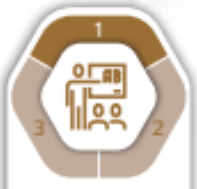
الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

نسخة المعلم

2023-2024

# الفيزياء

## نسخة الإمارات العربية المتحدة




الصف

11

عام

Mc Graw Hill

نسخة المعلم

McGraw-Hill Education

# الفيزياء

## نسخة الإمارات العربية المتحدة

للصف 11 العام

مجلد 1

Mc Graw Hill Education

**Project: McGraw-Hill Education United Arab Emirates Edition Integrated Science Grade 11 Year 4 Vol 1– Physics**

FM. Front Matter, , from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017
1. Motion in Two Dimensions, Chapter 6, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017
2. Gravitation, Chapter 7, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017
3. Rotational Motion, Chapter 8, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017
EM. End Matter, , from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

**صورة الغلاف:** Oleksandr Kostiuchenko/Shutterstock.com

mheducation.com/prek-12

جميع الحقوق محفوظة © للعام 2020 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: 978-1-44-701287-0 (نسخة الطالب)
MHID: 1-44-701287-9 (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-44-701289-4 (نسخة المعلم)
MHID: 1-44-701289-5 (نسخة المعلم)

النسخة الإلكترونية

رقم النشر الدولي: 978-1-44-701297-9 (نسخة الطالب)
MHID: 1-44-701297-6 (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-44-701299-3 (نسخة المعلم)
MHID: 1-44-701299-2 (نسخة المعلم)

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

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

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

من أقوال صاحب السّمو الشّيخ خليفة بن زايد آل نهيان

# موجز المحتويات


1 الحركة في بعدين
2 الجاذبية
3 الحركة الدورانية
4 الشغل والطاقة والآلات
5 الزخم وحفظه
6 الطاقة وحفظها
7 الطاقة الحرارية
8 حالات المادة
9 الاهتزازات والموجات
موارد الطالب



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education
Chapter Sourced From: FM Front Matter, , from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

# جدول المحتويات


الوحدة 1

## الحركة في بُعدين . . . . . 1

**القسم 1** حركة المقذوف . . . . . 2
**القسم 2** الحركة الدائرية . . . . . 6
**القسم 3** السرعة المتجهة النسبية . . . . . 10
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . 14

الوحدة 2

## الجاذبية . . . . . 17

**القسم 1** حركة الكواكب والجاذبية . . . . . 18
**القسم 2** استخدام قانون الجذب العام . . . . . 23
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . 31

الوحدة 3

## الحركة الدورانية . . . . . 35

**القسم 1** وصف الحركة الدورانية . . . . . 36
**القسم 2** ديناميكا الحركة الدورانية . . . . . 39
**القسم 3** الاتزان . . . . . 45
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . 51

الوحدة 4

## الشغل والطاقة والآلات . . . . . .

**القسم 1** الشغل والطلقة . . . . . .
**القسم 2** الآلات . . . . . .
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . .

الوحدة 5

## الزخم وحفظه . . . . . .

**القسم 1** الدفع والزخم . . . . . .
**القسم 2** حفظ الزخم . . . . . .
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . .

الوحدة 6

## الطاقة وحفظها . . . . . .

**القسم 1** الأشكال المتعددة للطاقة . . . . . .
**القسم 2** حفظ الطاقة . . . . . .
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . .

الوحدة 7

## الطاقة الحرارية . . . . . .

**القسم 1** درجة الحرارة والحرارة والطاقة الحرارية . . . . . .
**القسم 2** تغيرات الحالة والديناميكا الحرارية . . . . . .
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . .

## حالات المادة . . . . . .

الوحدة 8

**القسم 1** خصائص الموائع . . . . . .
**القسم 2** القوى داخل السوائل . . . . . .
**القسم 3** الأجسام الصلبة . . . . . .
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . .

## الاهتزازات والموجات . . . . . .

الوحدة 9

**القسم 1** الحركة الدورية . . . . . .
**القسم 2** خصائص الموجات . . . . . .
**القسم 3** سلوك الموجات . . . . . .
**إجابات تقويم الوحدة** . . . . . .

