قانون النسب المتضاعفة، فإن النسب تعبّر عن العلاقة بين العناصر في المركب.

التأكد من فهم النص **اذكر** قانون النسب المتضاعفة بأسلوبك.

الماء وبيروكسيد الهيدروجين يبيّن المركبان الماء (H_2O) وبيروكسيد الهيدروجين (فوق أكسيد الهيدروجين) (H_2O_2) بوضوح قانون النسب المتضاعفة. فكل مركب يحتوي على نفس العناصر (الهيدروجين والأكسجين). الماء يتكون من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين. في حين يتكون بيروكسيد الهيدروجين من ذرتي هيدروجين وذرتي أكسجين. ولا يختلف بيروكسيد الهيدروجين عن الماء إلا في أنه يحتوي على ضعف كمية الأكسجين. فعند مقارنة كتلة الأكسجين في بيروكسيد الهيدروجين بكتلة الأكسجين في الماء، ستحصل على نسبة 2:1.

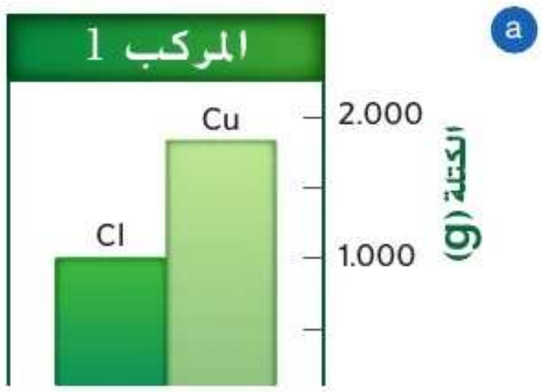
المركبات المكونة من النحاس والكلور في مثال آخر، يتفاعل النحاس (Cu) مع الكلور (Cl) تحت مجموعة مختلفة من الظروف لتشكيل مركبين مختلفين. يبين **الجدول** 5 تحليلًا عن تركيباتهما. يجب أن يختلف مركبا النحاس؛ إذ إن كل واحد منهما لديه نسب مئوية كتلية مختلفة عن الآخر. المركب 1 يحتوي على 64.20% نحاس؛ المركب 2 يحتوي على 47.27% نحاس. المركب 1 يحتوي على 35.80% كلور؛ المركب 2 يحتوي على 52.73% كلور.

باستخدام **الشكل** 20 و **والجدول** 5 قارن نسبة كتلة النحاس بكتلة كلور لكل مركب. لاحظ أن نسبة كتلة النحاس إلى الكلور في المركب (1.793) هي بالضبط ضعف نسبة كتلة النحاس للكلور في المركب 2 (0.8964).

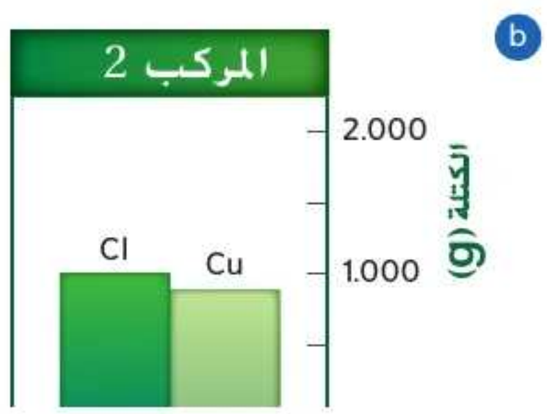
$$\frac{\text{نسبة كتلة المركب 1}}{\text{نسبة كتلة المركب 2}} = \frac{1.793\ \text{g Cu/g Cl}}{0.8964\ \text{g Cu/g Cl}} = 2.000$$

التأكد من فهم التمثيل البياني **فسر** سبب كون النسبة بين كتلتي النحاس في المركبين 2:1

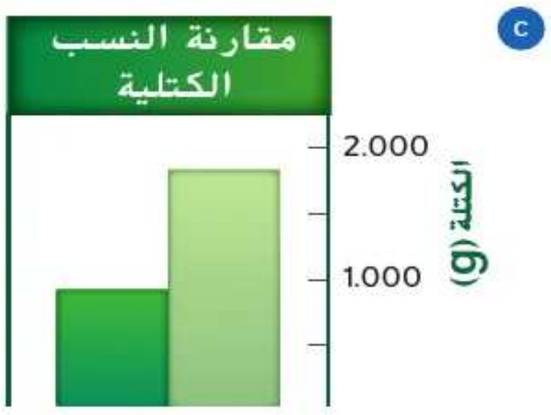
الشكل 20 يمكن للنحاس والكلور تشكيل مركبات مختلفة.



يقارن الرسم البياني بالأعمدة الكتلتين النسبيتين للنحاس والكلور في المركب 1.



يقارن الرسم البياني بالأعمدة الكتل النسبية للنحاس والكلور في المركب 2.



يظهر الرسم البياني بالأعمدة المقارنة بين الكتل النسبية للنحاس في كلا المركبين. النسبة هي 2:1

الجدول 5 تحليل بيانات مركبي النحاس

مركب	% Cu	%Cl	(g) كتلة Cu في 100.0 g من المركب	(g) كتلة Cl في 100.0 g من المركب	النسبة الكتلية $\left(\frac{\text{كتلة النحاس Cu}}{\text{كتلة الكلور Cl}}\right)$
1	64.20	35.80	64.20	35.80	$\frac{1.793\ \text{g Cu}}{1\ \text{g Cl}}$
2	47.27	52.73	47.27	52.73	$\frac{0.8964\ \text{g Cu}}{1\ \text{g Cl}}$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مركب 1 كلوريد النحاس (I)

مركب 2 كلوريد النحاس (II)

■ **الشكل** 21 يتكون مركبين مختلفين عندما تتحد كتل نسبية مختلفة لكل عنصر. مع أن كلاهما يتكون من النحاس والكلور، إلَّا أن المركب 1 لديه لون مخضر، في حين أن المركب 2 لديه لون مزرق.

يُظهر **الشكل** 21 المركبان الناتجان من اتحاد النحاس والكلور والموضحة في **الجدول** 5 و **الشكل** 20. يُسمى هذان المركبان كلوريد النحاس (I) وكلوريد النحاس (II). كما ينص قانون النسب المتضاعفة، يمكن التعبير عن الكتل المختلفة للنحاس التي تتحد مع كتلة ثابتة من الكلور في مركبي نحاس مختلفين بنسبة عددية بسيطة وصحيحة. في هذه الحال، تكون النسبة 2:1.

يتضح مدى أهمية قانون النسب المتضاعفة في الكيمياء عند التفكير في أن هناك عددًا محدودًا من العناصر موجود وعدد أكبر بكثير من المركبات التي تتكون من هذه العناصر تحت ظروف مختلفة.

القسم 4 مراجعة

ملخص القسم

- لا يمكن تجزئة العناصر إلى مواد أبسط
- تترتب العناصر في الجدول الدوري للعناصر في مجموعات ودورات.
- المركبات تتكون من عنصرين أو أكثر متحدة مع بعضها كيميائيًا، تختلف خصائص المركبات عن خصائص عناصرها المكونة.
- ينص قانون النسب الثابتة على أن المركب دائمًا يتكون من نفس العناصر بنفس النسب.
- ينص قانون النسب المتضاعفة على أنه إذا كونت عناصر أكثر من مركب، فستكون النسبة بين كتل أحد العناصر والتي تتحدد مع كتلة ثابتة من العنصر الآخر هي نسبة عددية بسيطة وصحيحة.

24. **الفكرة الرئيسة قارن** بين العناصر والمركبات
25. **صف** السمة التنظيمية الأساسية للجدول الدوري للعناصر.
26. **فسر** كيفية تطبيق قانون النسب الثابتة على المركبات.
27. **اذكر** نوع المركبات التي يجرى المقارنة عليها في قانون النسب المتضاعفة.
28. **أكمل** الجدول، ثم حلِّل البيانات لتحديد ما إذا كان المركب 1 والمركب 2 هما نفس المركب أم لا. إذا كانا المركبان مختلفين، فاستخدم قانون النسب المتضاعفة لإظهار العلاقة بينهما.