**جداول مرجعية** . . . . . R-1



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# نبذة عن المؤلفين

**استخدم مؤلفو كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات معرفتهم بمحتوى مادة الفيزياء وخبراتهم في التدريس لابتكار مخطوط يسهل فهمه ويتسم بالدقة ويركز على تحصيل الطلاب.**

## بول دبليو زيزيفيتز، المؤلف الرئيس

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

## دايفد ج. هاس

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

## كاثلين أ. هاربر

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# استخدام أساسيات المعلم

## كيفية استخدام كتاب الفيزياء: أساسيات المعلم للمبادئ والمشكلات

- كل ما تحتاج إليه في تصميم منطقي وفعّال
- تنظيم يسهل استخدامه
- اعثر على ما تحتاج إليه عندما تحتاج إليه

القسم 2 الوزن والقوة المعيقة

1 التقديم

نشاط محفّز

الكتلة والوزن أعرض للصف العديد من الأجسام المختلفة (الحقيبات، معدنية وغيرها). اسأل أي الأجسام أكثر وزنا وابدأ هو ذلك. علق الأجسام في موازين زنبركية للتأكد من توقعات الطلاب. اسأل هل تتغير أوزان الأجسام كلما هي على كوكب آخر أو على القمر. لا، سيكون للأجسام أوزان مختلفة نظرا لأن القوة الثقلية المتجاذبة ستختلف.

الربط بالمعرفة السابقة

القوى المؤثرة في الأجسام يجب أن يكون الطلاب على دراية بالتسارع ومفهوم القوة في هذا القسم. يستخدمون قانونين نيوتن الأول والثاني على نطاق أوسع.

2 التدريس

الوزن

تطوير المفاهيم

الفيزياء الرئيسة تعلم الطلاب في ما سبق أن تسارع السقوط الحر بالقرب من سطح الأرض يساوي 9.8 m/s². ومنح أن تسارع السقوط الحر هو نفسه g، يعم قوة مثال الجاذبية.

الوحدات تأكد من أن الطلاب يفهمون أن 9.8 m/s² و 9.8 N/kg يعبران عن الكمية نفسها الشرح أن 1 نيوتن (N) يساوي 1 kg·m/s².

المناقشة

مسألة افترض أنك واقف في مصعد يتسارع إلى أعلى. هل يكون مقدار القوة العمودية المؤثرة فيك من أرضية المصعد هو نفسه مقدار وزنك أم أكبر منه أم أصغر منه؟ الإجابة يجب أن يكون مقدار القوة العمودية أكبر من الوزن. يجب أن تكون القوة المحصلة في الاتجاه إلى أعلى لأنك تتسارع في هذا الاتجاه. ومن ثم يجب أن يكون المجموع المتجهي لقوة الوزن والقوة العمودية عبارة عن قوة متجهة إلى أعلى، أي في اتجاه القوة العمودية. إلى ▸

مثال إضافي مثال للحل في الفصل

مسألة يحتاج أيمن إلى رفع صخرة كتلتها 35.0 kg إذا كان يمثل قوة متجهة إلى أعلى بمقدار 502 N على الصخرة. فكم يبلغ تسارع الصخرة؟

الإجابة

نشاط مسألة تحفيزية في الفيزياء

التحقق من القوة والتسارع اطلب من الطلاب تسجيل مقطع فيديو لأنفسهم وهم واقفون على ميزان أثناء استقلالهم المصعد. واطلب منهم تشغيل مقطع الفيديو ببطء وتحديد أقصى قوة وأدنى قوة أثرت بها في الميزان. اسأل الطلاب ما عمليات التسارع (الصغار والانتباه) المتوافقة مع هذه القوى وعدد أي النقاط أثناء الحركة لم يكن للمصعد أي تسارع. إلى ▸

استخدام تجربة الفيزياء

اطلب من الطلاب إجراء التجربة. القوى في المصعد. للتحقق من القوى التي تؤثر في جسم ما في المصعد.

استخدام التجربة المصغّرة

اطلب من الطلاب إجراء التجربة. الكتلة والوزن. للتحقق من العلاقة بين الكتلة والوزن.

تحديد المفاهيم الخاطئة

سبب الوزن الظاهري قد يعتقد بعض الطلاب أن الوزن الظاهري مرتبط بالحركة بسرعة متجهة للبدء. لكن يلاحظ الوزن الظاهري عندما يتعرض الجسم لتسارع رأسي. ذكر الطلاب أنه سواء بدأ الجسم الحركة أو أكمل فإن ذلك يعتمد على اتجاه التسارع وليس السرعة المتجهة للجسم.