تحليل بيانات مركبي حديد

مركب	الكتلة الإجمالية (g)	كتلة الحديد (Fe) (g)	كتلة الأكسجين (O) (g)	النسبة المئوية الكتلية للحديد (Fe)	النسبة المئوية الكتلية للأكسجين (O)
1	75.00	52.46	22.54		
2	56.00	43.53	12.47		

29. **احسب** النسبة المئوية الكتلية للهيدروجين في الماء والنسبة المئوية الكتلية للأكسجين في الماء.
30. **رسم بياني** أنشئ رسمًا بيانيًا يوضح قانون النسب المتضاعفة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكيمياء والمهن

المهن: محقق الحرائق المتعمدة

التحري الجنائي وكشف الطب الشرعي عن السوائل القابلة للاشتعال

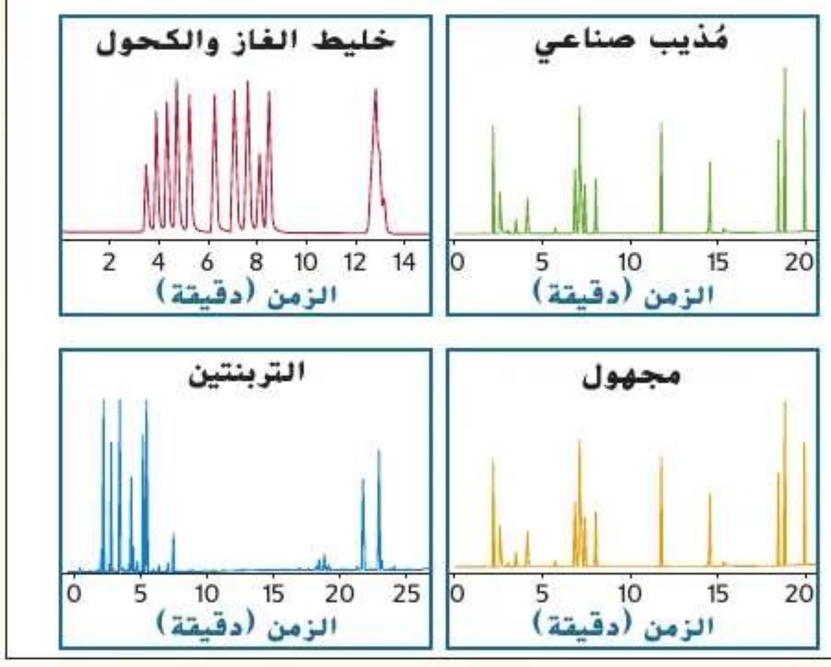
داخل مستودع محترق، سيطر الخراب والدمار. وامتلأت الأماكن المغلقة حرارة شديدة ودخان. فيما تنتشر النيران المندلعة؛ وتنهار الجدران والأسقف. هل كان الحريق حادث عرضي أم بفعل فاعل؟

سوائل قابلة للاشتعال يُحلل محققو النيران الأدلة لتحديد كيفية اندلاع الحريق وانتشاره. فإن اشتبه في كونه حريقًا متعمدًا، فمن المرجح أنه استخدمت سوائل قابلة للاشتعال–مواد كيميائية تسرع انتشار النيران.

خصائص السائل القابل للاشتعال تعد الخصائص التي تجعل السوائل القابلة للاشتعال مفيدة كوقود هي نفسها التي تجعل منها خطيرة في حالات الحريق. فالسوائل القابلة للاشتعال مذيبات قوية سهلة الامتصاص. وهي لا تختلط جيدًا مع الماء، وغالبًا ما تطفوا أعلاه وفي درجة حرارة الغرفة. كما أنها تبعث أبخرة قابلة للاشتعال والاحتراق.

دليل وجود سائل قابل للاشتعال ما الأدلة التي تشير إلي وجود سائل قابل للاشتعال؟ يعد نمط الحريق أحد المؤشرات غير الاعتيادية، مثل ظهور عارضة الأرض كما في**الشكل 1** في هذه الحال، التي يطلق عليها نمط حريق "متهدم"، من المرجح أنه تم سكب سائل قابل للاشتعال في هذه المنطقة، والذي تخلل بين ألواح الأرضيات إلى العارضات بالأسفل.

الشكل **1** يمكن للسوائل القابلة للاشتعال التسبب في نمط حريق "متهدم".



الشكل **2** تعرض المخططات الاستشرابية المكونات المميزة للمخاليط.

ومن المؤشرات الأخرى وجود بقعة صغيرة أعلى أي مادة رطبة، على غرار بقع زيت السيارات الذي يطفو على البرك في الشوارع المبلّلة. فإذا لاحظ المحققون أي قرائن كتلك، فإنهم يأخذون عينات من المواد المصابة من أجل الفحص والاختبار.

التحليل الكيميائي يأخذ المحققون أي عينات يجمعونها للمختبر من أجل التحليل الكيميائي. وفي المختبر، تستخرج المواد الطيَّارة من العينة. ثم يفصلوا المستخرج ويحللوه عن طريق إجراء يُدعى كروماتوجرافيا الغاز أو المقياس الطيفي الكتلي. توزع مكونات المخلوط في مخطط استشرابي، مثل الموضح في **الشكل2** وبمقارنة المخطط الاستشرابي للمركبات غير المعروفة مع المركبات المعروفة، تتضح هوية السائل القابل للاشتعال. كما يمكن الحصول على المقياس الطيفي لكل مكون من أجل التأكد.

الكتابة في ◀الكيمياء

التفكير الناقد انظر إلى المخطط الاستشرابي للعينة المجهولة وقارنها بالعينات المتعارف عليها. هل يمكنك تحديد أي مادة مسرعة مستخدمة؟ هل تعطيك هذه المعلومة أي إشارة لمن قد ارتكب الجريمة؟ فسر إجابتك

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر الكيمياء

حدِّد نواتج تفاعل كيميائي

المعلومات الأساسية: يمكن دراسة التغيرات الكيميائية بملاحظة التفاعلات الكيميائية. ويمكن التعرف على نواتج التفاعل باستخدام اختبار اللهب.

سؤال: هل هناك تفاعل كيميائي بين النحاس ومحلول نيترات الفضة؟ أي من العناصر يتفاعل؟ وما هو المركب الذي يشكلانه؟

المواد

محلول $AgNO_3$	حلقة حديد صغيرة
ورق صنفرة	حامل حلقي
ساق تحريك	طبق بتري البلاستيكي
قمع	موقد بنزن
ورقة ترشيح	ماسك
كأس 50mL	مشبك ورق
مخبار مدرج 50mL	سلك نحاسي
دورق مخروطي 250mL	

احتياطات السلامة

تحذير: نيترات الفضة عالية السمية تجنب ملامستها للعينين والجلد.

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بالتجربة قبل بدء العمل.
2. ادلك 8cm من سلك النحاس بورق الصنفرة حتى يلمع. لاحظ وسجِّل الخصائص الفيزيائية.
3. قس 25mL من محلول $AgNO_3$ (نيترات الفضة) في كأس سعة 50mL. سجِّل خصائصه الفيزيائية.
4. لف سلك النحاس حتى يتناسب مع إدخاله في الكأس. اصنع كلابًا وعلقه في ساق التحريك.
5. ضع ساق التحريك أعلى الكأس. مغمرًا جزء من السلك الملفوف في محلول $AgNO_3$.
6. راقب وسجِّل ملاحظات عن السلك والمحلول كل 5 دقائق لمدة 20 دقيقة.
7. ركِّب جهاز الترشيح: وصِّل الحلقة الحديد بالحامل الحلقي، ثم عدل ارتفاعه بحيث تكون نهاية القمع داخل عنق الدورق المخروطي.
8. اطوِ ورقة الترشيح المستديرة للنصف مرتين لتشكيل ربع دائرة. قص الزاوية السفلية اليمنى للورقة المواجهة لك. افتح الورقة المطوية على شكل مخروط، وضعها في القمع.
9. أزل السلك الملفوف من الكأس، وتخلص منه بناءً على توجيهات المعلم.

10. صب السائل ببطئ أسفل ساق التحريك في القمع لالتقاط النواتج الصلبة في ورقة الترشيح.
11. اجمع المادة المرشحة في الدورق المخروطي، ثم انقلها إلى طبق بتري.
12. عدل لهب موقد بنزن حتى يتحول إلى اللون الأزرق. ضع مشبك الورق على اللهب بماسك حتى يختفي أي لون إضافي.
13. باستخدام الماسك، غطِّس مشبك الورق الساخن في المادة المرشحة. ثم، ضع مشبك الورق على اللهب. سجِّل اللون الذي تلاحظه. بعد رفع المشبك عن الموقد، دعه يبرد قبل مسكه.
14. التنظيف والتخلص تخلص من المواد بناء على توجيهات المعلم. نظِّف المختبر وأعد جميع المعدات إلى أماكنها.

تحليل واستنتاج

1. **ملاحظة واستنتاج** صف التغيرات التي لاحظتها في الخطوة 6. هل هناك أي دليل على حدوث تغير كيميائي؟ تنبأ ماهية النواتج المتشكلة.
2. **قارن** ابحث في أحد المصادر لتحديد ألوان فلز الفضة ونيترات النحاس في الماء. قارن هذه المعلومات مع ملاحظاتك للتفاعلات والنواتج في الخطوة 6.
3. **حدد** يصدر النحاس ضوءًا أخضر مزرق في اختبارات اللهب. هل أكدت ملاحظاتك على وجود النحاس في المادة المرشحة المجمعة في الخطوة 11؟
4. **صنِّف** أي نوع من المخاليط هو نيترات الفضة في الماء؟ أي نوع من المخاليط يتشكل في الخطوة 6؟ والخطوة 10؟

ملحق استفسارات

قارن ملاحظاتك المسجلة مع تلك الخاصة بفرق المختبر الأخرى. كوّن فرضية لشرح أي فروقات، وقم بأداء تجربة لاختبارها.

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح الطبع والتأليف © محفوظة حقوق

الوحدة 9 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة كل شيء مكون من المادة.

القسم 1 خصائص المادة

الفكرة الرئيسة تتواجد معظم المواد الشائعة في حالة صلبة أو سائلة أو غازية. لكل منها خصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة.

- الحالات الشائعة للمادة ثلاث: الحالة الصلبة والسائلة والغازية.
- يمكن ملاحظة الخصائص الفيزيائية دون تغيير في تركيب المادة.
- تصف الخصائص الكيميائية قدرة المادة على الاتحاد أو التغير إلى مادة أو مواد جديدة.
- يمكن للظروف الخارجية التأثير على الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية.

المفردات
- حالات المادة
- صلبة
- سائلة
- غاز
- بخار
- خاصية فيزيائية
- خاصية توسعية
- خاصية مكثفة
- خاصية كيميائية

القسم 2 التغيرات في المادة

الفكرة الرئيسة يمكن إخضاع المادة للتغيرات الفيزيائية والكيميائية.

- يغير التغير الفيزيائي من الخصائص الفيزيائية للمواد بدون تغيير تركيبتها.
- يؤدي التغير الكيميائي، المعروف أيضا بالتفاعل الكيميائي، إلى تغير في تركيب المادة.
- تشكل المتفاعلات في التفاعل الكيميائي النواتج.
- ينص قانون حفظ الكتلة على أن الكتلة لا تستحدث أو تفنى في أثناء التفاعل الكيميائي، ولكنها تحفظ كما هي.

كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

المفردات
- التغير الفيزيائي
- تغير الحالة
- التغير الكيميائي
- قانون حفظ الكتلة

القسم 3 المخاليط

الفكرة الرئيسة توجد أغلب المواد في الحياة اليومية على هيئة مخاليط- تركيبات من مادتين أو أكثر.

- المخلوط مزيج فيزيائي من مادتين نقيتين أو أكثر في أي نسب.
- المحاليل مخاليط متجانسة.
- يمكن فصل المخاليط بوسائل فيزيائية. تشمل تقنيات الفصل الشائعة الترشيح والتقطير والتبلور والتسامي والاستشراب (الكروماتوجرافيا).

المفردات
- الخليط
- خليط غير متجانس
- خليط متجانس
- محلول
- ترشيح
- تقطير
- التبلور
- التسامي
- استشراب

القسم 4 العناصر والمركبات

الفكرة الرئيسة المركب يتكون من اتحاد عنصرين أو أكثر.

- لا يمكن تجزئة العناصر إلى مواد أبسط.
- تترتب العناصر في الجدول الدوري.
- المركبات تركيبات كيميائية من عنصرين أو أكثر. تختلف خصائصها عن خصائص عناصرها المكونة.
- ينص قانون النسب الثابتة على أن المركب يتألف من نفس العناصر بنفس النسب.

$$\text{النسبة المئوية الكتلية} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100$$

- ينص قانون النسب المتضاعفة على إنه في حال كونت عناصر أكثر من مركب، فستكون النسبة بين كتل أحد العناصر والتي تتحدد مع كتلة ثابتة من العنصر الآخر هي نسبة عددية بسيطة وصحيحة.

المفردات
- عنصر
- الجدول الدوري
- مركب
- قانون النسب الثابتة
- نسبة مئوية كتلية
- قانون النسب المتضاعفة

حقوق الطبع والتأليف © McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة

التقويم

القسم 1

إتقان المفاهيم

31. اذكر ثلاثة أمثلة عن المواد. اشرح سبب كون كل واحدة منهم مادة.

32. هل غاز ثاني أكسيد الكربون مادة نقية؟ فسر إجابتك..

33. اكتب على الأقل ثلاثة خصائص فيزيائية للماء.

34. حدّد ما إذا كانت كل خاصية فيزيائية من التالية توسعية أم مكثفة.

a. درجة الانصهار **c.** الكثافة

b. الكتلة **d.** الطول

35. "لا تتأثر الخصائص بتغيرات درجة الحرارة و الضغط". هل هذه العبارة صحيحة أم غير صحيحة؟ فسر إجابتك.

36. اذكر ثلاثة حالات للمادة واعط مثالاً على كل منها. ميّز بين الغاز والبخار

37. صنّف كل من التالي لصلب أو سائل أو غاز في درجة حرارة الغرفة.

a. حليب **d.** هيليوم

b. هواء **e.** ألماس

c. نحاس **f.** شمعة

38. صنّف التالية إلى خواص فيزيائية أو كيميائية:

a. الألمنيوم لونه فضي.

b. كثافة الذهب $19\ g/\ cm^3$

c. الصوديوم يشتعل عند وضعه في الماء.

d. الماء يغلي عند درجة حرارة **°C** 100.

e. يتكون طبقة سوداء على الفضة.

f. الزئبق في حالة سائلة في درجة حرارة الغرفة.

39. علبة حليب تفرغ في وعاء. صف التغيرات التي تحدث لشكل الحليب وحجمه.

40. درجة غليان الماء ما درجة الحرارة التي يغلي عندها ماء حجمه250 mL؟ وماء حجمه1000mL ؟ هل درجة الغليان خاصية توسعية أم مكثفة؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

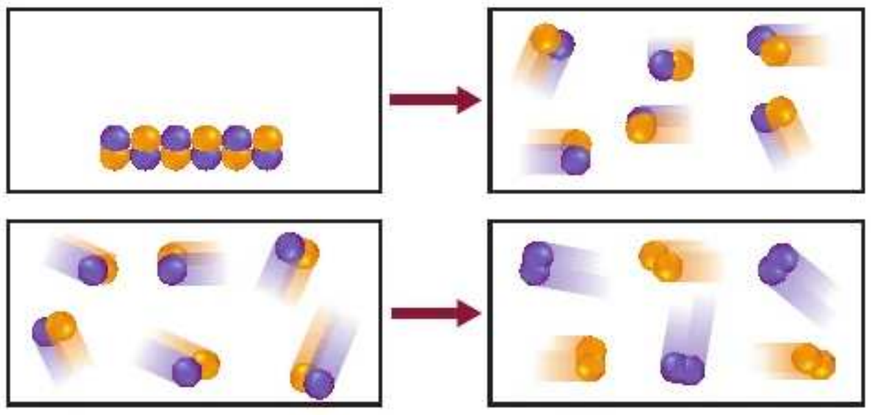
41. تحليل كيميائي يرغب عالم في معرفة مركب مجهول استنادًا إلى خصائصه الفيزيائية. المركب مادة صلبة بيضاء في درجة حرارة الغرفة. لم تنجح محاولات تحديد درجة غليانه. باستخدام **الجدول 6** اذكر اسم المركب المجهول.

الجدول 6 الخصائص الفيزيائية للمواد الشائعة

المادة	اللون	الحالة عند 25°C	درجة الغليان (°C)
أكسجين	عديم اللون	غاز	183-
ماء	عديم اللون	سائل	100
السكروز	أبيض	صلب	يتحلل
كلوريد الصوديوم	أبيض	صلب	1465

القسم 2

إتقان المفاهيم



■ الشكل 22

42. أي الرسوم في **الشكل 22** تغير فيزيائي وأيها تغير كيميائي؟

43. صنّف كل تغير من التالية إلى تغير فيزيائي أو تغير كيميائي

a. كسر القلم إلى نصفين

b. تجمد الماء وتشكل الثلج

c. قلي البيض

d. حرق الخشب

e. تغير ألوان أوراق الشجر في الخريف.