58 الوحدة 4 • القوى في بعد واحد

كل قسم داخل الوحدة منظّم وفقًا لموضوعات كتاب الطالب.

أرقام الصفحات الخاصة بكل موضوع في كتاب الطالب واضحة ويسهل الوصول إليها.

الكتاب مزود بأمثلة إضافية للمسائل في مواضع تتيح لك تقديم تدريبات في الفصل في الوقت المناسب.

القسم 1 الإجابات

القسم 1 • الإجابات

التأكد من فهم النص والتأكد من فهم الشكل

التأكد من فهم الشكل

تغيرت النباتات لأن العلماء توصلوا إلى اكتشافات جديدة عن بنية الذرة.

التأكد من فهم الشكل

ستتغير الإجابات. على النباتات الموجودة في غرفة الفصل. الإجابات المحتملة: كرة، نموذج للنظام الشمسي، سيارة لعبة، نموذج لهيكل عظمي.

التأكد من فهم النص

تتيح أجهزة الكمبيوتر للعلماء إمكانية تجربة الأنظمة الكبيرة للغاية أو اختبار تصميم مقترح لكيفية حدوث عملية معينة. تتيح عمليات المحاكاة بالكمبيوتر للطيارين إمكانية التدريب مع محاكاة الظروف السيئة والخطرة دون أن يتعرضوا للخطر.

القسم 1 مراجعة

1. الإجابة المحتملة: سأجري بعض الملاحظات وأسأل بعض الأسئلة بناء على هذه الملاحظات. سأجري بحثًا عما هو معروف بالفعل عن المشكلة ثم أضع فرضية. سأصمم تجربة وأجريها لاختبار الفرضيات التي وضعتها ثم أحلل النتائج. سأتحقق مما إذا كانت النتائج تدعم الفرضية التي وضعتها قد أسأل سؤالًا آخر على أساس النتائج التي توصلت إليها أو الملاحظات التي دونتها أثناء التجربة.

3. يمكن أن يؤثر التحيز في نتائج أو خلاصة التحقيق. فيجعلها غير صحيحة.

4. يستخدم العلماء النماذج كي تساعدهم على تفسير أو معرفة المزيد عن أشياء كبيرة أو صغيرة للغاية أو بعيدة للغاية بدرجة لا تسمح برؤيتها أو ملاحظتها بسهولة. ومن أمثلة ذلك النظام الشمسي أو الخلية أو نموذج الفيض النووي أو الديناميكا الهوائية للطائرة.

5. النظرية العلمية تفسر حدث ما بناء على العرفة المكتسبة من الملاحظات والتجارب. أما القانون العلمي فهو عبارة تصل شيئًا يحدث في الطبيعة ويبدو أنه صحيح في جميع الأحوال. ولأن النظرية تقدم تفسيرًا لسبب حدوث شيء ما في حين أن القانون لا يفسر شيئًا، فلا يمكن للنظرية أن تتحول إلى قانون.

6. اختبار الآراء لا يندرج ضمن الطرق العلمية. فمن المستحيل إثبات أن رأيًا ما صحيح للجميع بالإضافة إلى ذلك، أجري الاستطلاع على جزء صغير من الطلاب، وفي مدرسة واحدة فقط. لذا لا يمكن تعميم النتائج على الجميع.

7. لا. لأن التجربة 9.8 m/s² أقربت الكثير من التجارب الأخرى. والتي تلقي هذه النتيجة تحتاج إلى تفسير سبب خطئها. هناك على الأرجح بعض العوامل التي تؤثر في حسابياتك، مثل الاحتكاك أو مدى الصحة التي قست بها التغيرات الكتلة.

سهولة وسرعة العثور على الإجابات لتدريبات كتاب الطالب.

- إجابات القسم مجمّعة مع بعضها في نهاية كل قسم.
- إجابات تقويم الوحدة مجمّعة مع بعضها في نهاية كل وحدة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# استخدام أساسيات المعلم

القسم 2

عرض توضيحي سريع

فرق الجهد عبر المكثفات

الزمن المقدّر 10 دقائق

المواد ثلاثة مكثفات، 1F، مولّد ممثل بشكل بدوي، توصيل الأسلاك بمشابك، مفتاح بكّيت، جهاز يعمل بالبطارية مثل كشاف صغير أو راديو

الإجراءات وصّل المكثفات الثلاثة ومفتاح الكبس والمولد اليدوي في دائرة متصلة على التوالي

تحذير: التزم بجميع احتياطات الأمان عند استخدام المكثفات. تأكد من عدم ملامسة الطلاب لأسلاك غير معزولة أو المكثف. تأكد من أن جميع الأسلاك والمفاتيح وغيرها معزولة بشكل صحيح

- **العروض التوضيحية السريعة** لتوضيح الأفكار وتحفيز الطلاب على تعلم الفيزياء

جميع أساسيات التدريس الخاصة بك موجودة هنا!