44. النضج هل نضج الموز تغير كيميائي أم فيزيائي؟ فسر إجابتك.

45. هل التغير في الحالة تغير فيزيائي أم كيميائي؟ فسر إجابتك.

46. اذكر أربع مؤشرات تدل على احتمال حدوث تغير كيميائي لها.

47. الملح يتحد الصوديوم مع الكلور لتشكيل كلوريد الصوديوم. أو ملح الطعام. ما المتفاعلات والنواتج في هذا التفاعل.

48. احتراق شمعة فقدت شمعة مشتعلة نصف كتلتها بعد ثلاث ساعات من الاشتعال. فسر سبب عدم مخالفة هذا المثال لقانون حفظ الكتلة.

49. صف الفرق بين التغير الفيزيائي والتغير الكيميائي.

إتقان حل المسائل

50. انتاج الأمونيا تتحد عينة كتلتها28.0 g من غاز النيتروجين تمامًا مع6.0 g من غاز الهيدروجين لتشكل الأمونيا. ما كتلة الأمونيا الناتجة؟

51. عينة كتلتها 13.0 g من X تتحد مع 34.0g من Y لتشكيل المركب XY_2. ما كتلة المتفاعلات؟

52. إذا اتحد45.98 g من الصوديوم مع فائض من غاز الكلور لتشكيل116.89 g من كلوريد الصوديوم. فما كتلة غاز الكلور المستخدمة في التفاعل؟

53. تتفكك المادة إلى عناصرها المكونة عند تسخينها. فإذا كان هناك68.0 g من مادة قبل تسخينها. فما كتلة عناصرها بعد تسخينها؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

54. يتكون كبريتيد النحاس (I) عند تسخين النحاس والكبريت معًا. في هذا التفاعل، يتفاعل 127 g من النحاس مع 41 g من الكبريت. بعد اكتمال التفاعل، يبقى 9 g من الكبريت غير متفاعل. ما كتلة كبريتيدالنحاس (I) المتكون؟

55. عند حرق 180 g من الجلوكوز مع 192 g من الأكسجين، ينتج ماء وثاني أكسيد الكربون. فإذا كانت كتلة الماء الناتج 108 g فما عدد الجرامات الناتجة من ثاني أكسيد الكربون؟

القسم 3

إتقان المفاهيم

56. صف خواص الخليط.

■ الشكل 23

57. اذكر اسم أسلوب الفصل الموضح في **الشكل 23**

58. ما الطريقة التي يمكن استخدامها لفصل المخاليط التالية:
   - **a.** برادة حديد ورمل
   - **b.** رمل وملح
   - **c.** مكونات حبر
   - **d.** غازي الهيليوم والأكسجين

59. "الخليط اتحاد كيميائي بين مادتين أو أكثر في أي نسبة". هل هذه العبارة صحيحة أم غير صحيحة؟ فسر إجابتك.

60. أي من أزواج المفردات التالية متشابة وأي منها مختلف؟
   - **a.** مادة ومادة نقية
   - **b.** خليط غير متجانس ومحلول
   - **c.** مادة ومحلول
   - **d.** خليط متجانس ومحلول

61. ما الاختلاف بين الخليط المتجانس والخليط غير المتجانس؟

62. **ماء البحر** يتكون ماء البحر من الملح والرمل والماء. هل ماء البحر خليط غير متجانس أم خليط متجانس. فسر إجابتك.

63. **الشاي المثلج** عند إضافة مكعبات من الثلج إلى كوب من الشاي . وبعد انصهار الثلج. ما نوع الخليط الناتج؟

64. **الاستشراب** ما هو الاستشراب؟ وكيف يعمل؟

القسم 4

إتقان المفاهيم

65. ما تعريف العنصر؟

66. صحح العبارات التالية:
   - **a.** العنصر خليط من مركبين أو أكثر.
   - **b.** عند ذوبان كمية صغيرة من السكر في الماء تمامًا، يتشكل محلول غير متجانس.

67. اذكر اسم العناصر التي تتألف منها المركبات التالية:
   - **a.** كلوريد الصوديوم ($NaCl$)
   - **b.** الأمونيا (NH_3)
   - **ج.** الإيثانول (C_2H_6O)
   - **د.** البروم (Br_2)

68. ما مساهمة ديميتري مندلييف الكبيرة في مجال الكيمياء؟

69. هل من الممكن التمييز بين العنصر والمركب؟ فسر إجابتك.

70. ما مدى ارتباط خصائص المركب بتلك العناصر المكونة له؟

71. ما القانون الذي ينص على أن المركب يتألف دائمًا من نفس العناصر بنفس النسبة المئوية الكتلية؟

72. **a.** ما النسبة المئوية الكتلية للكربون في 44 g من ثاني أكسيد الكربون (CO_2)؟
   - **b.** ما النسبة المئوية الكتلية للأكسجين في 44 g من ثاني أكسيد الكربون (CO_2)؟

73. أكمل **الجدول 22** بتصنيف المركبات كـ 1:1 ، 2:2، 1:2 ، 2:1 .

الجدول 7 نسب العناصر في المركبات

مركب	نسب عددية بسيطة للعناصر
NaCl	
CuO	
H_2O	
H_2O_2	

إتقان حل المسائل

74. عينة كتلتها 25.3 من مركب مجهول يحتوي على 0.8 من أكسجين. ما النسبة المئوية الكتلية للأكسجين في المركب؟

75. يتحد المغنيسيوم مع الأكسجين لتشكيل أكسيد المغنيسيوم إذا تفاعل 110.57 g من المغنيسيوم تمامًا مع 6.68 g من الأكسجين. فما النسبة المئوية الكتلية للأكسجين في أكسيد المغنيسيوم؟

76. عندما يُسخن أكسيد الزئبق، فإنه يتفكك إلى زئبق وأكسجين. فإذا تفكك 28.4 g من أكسيد الزئبق، منتجة 2.0 g من الأكسجين، فما النسبة المئوية الكتلية للزئبق في أكسيد الزئبق؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

77. يتفاعل الكربون مع الأكسجين لتشكيل مركبين مختلفين. يتألف المركب 1 من
4.85 g كربون لكل 6.44 g أكسجين. يتألف المركب 2 من 20.13 g كربون لكل 53.7 g أكسجين. ما نسبة الكربون إلى كتلة ثابتة من الأكسجين في المركبين؟

78. عينة كتلتها 100 g من ملح غير معلوم يحتوي على 64 g كلور. ما النسبة المئوية الكتلية للكلور في المركب؟

79. ما القانون المستخدم للمقارنة بين أول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون (CO_2)؟ فسر إجابتك . بدون إجراء أي حسابات، حدّد أي من المركبين لديه نسبة مئوية كتلية أعلى من الأكسجين؟

80. أكمل **الجدول** 8.

الجدول 8 العناصر في المركبات

مركب	كتلة المركب (g)	كتلة الأكسجين (g)	النسبة المئوية الكتلية للأكسجين	كتلة العنصر الثاني في المركب (g)
CuO	80.0	16		
H_2O	18.0	16		
H_2O_2	34.0	32		
CO	28.0	16		
CO_2	44.0	32		

مراجعة عامة

81. أي من حالات المادة قابلة للانضغاط؟ أي من حالات المادة ليست قابلة للانضغاط؟ فسر إجابتك..

82. صنّف كل خليط حسب كونه متجانسًا أم غير متجانس.
a. النحاس الأصفر (سبيكة من الخارصين والنحاس)
b. السلطة
c. الدم
d. مسحوق شراب مذاب في الماء

83. يتّحد الفوسفور مع الهيدروجين لتشكيل الفوسفين. في هذا التفاعل، يتحد 108.3 g فوسفور مع كمية وافرة من الهيدروجين لإنتاج 129.9 g من الفوسفين. بعد التفاعل، بقي 11.0 g هيدروجين غير متفاعل. ماذا كانت كتلة الهيدروجين قبل التفاعل؟ ما كتلة الهيدروجين المستخدمة في التفاعل؟

84. إذا كان لديك 100 جزيء من الهيدروجين و100 جزيء من الأكسجين، فما عدد جزيئات الماء التي يمكنك تشكيلها؟ هل سوف تستخدم جميع الجزيئات لكلا العنصرين؟ إذا كان الجواب لا، فما هو المتبقي؟

85. صنّف كل مادة من حيث كونها مادة نقية أم خليط متجانس أم خليط غير متجانس.
a. هواء **ج.** تربة **هـ.** ثاني أكسيد الكربون
b. هباء جوي **د.** ماء **و.** مياه موحلة

86. حدّد كل من الآتي حسب كونه خليطًا متجانس أم خليطًا غير متجانس أم مركبًا أم عنصرًا.
a. ماء شرب نقي **d.** ماء بحر
b. ماء مالح **e.** هواء
c. هيليوم

87. **الطبخ** اذكر الخصائص الفيزيائية للبيض قبل طهوه وبعده. استنادًا إلى ملاحظاتك، هل يحدث تغيرًا فيزيائيًا أو كيميائيًا عند طهو البيض؟ فسر إجابتك.

88. **المثلجات** ربما قد لاحظت أنه عند تناولك للمثلجات في يوم حار، فقد يبدأ بعضها في الانصهار. هل التغير الملاحظ في المثلجات تغيرًا فيزيائيًا أم كيميائيًا؟ فسر إجابتك.

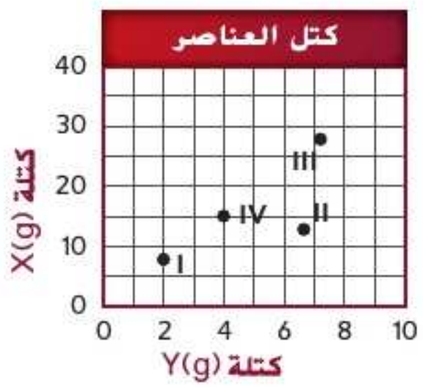
89. **البيتزا** هل البيتزا خليط متجانس أم غير متجانس؟ فسر إجابتك.

90. يتفاعل الصوديوم كيميائيًا مع الكلور لتشكيل كلوريد الصوديوم. هل كلوريد الصوديوم خليط أم مركب؟

91. هل الهواء محلول أم خليط غير متجانس؟ ما التقنية التي يمكن استخدامها لفصل الهواء إلى مكوناته؟

92. حدّد ما إذ كان اتحاد العناصر الآتية ينتج مركبًا أم خليطًا.
b. ماء $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow$
c. هواء $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow$

التفكير الناقد



■ **الشكل 24**

93. **فسّر البيانات** مركب يتألف من العنصرين *X* و *Y*. خضعت أربع عينات بكتل مختلفة للتحليل، ورسمت كتل *X* و *Y* في كل عينة في الرسم البياني الموضح في **الشكل 24**. وضعت على العينات ملصق I وII وIII و IV.
a. أي العينات تمثل نفس المركب؟ كيف تعرف ذلك؟
b. ما النسبة التقريبية لكتلة *X* إلى كتلة *Y* في العينات التي تشكل المركب نفسه؟
c. ما النسبة التقريبية لكتلة *X* إلى كتلة *Y* في العينة/ العينات التي لا تشكل نفس المركب؟

McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © والتأليف الطبع حقوق

94. **تطبيق** الهواء خليط من العديد من الغازات مثل النيتروجين والأكسجين والأرجون. هل يمكن استخدام التقطير لفصل الغازات المكونة للهواء الجوي؟ فسر إجابتك.

95. **تحليل** هل خروج الغاز من المشروب الغازي المفتوح مثال على التغير الفيزيائي أم الكيميائي؟ فسر إجابتك.

96. **تطبيق** اضرب مثالًا عن المخاليط غير المتجانسة للأنظمة المدرجة في **الجدول 9**.

الجدول 9 مخاليط غير متجانسة

نظام	مثال
سائل–سائل	
صلب–سائل	
صلب–صلب	

مسألة تحدي

97. **حدِّد مركبات الرصاص** عينة من مركب رصاص يحتوي 6.46 g من الرصاص لكل جرام من الأكسجين. العينة الثانية كتلتها 68.54 g وتحتوي على 28.76 g من الأكسجين. هل العينتان للمركب نفسه؟ فسر إجابتك.

مراجعة تراكمية

98. ما الكيمياء؟

99. ما الكتلة؟ والوزن؟

100. عبِّر عن الأعداد التالية بالترميز العلمي:

a. 34,500
b. 2665
c. 0.9640
d. 789
e. 75,600
f. 0.002189

101. قم بالعمليات الحسابية التالية:

a. $10^3 \times 10^7$
b. $(1.4 \times 10^{-3}) \times (5.1 \times 10^{-5})$
c. $(2 \times 10^{-3}) \times (4 \times 10^5)$

102. حوّل 65 °C إلى كلفن

103. ارسم رسمًا بيانيًا للبيانات الموجودة في **الجدول 10**.

الجدول 10 الطاقة المنبعثة من الكربون

كتلة (g)	الطاقة المتحررة (kJ)
1.00	33
2.00	66
3.00	99
4.00	132

الكتابة في ◀ الكيمياء

104. **العناصر الاصطناعية** اختر عنصر اصطناعي، وقدّم تقريرًا مكتوبًا قصيرًا عن تطوره. تأكد من مناقشة الاكتشافات الأخيرة، مع ذكر مراكز بحث رئيسة شاركت في هذا النوع من البحث، وصف خصائص العنصر المصطنع.

DBQ أسئلة مبنية على المستندات

الصبغات أدرك العلماء منذ مدة طويلة خصائص العناصر والمركبات، وقد استخدم الفنانون الكيمياء لتكوين صبغات من المواد الطبيعية. **يقدم الجدول 11** بعض الأمثلة عن تلك الصبغات التي استعملت في العصور القديمة.

بيانات مستمدة من: أورنا، ماري فرجينيا 2001. الكيمياء واللون والفن مجلة التربية الكيميائية 78 (10): 1305

الجدول 11 أصباغ الفنانين الشائعة المستخدمة حديثًا.

الاسم الشائع	التركيب الكيميائي	ملاحظات
الفحم	عنصر الكربون (الكربون الأسود)	ينتج بالتقطير الجاف للخشب في وعاء مغلق
الأزرق المصري	سليكات نحاس الكالسيوم، $CaCuSi_4O_{10}$	يحتوي المركب البلوري على بعض شوائب الزجاج
صبغة النيلة	إندبغوتين، $C_{16}H_{10}N_2O_2$	مشتقة من نباتات عدة من جنس النيلة
أكسيد الحديد الأحمر	Fe_2O_3	في استخدام متواصل في جميع المناطق والأزمنة.
الزنجار	أسيتات النحاس ثنائية القاعدة، $Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2Cu(OH)_2$	هناك مركبات نحاس أخرى، تشمل الكربونات، تدعى الزنجار

105. أ. قارن بين النسب المئوية الكتلية للكربون في الفحم وصبغة النيلة والزنجار.

ب. قارن بين النسب المئوية الكتلية للأكسجين في أكسيد الحديد الأحمر وسليكات نحاس الكالسيوم (الأزرق المصري).

106. اذكر أمثلة عن العنصر والمركب من **الجدول 11**.

107. هل يعتبر إنتاج الفحم من التقطير الجاف للخشب تغير كيميائي أم فيزيائي؟ فسر إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري

إختيار من متعدد

استخدم الجدول للإجابة عن الأسئلة 1 و2.

التحليل الكتلي لعينتي كلور - فلور				
العينة	كتلة الكلور (g)	كتلة الفلور (g)	Cl %	F %
1	13.022	6.978	65.11	34.89
2	5.753	9.248	?	?

1. ما قيم Cl % و F % على التوالي، للعينة 2؟

A. 0.6220 و 61.65 **C.** 38.35 و0.6220

B. 61.65 و38.35 **D.** 38.35 و61.65

2. أي عبارة تصف العلاقة بين العينتين بشكل أفضل؟

A. المركب في العينة 1 هو المركب ذاته في العينة 2. بالتالي ستخضع نسبة كتلة Cl إلى كتلة F في كلتا العينتين لقانون النسب الثابتة.

B. المركب في العينة 1 هو ذاته المركب في العينة 2. بالتالي ستخضع نسبة كتلة Cl إلى كتلة F لقانون النسب المتضاعفة.

C. المركب في العينة 1 هو ليس المركب ذاته في العينة 2. بالتالي فإن نسبة كتلة Cl إلى كتلة F في كلتا العينتين ستخضع لقانون النسب الثابتة.