تحديد المفاهيم الخاطئة

السرعة المتجهة اللحظية والمتوسطة في لغة الحياة اليومية، قد تستخدم كلمة سرعة متجهة لتشير إلى السرعة المتجهة اللحظية أو متوسط السرعة المتجهة ونتيجة لذلك، قد يخلط الطلاب بين المدلولين. وضّح الفرق عن طريق ربط المصطلحين بحركة السيارة. اسأل الطلاب كيف يعرفون السرعة التي يسيرون بها عندما يسافرون بالسيارة. يوضح هذا السرعة المتجهة اللحظية. اسأل الطلاب ما السرعة المتوسط للسيارة في حالة الحركة والتوقف إذا كانت السيارة تسير بسرعة 40 km في 20 km/h .2 h

معادلة الحركة

استعن بالشكل 23

اسأل الطلاب كيف يعرفون أي من السيارات تكون سرعتها المتجهة المتوسطة أكبر في 23. لقد المسافة بين الفواصل الزمنية للسيارة التي تسير إلى اليمين أكبر منها بين الفواصل الزمنية للسيارة التي تسير إلى اليسار. بالإضافة إلى ذلك، يمتد متجه السرعة التي تسير إلى اليمين أطول من متجه السرعة التي تسير إلى اليسار. ر م منطقي - رياضي

نشاط مشروع الفيزياء

الحركة في خط مستقيم اطلب من الطلاب أن يتجولوا في المدرسة ويدوّنوا أمثلة لأجسام متحركة مختلفة. من بين تلك الأمثلة، ينبغي أن تكون هناك ثلاثة أمثلة لأجسام يستطيع الطلاب أن يصفوا حركتها باستخدام مفاهيم الفيزياء الواردة في هذه الوحدة. ينبغي أن تكون هناك أيضا ثلاثة أمثلة لأجسام لا يستطيع الطلاب أن يصفوا حركتها بدقة حتى الآن. ينبغي أن يذكر الطلاب على وجه التحديد السبب في عدم تطبيق النموذج الحالي للحركة على هذه الأجسام. على سبيل المثال، ينبغي أن يكون الطلاب قادرين على تمثيل حركة كرة تتدحرج على أرضية أفقية من خلال الدروس التي تعلموها في هذه الوحدة. ومع ذلك، لن يتمكن الطلاب من تصميم نموذج لحركة كرة ترتد أسفل درجات السلم. ر م حركي

نشاط تحدي الفيزياء

السباقات قدّم للطلاب أو اطلب منهم إيجاد سرعات أنواع عديدة من حيوانات ذات أحجام مختلفة. ستكون هذه السرعات بوحدات مختلفة. واطلب من الطلاب أن يتوقعوا الترتيب النهائي لسباق 100 m بين الحيوانات. اطلب منهم أيضا أن يكتشفوا الزمن الذي يستغرقه كل متسابق. ثم اطلب منهم تمثيل ذلك مرئيا وشرح كيف توصلوا إلى إجاباتهم باستخدام المفاهيم الرياضية

- **أنشطة** لتعزيز المفاهيم بتجربة ملموسة

الوحدة 8

آلية العمل

الدوران السريع

أجهزة الطرد المركزي

الغاية

رؤية تطبيق مبادئ الحركة الدورانية في قطعة من المعدات المختبرية الشائعة: الطاردة المركزي

الخلفية

من وجهة نظر علماء الفيزياء، لم يُصاغ اسم الطاردة المركزية المختبرية جيدًا. حيث تُستعمل الطاردة المركزية عياب قوة الجذب المركزي في المحيط الساكن لتفصل ذلك المحيط. تتطلب الحركة الدائرية قوة. يتم توفير كل القوة على السائل من طريق جدران أنبوبة الطاردة المركزية. أما داخل الأنبوبة فتفصل الكثافة المكونات المختلفة المحيط لأنها غير قادرة على توليد قوة جذب مركزي كافية على بعضها البعض لتحتفظ بتكوينها الأصلي.