D. المركب في العينة 1 هو ليس المركب ذاته في العينة 2. بالتالي فإن النسبة كتلة Cl إلى كتلة F في كلتا العينتين ستخضع لقانون النسب المتضاعفة.

3. بعد تفاعل عنصرين حتى الاكتمال في حاوية مغلقة، ستكون نسب كتل العنصرين في الحاوية كما كانت قبل التفاعل. أي قانون يصف هذا المبدأ؟

A. قانون النسب الثابتة

B. قانون النسب المتضاعفة

C. قانون حفظ الكتلة

D. قانون حفظ الطاقة.

4. أي مما يلي ليس من الخصائص الفيزيائية لسكر المائدة؟

A. يشكل بلورات صلبة في درجة حرارة الغرفة

B. يظهر في شكل بلورات بيضاء

C. يتفتت ويتحول إلى الكربون وبخار ماء في حالة تعرضه للحرارة

D. حلو المذاق

5. أي مما يلي يصف مادة في الحالة الصلبة؟

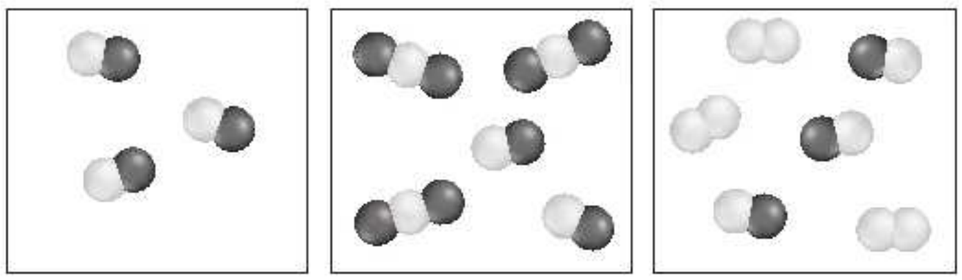
A. يمكن أن تتدفق جسيماتها واحدة تلو الأخرى.

B. يمكن ضغطها في حجم أصغر.

C. تتخذ شكل حاويتها.

D. جسيماتها ملتصقة بالقرب من بعضها.

استخدم الرسم أدناه للإجابة عن الأسئلة 6 و7.



A B C

6. أي مما يلي يصف الشكل **A**؟

A. العنصر **C.** المحلول

B. الخليط **D.** المركب

7. أي من العبارات التالية غير صحيحة؟

A. يتألف الشكل **B** من مركبين مختلفين.

B. يتألف الشكل **C** من جزيئين مختلفين.

C. يمثل الشكل **B** 13 ذرة.

D. توجد ثلاث أنواع مختلفة من العناصر ممثلة في الشكل **C**.

8. يتشارك كل من Na، وK، وLi، وCs في الخصائص الكيميائية ذاتها لذلك، من الأغلب أنها تنتمي في الجدول الدوري للعناصر إلى نفس

A. الصف **C.** المجموعة.

B. الدورة. **D.** العنصر

9. يتفاعل المغنيسيوم بشدة مع الأكسجين لتشكيل أكسيد المغنيسيوم. أي مما يلي ليس صحيحًا لهذا التفاعل؟

A. تتساوى كتلة أكسيد المغنيسيوم الناتجة مع كتلة المغنيسيوم المستهلكة بالإضافة إلى كتلة الأكسجين المستهلكة.

B. يصف التفاعل تكوين مادة جديدة.

C. إن الناتج عن التفاعل، أكسيد المغنيسيوم، هو مركب كيميائي.

D. لأكسيد المغنيسيوم خصائص فيزيائية وكيميائية تتشابه مع خصائص كل من الأكسجين والمغنيسيوم.

أسئلة ذات إجابات قصيرة

10. قارن بين المتغير المستقل في تجربة مع المتغير المستقبل.

11. كتب طالب في تقريره أن درجة الانصهار للغاز -295^0C . فسر لماذا يكون هذا غير صحيح.

12. ضع البادئة المترية التالية بترتيب من أصغر قيمة إلى أكبر قيمة: ديسي، كيلو، سنتي، ميكرو، ميجا، ميلي جيجا، نانو.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة 13 و15.

الخصائص المحددة للمواد في خليط

العنصر	هل يقبل الذوبان في الماء؟	هل يقبل الذوبان في الكحول؟	الكثافة (g/cm^3)	حجم الجزيء (mm)
نشارة الخشب	لا	لا	0.21	1
رقائق النفثالين	لا	نعم	1.15	3
ملح طعام	نعم	لا	2.17	2

13. هل الخليط الموصوف في الجدول متجانس أم غير متجانس؟ فسر إجابتك .

14. هل البيانات تصف خصائص فيزيائية أم كيميائية؟ فسر إجابتك.

15. كيف يمكنك فصل مكونات هذا الخليط معتمدًا على الخصائص الموجودة في الجدول؟.

16. اشرح الفرق بين التغيير الكيميائي والتغيير الفيزيائي. هل احتراق الجازولين تغيير كيميائي أم تغيير فيزيائي؟ فسر إجابتك.

الإختبار المعياري (SAT) لمادة الكيمياء

17. أي من العبارات التالية صحيحة حول طرق فصل المخاليط؟

A. الترشيح يستخدم لفصل مادة صلبة ذائبة في سائل.

B. يعتمد الترشيح على الاختلاف في أحجام الجسيمات.

C. يعتمد الفصل على الخصائص الكيميائية للمواد المشتملة.

D. تعتمد الكروماتوجرافيا على اختلاف درجات الغليان المواد.

E. يمكن استخدام النسامي لفصل غازين موجودين في خليط.

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة 18 و19.

النسبة المئوية الكتلية للكربون، والهيدروجين، والأكسجين في المركبات المحددة

المركب	H %	C %	O %
حمض الكربونيك (H_2CO_3)	3.2	19.4	77.4
حمض الأسيتيك (CH_3COOH)	6.7	40.0	53.3
الميثانول (CH_3OH)	12.5	37.5	40.0
الميثانال (H_2CO)	6.7	40.0	53.3
الأيزوبروبانول (C_3H_8O)	13.3	60.0	26.6

18. تمتلك عينة 125g لواحدة من تلك المواد. فإذا تكونت من H 16.7g و C 75.0g و O 33.3. فما هي هذه المادة؟