استراتيجيات التدريس

تستخدم مرية الكرنفال المعروفة مبادئ مماثلة. تعكس هذه المرية طبيعة الطاردة المركزية من طريق تدوير الراكبين بسرعة حتى يبقون بجدار المرية. حتى حينما تتحرك الأرضية من تحت أقدامهم، يتم الراكبون أن المرية تميل على الرغم أنها لا تزال أفقية. يمتد هنا الوهم بسبب التسارع المركزي الذي يدفع المحيط للداخل) الذي يمثل القوة العمودية التي تدفع الأرض لأعلى). ستتم نمذجة مرية الكرنفال من خلال تكليف طلاب العمل في مجموعات صغيرة لتمثيل الدوران

توجد عدة أجزاء في نهاية الوحدة تربط الفيزياء بالحياة اليومية:

- الفيزياء: هذا هو جزء الترفيه
- نظرة عن كثب
- أثناء العمل
- الحدود في الفيزياء
- آلية العمل



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# تدريس الفيزياء

## ساعد طلابك على فهم الفيزياء

**هذا البرنامج الدراسي مُنظّم بناءً على الأفكار الرئيسة والأسئلة الرئيسة.**

- تبدأ كل وحدة بالفكرة الرئيسة – وهي عبارة موجزة تلخّص المفهوم الأساسي للوحدة.
- يبدأ كل قسم بالفكرة الرئيسة، التي تجذب الانتباه إلى الفكرة الرئيسة للقسم.
- تعكس الأسئلة الرئيسة أهداف التعلّم التي ينطوي عليها القسم. وتقوّم مراجعة كل قسم الأسئلة الرئيسة.

### مقدمة إلى الفكرة الرئيسة

في بداية كل وحدة، تتضمن أساسيات المعلم طريقة مثيرة لجذب انتباه الطلاب وتقديم الفكرة الرئيسة للمرة الأولى. وقد يشمل ذلك عرضًا توضيحيًا سريعًا أو نشاطًا أو أسئلة تجعل الطلاب يفكرون ويتحدثون بشأن الفكرة الرئيسة.

### تدريس الفكرة الرئيسة

تتناول أساسيات المعلم الفكرة الرئيسة بوضوح قُرب بداية كل قسم. ويتوافق عنصر التدريس هذا مباشرة مع الفكرة الرئيسة ويساعد الطلاب على فهمها بصورة أفضل.

### تقويم الفكرة الرئيسة

تقدم أساسيات المعلم قرب نهاية كل قسم استراتيجيات لتقويم فهم الطلاب للفكرة الرئيسة.

**تدعم العناصر المختلفة الأفكار الرئيسة لكل وحدة وتعززها.**

- الربط بالمعرفة السابقة
- التعزيز
- تحديد المفاهيم غير الصحيحة
- الثقافة المرئية
- أمثلة إضافية للحل في الفصل
- تطوير المفاهيم
- التفكير الناقد
- خلفية عن المحتوى
- التأكد من الفهم
- التوسع
- وغير ذلك الكثير!

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## التدريس المتمايز

**تختلف قدرات الطلاب بصورة كبيرة. يحتوي كتاب الفيزياء: أساسيات المعلم للمبادئ والمشكلات استراتيجيات للوصول إلى جميع الطلاب.**

**تظهر علامات التدريس المتمايز مع كل نشاط على مدار الوحدة. انظر الدليل التالي للاطلاع على معنى كل علامة من علامات التدريس المتمايز.**

| | |
|---|---|
| د م **دون المستوى** | أنشطة دون المستوى مناسبة للطلاب الذين يقل تحصيلهم عن مستوى الصف. |
| ض م **ضمن المستوى** | أنشطة ضمن المستوى مناسبة للطلاب الذين يناسب تحصيلهم مستوى الصف. |
| ف م **فوق المستوى** | أنشطة فوق المستوى مناسبة للطلاب الذين يفوق تحصيلهم مستوى الصف. |
| **التعلّم التعاوني** **التعلم التعاوني** | أنشطة مصمّمة للعمل الجماعي التعاوني البسيط |

تظهر أنماط التعلم بعد كل د م أو ض م أو ف م أو **التعلّم التعاوني** كلما كان ذلك مناسبًا.

المتعلم **الحسي الحركي** يتعلم من خلال اللمس والحركة ومعالجة الأشياء.

المتعلم **البصري - المكاني** يفكر في الصور والرسومات التوضيحية والنماذج.

المتعلم **المنطقي - الرياضي** يستوعب الأعداد بسهولة وتكون لديه مهارات برهنة منطقية متطورة بشكل كبير.

المتعلم **اللغوي** يكتب بوضوح ويفهم الكلمة المكتوبة.

المتعلم **السمعي الموسيقي** يتذكر الكلمة المنطوقة ويمكنه إنشاء إيقاعات وألحان لها.

المتعلم **الاجتماعي** يستوعب ويعمل جيدًا من خلال التواصل مع الآخرين.

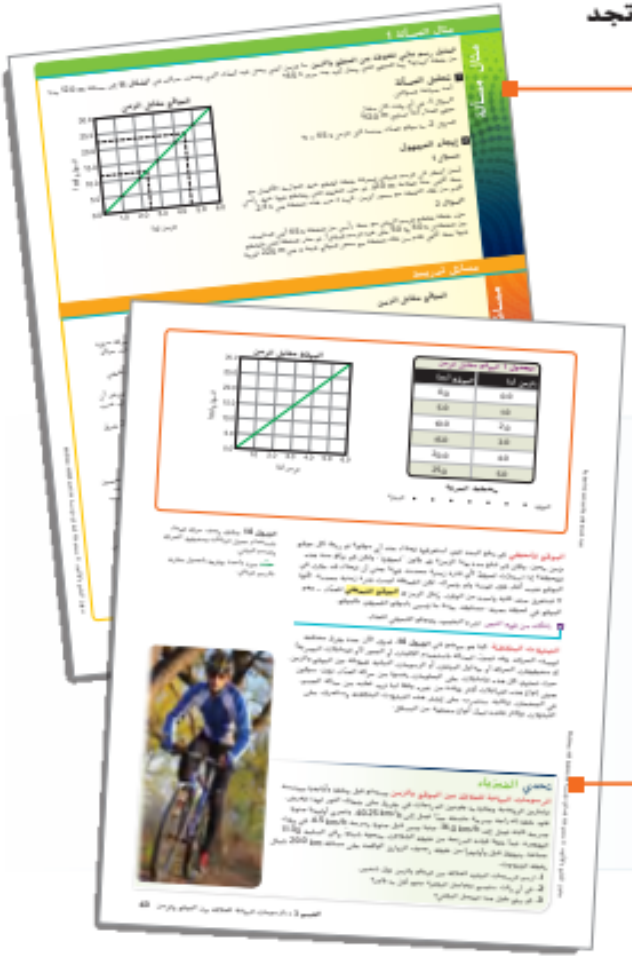
المتعلم **الشخصي** يستطيع تحديد نقاط القوة والضعف لديه وقد يفضل العمل بمفرده.

أنشطة **التدريس المتمايز** ليست مقتصرة على الطلاب دون المستوى فقط. لكنها تقدم دعمًا إضافيًا لأي طالب يجد صعوبة في مفهوم ما.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## دعم الرياضيات للفيزياء

**يمكن أن يؤدي فهم الرياضيات إلى إثراء تجربة تعلم الفيزياء. ويقدم هذا البرنامج الدراسي أدوات كثيرة لمساعدتك على تقوية مهارات الرياضيات لدى الطلاب وتعزيزها. بدءًا من المعالجة وحتى المسائل التحفيزية، يمكنك أن تجد أجزاء دعم الرياضيات لكل طلابك.**

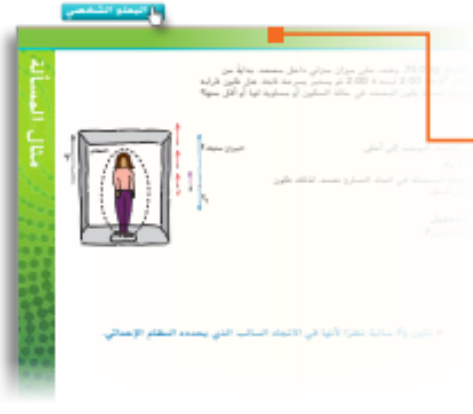


### دليل الرياضيات

- أمثلة على المسائل
- استراتيجيات حل المسائل
- كتب عبر الإنترنت قابلة للتخصيص تربط الرياضيات بالفيزياء