A. حمض الأسيتيك

B. الميثانول

C. حمض الكربونيك

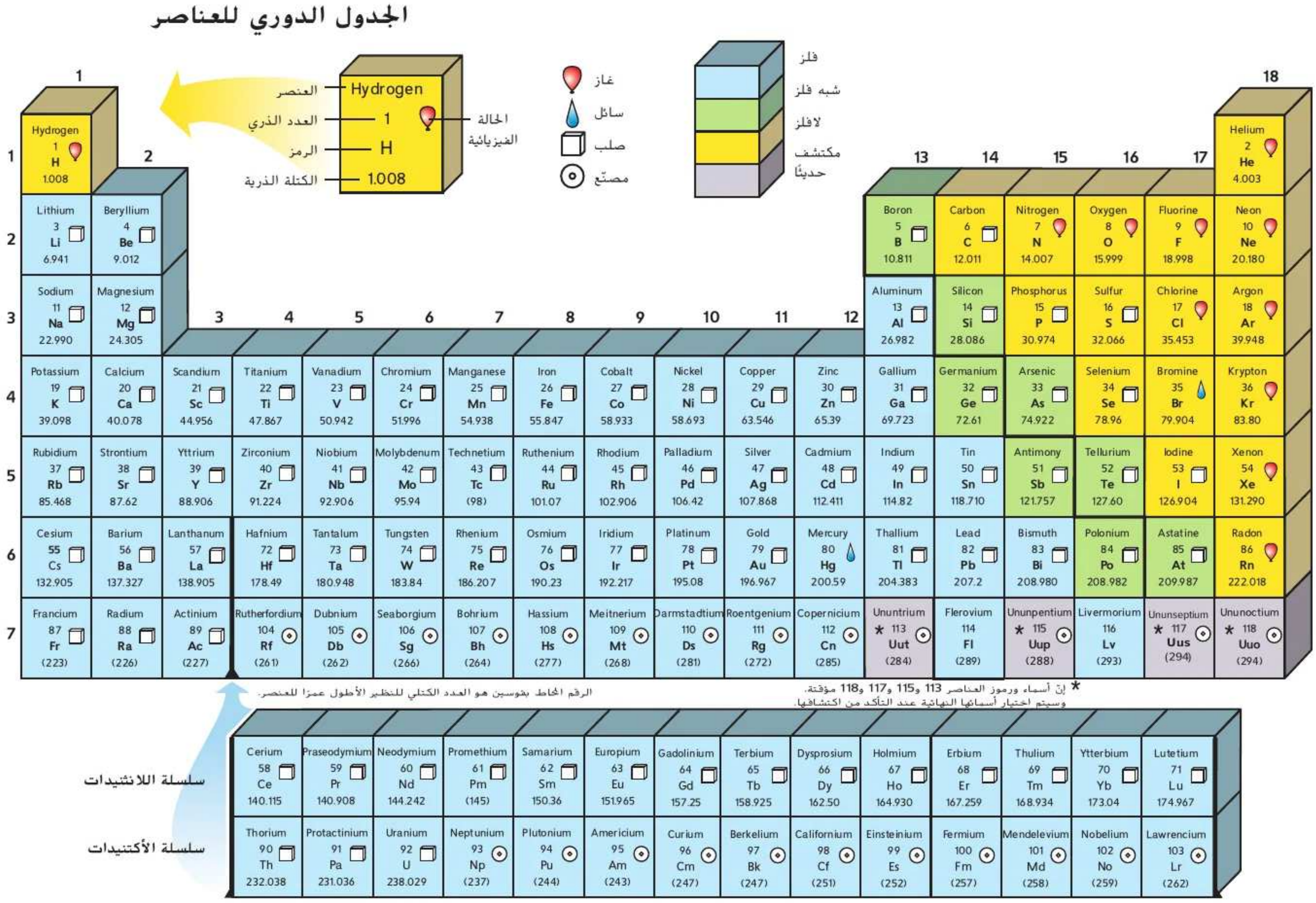
D. الأيزوبروبانول

E. الميثانال

19. في تجربة أخرى، حدد أن عينة حمض الأسيتيك تتألف من 56.8% من الأكسجين. ما نسبة الخطأ؟

A. 3.50%
B. 6.57%
C. 1.07%
D. 12.6%
E. 2.06%

الجدول الدوري للعناصر



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

شکر و تقدیر

نسخة الطلاب

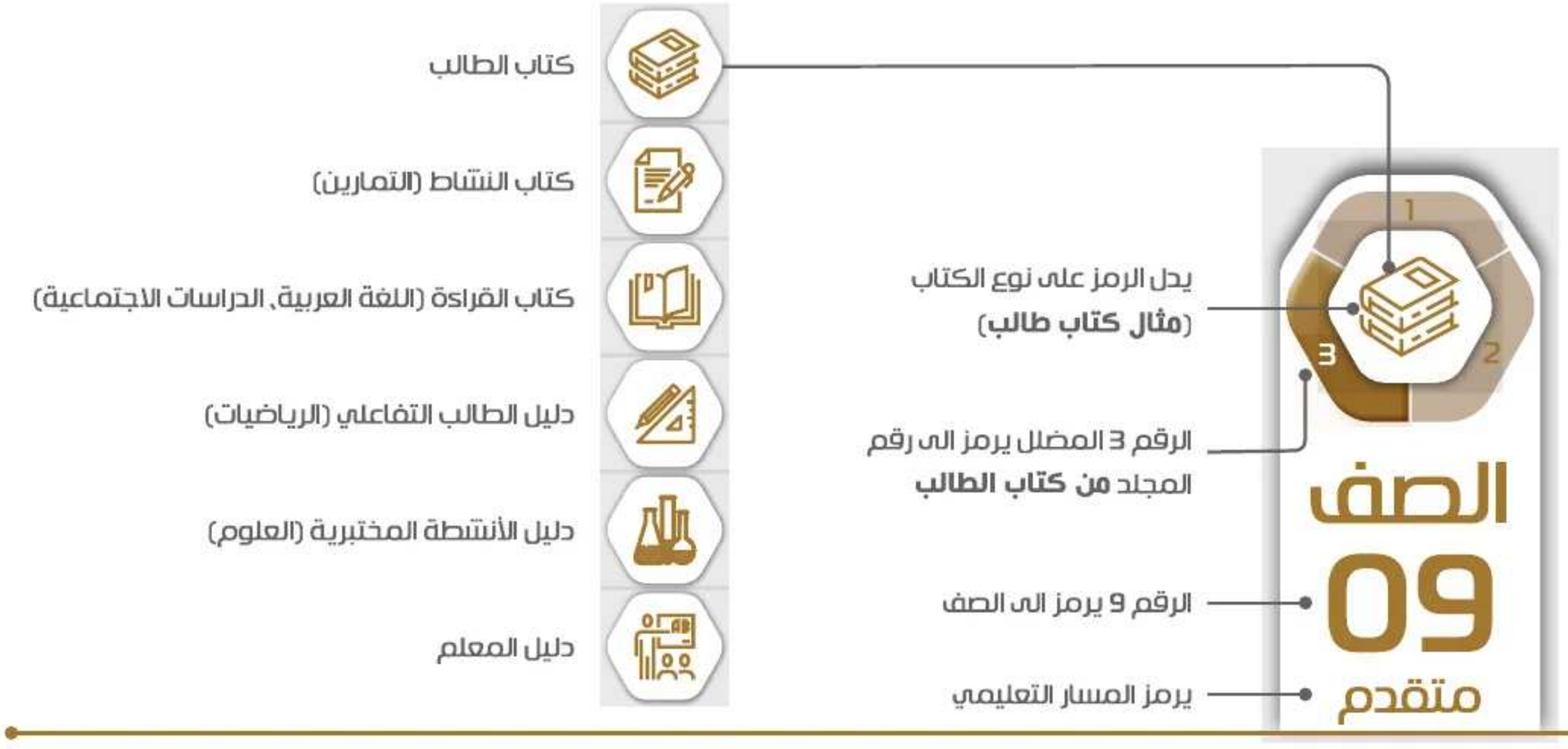
iv Glow Images; **v** Roberto Caucino/Shutterstock; **vi** Wavebreak Media Ltd/123RF; **vii** Don Farrall/Getty Images; **2-3** Image Source/Superstock; **4** (t)manjik/Shutterstock, (b)VICTOR ROJAS/CHINE NOUVELLE/SIPA/Newscom; **6** Hxdbzxy/123RF; **8** Angelo Giampiccolo/Shutterstock; **10** Digital Vision/Getty Images; **11** SOTK2011/Alamy Stock Photo; **12** Hutchings Photography/Digital Light Source; **14** (t)Stockbyte/Getty Images, (b)RIEGER Bertrand/hemis/age fotostock; **16** (t)McGraw-Hill Education, (bl, br)Hutchings Photography/Digital Light Source; **17** TED S. WARREN/AP Images; **23** (l, c) Image Source/Alamy, (r)Image Source/Alamy Stock Photo; **24** (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 Images; **32-33** John Giustina/Photodisc/Getty Images; **34** (t)Creativity+ Timothy K. Hamilton/Moment/Getty Images, (b)CK Ma/Shutterstock; **35** ninikas/Shutterstock; **36** ninikas/Shutterstock; **37** Oleksiy Maksymenko/age fotostock; **41** Gerard Hermand/Flickr/Getty Images; **43** Roberto Caucino/Shutterstock; **46** IT Stock Free/Alamy Stock Photo; **49** Jiro Mochizuki/Image of Sport/Newscom; **52** (l-r, t-b)Ken Karp/McGraw-Hill Education, (2)Ryan McVay/Getty Images, (3)Stockbyte/Getty Images, (4)C Squared Studios/Photodisc/Getty Images, (5)Ingram Publishing/Alamy Stock Photo, (6)Image Source/Alamy, (7)McGraw-Hill Education, (8)Dmitry Naumov/Shutterstock, (9)Dja65/Shutterstock, (10)Darren Pullman/Shutterstock, (11)Hutchings Photography/Digital Light Source, (12)C Squared Studios/Getty Images, (13)Ryan McVay/Photodisc/Getty Images; **58-59** Glow Images; **60** Andrew Barker/Shutterstock; **68** Judith Bicking/Alamy; **71** Patrick Behar/Vandystadt/Science Source; **75** Purestock/SuperStock; **76** McGraw-Hill Education; **78** Herbert Kehrer/Bridge/CORBIS; **80** (tr)Robert Harding Picture Library/age fotostock, (l)Bill Aron/Science Source, (c)Oleksiy Maksymenko/age fotostock; **84** McGraw-Hill Education; **85** Glow Images; **88-89** James LauritzDigital 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** (l)Matt Meadows/McGraw-Hill Education, (r)Matt Meadows/McGraw-Hill; **99** (l)Joggie Botma/Alamy, (r)C Squared Studios/Stockbyte/Getty Images; **100** Dynamic Graphics Value/SuperStock; **104** U.S. Air Force photo by Tech. Sgt. James L. Harper Jr.; **106** (t)ProStockStudio/Shutterstock, (b)Ken Karp/McGraw-Hill Education; **109** Wavebreak Media Ltd/123RF; **114** US Coast Guard Photo/Alamy; **116** McGraw-Hill Education; **120-121** (bkgd)Pixtal/Age Fotostock; **122** Brand X Pictures/Superstock; **130** McGraw-Hill Education/Ken Karp; **136** (t)EpicStockMedia/Shutterstock, (b)Hutchings Photography/Digital Light Source; **142** Methanon/Shutterstock; **150-151** Digital Vision/PunchStock; **152** Antoniodiaz/Shutterstock; **153** Bjorn Vinter/UpperCut Images/Getty Images; **158** PCN Photography/Alamy; **160** McGraw-Hill Education; **162** (t)Brand X Pictures/Getty Images, (bl, br)Hutchings Photography/Digital Light Source; **166** Laura Sifferlin; **170** (r)Image Source, All rights reserved, (bkgd)Design Pics/Con Tanasiuk; **178-179** Kenna Love/Alamy Stock Photo; **180** Vstock LLC/Getty Images; **184** World History Archive/Alamy; **186** Jupiterimages/Comstock Images/Getty Images; **187** Purestock/SuperStock; **192** (t) Don Farrall/Getty Images, (c, b)McGraw-Hill Education; **193** McGraw-Hill Education; **195** McGraw-Hill Education; **196** McGraw-Hill Education; **197** Matt Meadows/McGraw Hill; **198** (l)Luftikus/Shutterstock, (r)Mass Communication Specialist 3rd Class Alexander Tidd/US Navy/DoD; **204** Volanthevist/Moment Open/Getty Images; **206-207** Corbis/Glowimages; **208** Dana Hoff/Brand X Pictures/Getty Images; **209** Design Pics Inc./Alamy Stock Photo; **210** Dave Lidwell/Alamy; **211** (t)Richard Hutchings/Digital Light/McGraw-Hill Education, (b)

Peter Arnold, Inc./Alamy; **213** (t)Burke/Triolo/Brand X Pictures/Jupiterimages, (b)John Foxx/Stockbyte/Getty Images; **214** Martin Child/Getty Images; **215** Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **216** Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **221** (t)Julija Sapic/Shutterstock, (b)Tim Courlas/Horizons Companies; **222** Mahara/Shutterstock; **223** Staffan Widstrand/CORBIS; **228** Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **229** Matt Meadows/McGraw Hill; **230** (t)NASA, (b)JPL-Caltech/NASA; **235** Staffan Widstrand/CORBIS; **236-237** (bkgd)Leksele/Shutterstock; **238** (l)Gabriela Insuratelu/iStock/Getty Images, (r)Palo_ok/Shutterstock; **239** (t)McGraw-Hill Education, (b)Luisa Leal Photography/Shutterstock; **240** (t)Richard T. Nowitz/CORBIS, (b)Robert K. Chin/Alamy; **241** (t)RF Company/Alamy Stock Photo, (b)Sydney James/Digital Vision/Getty Images; **242** (l)Massimiliano Pieraccini/Alamy Stock Photo, (r)Nata-Lia/Shutterstock; **243** BRITISH ANTARCTIC SURVEY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/PHOTO RESEARCHERS INC.; **244** (l)Design Pics Inc./Alamy Stock Photo, (r)i creative/Alamy Stock Photo; **245** (t)Alan Schein/zefa/CORBIS, (b)Astrid & Hanns-Frieder Michler/Science Source; **247** Stephen Frisch/McGraw Hill; **248** (l)Envision/CORBIS, (r)Alexandru Kacso/iStock/Getty Images; **249** Tane Casserley NOAA/NMS Maritime Heritage Program; **250** Martyn F. Chillmaid/Science Source; **251** marilyn barbone/Alamy; **252** (l)Glow Images, (c)dcwcreations/Shutterstock, (r)Barry Mason/Alamy Stock Photo; **253** Science and Society/SuperStock; **254** (tl)Charles D. Winters/Science Source, (tr)Andrew Lambert Photography/Science Source, (b)Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **258** McGraw-Hill Education; **259** MR-Photo/Alamy.

ملاحظات الطالب

دلائـــل رمـــوز الغلاف

لون الحلقة الثالثة



يدل الرمز على نوع الكتاب
(**مثال كتاب طالب**)

الرقم 3 المضلل يرمز الى رقم المجلد **من كتاب الطالب**

الرقم 9 يرمز الى الصف

يرمز المسار التعليمي

- كتاب الطالب
- كتاب النشاط (التمارين)
- كتاب القراءة (اللغة العربية، الدراسات الاجتماعية)
- دليل الطالب التفاعلي (الرياضيات)
- دليل الأنشطة المختبرية (العلوم)
- دليل المعلم

مركز اتصال وزارة التربية والتعليم

اقتراح - استفسار - شكوى

80051115

www.moe.gov.ae

Info@moe.gov.ae

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

نرحب بكم في

موقع ومنتديات صقر الجنوب التعليمية

منهاج دولة الامارات العربية المتحدة

المنهاج الحكومي الوزاري

المنهاج الخاص للمدارس الخاصة

منهاج غير الناطقين بالعربية

ويسعدنا ويشرفنا ان نستمر معكم في تقديم

كل ما هو جديد للمنهاج المحدثة المطورة ولجميع

المستويات والمواد

ملفات نجمعها من كل مكان ونضعها لكم في مكان واحد

لما ان جميع ما ننشر مجاني ١٠٠%

أخي الزائر - أختي الزائرة ان دعمكم لنا هو انضمامكم لنا

فهو شرف كبير لنا

صفحتنا على الفيس بوك هنا

مجموعتنا على الفيس بوك هنا

مجموعتنا على التلقرام هنا

قنواتنا على اليوتيوب هنا

جميع ملفاتنا نرفعها على مركز تحميل خاص في صقر الجنوب

نحن نسعى دائما الى تقديم كل ما هو أفضل لكم و هذا وعد منا ان شاء الله

شجعونا دائما حتى نواصل في العطاء و نسأل الله ان يوفقنا و يسدد خطانا

في حال واجهتك اي مشكلة في تحميل اي ملف

من منتديات صقر الجنوب المنهاج الاماراتي

صفحة اتصل بنا

الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

قنوات التلقرام للمنهاج الاماراتي لجميع الصفوف والفصول

قناة الصف الأول	قناة الصف الثاني	قناة الصف الثالث
قناة الصف الرابع	قناة الصف الخامس	قناة الصف السادس
قناة الصف السابع	قناة الصف الثامن	قناة الصف التاسع
قناة الصف العاشر	قناة الصف الحادي عشر	قناة الصف الثاني عشر

مجموعات الفيس بوك للمنهاج الاماراتي الفصل الاول والفصل الثاني والثالث محدث

الصف الأول	الصف الثاني	الصف الثالث
الصف الرابع	الصف الخامس	الصف السادس
الصف السابع	الصف الثامن	الصف التاسع
الصف العاشر	الصف الحادي عشر	الصف الثاني عشر

قناة اليوتيوب للمنهاج الاماراتي

صفحتنا على الفيس بوك

الهدف الرئيسي
لمنتديات صقر الجنوب
هو
منصة تعليمية مجانية
هدفنا المنفعة ونشر العلم
نشر العلم مجاناً لكل من يطلب العلم في جميع أنحاء العالم
لا نفرض أي رسوم أو نفقات على العضويات في الموقع
علما انه مجاني بدون تسجيل عضوية
لنستمر في البقاء ان شاء الله
يمكن ان تساهم في استمرارنا والتخفيف
عنا مصاريف السيرفر والاستضافة
مهما كانت مساهمتك صغيرة أو كبيرة، لها أثر كبير في استمرار
الموقع لتقديم خدماته المجانية من ملفات حصرية ومنقولة
من خلال دعمنا على حسابنا الخاص على
من خلال الضغط هنا PayPal