### تمرين إضافي

- مسائل تدريبية
- مسائل تدريبية إضافية عبر الإنترنت
- مسائل تحفيزية في الفيزياء
- كتب مسائل إضافية قابلة للتخصيص على الإنترنت



### موارد مفيدة

- المعلمون الشخصيون
- كتيب الرياضيات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## نصوص لتعزيز الفيزياء

**على الرغم من أن جميع الطلاب غالبًا يعرفون كيف يقرؤون عند تخرجهم من المدارس الثانوية، لا يعرف معظمهم المهارات اللازمة لقراءة واستخدام نص تقني غير أدبي بصورة فعالة. يحتوي كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات على العديد من الاستراتيجيات لمساعدة الطلاب على الانتقال إلى القراءة والتعلم المستقل.**

- **الفيزياء في حياتك** تربط الدرس بحياة الطلاب بطريقة إبداعية.
- **التأكد من فهم النص** يساعد الطلاب على المراجعة الذاتية لاستيعابهم لما قرؤوه للتو من خلال التلخيص والشرح والوصف والتطبيق.
- **التأكد من فهم الشكل** يحفز الطلاب على دراسة الأشكال والرسومات البيانية والمخططات بدقة وتطبيق ما تعلموه.
- **مراجعة القسم** مراجعة الأسئلة المهمة في نهاية كل قسم.
- **المفردات** تقديم التعريفات والنماذج لكل من الاستخدام العلمي والاستخدام العام لكلمة معينة.
- **الفيزياء في الحياة اليومية** تربط قراءة الطلاب بتطبيقات من الحياة اليومية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# نمذجة الفيزياء

## يحتوي كتاب الفيزياء: المبادئ والمسائل ونمذجة التدريس

**يستخدم عدد متزايد من معلمي العلوم في جميع أنحاء الولايات المتحدة عناصر نمذجة التدريس في برامجهم الدراسية. وفي ما يلي عدد من الميزات الحالية التي تتوافق خصيصًا مع هذا النهج.**

### ما المقصود بنمذجة التدريس؟

نمذجة التدريس نهج تعليمي تطور في أواخر ثمانينيات القرن العشرين من خلال التعاون بين معلم فيزياء بمدرسة ثانوية حاصل على جائزة وأستاذ فيزياء في منطقة فينيكس. ففي عام 2001، كانت النمذجة أول برنامج صممته وزارة التعليم في الولايات المتحددة كبرنامج نموذجي في تدريس الرياضيات والعلوم في المدارس الثانوية.

ومن بين نقاط القوة للنمذجة أنها نظام تدريسي وليست منهجًا دراسيًا مقررًا على نحو محكم. وأساس هذا النظام ما يعرف باسم دورة النمذجة. ففي دورة النمذجة المثالية، لا يقوم الطلاب بتنفيذ تجربة لإثبات معادلة أو لاختبار توقّع مفضّل بشكل واضح؛ بل يشاركون في استقصاء علمي موجّه.

وقد تتبع إحدى دورات النمذجة التي تدرس سرعة متجهة ثابتة الخطوات الموضحة أدناه:

1. يعرض المعلم للطلاب سيارة لعبة تتحرك في الغرفة ويطلب منهم مشاركة ملاحظاتهم. تُسجَّل جميع الملاحظات على السبورة. يوجّه المعلم الطلاب إلى التركيز على الملاحظات التي يمكن تحديد كميتها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

2. يطلب المعلم من الطلاب وصف طريقة يمكنهم من خلالها تحديد ما إذا كانت هناك علاقة بين هذه الكميات. وفي هذه الحالة، تنتهي مناقشة الفصل إلى تكوين مجموعات صغيرة من الطلاب يصمّمون تحقيقات مختبرية لإيجاد العلاقة بين المسافة التي قطعتها السيارة والزمن المنقضي.

3. تشارك كل مجموعة نتائجها على لوحات معلومات بأحجام مناسبة للطلاب ويعرضون نتائجهم بيانيًا. يشركهم المعلم في مناقشة حول نتائج الرسومات البيانية. ويمكن تقديم أدوات تمثيلية جديدة، مثل مخطط الحركة. ففي مثال السرعة المتجهة الثابتة، تؤدي الرسومات البياني لبيانات الطلاب إلى المعادلة الحركية المعروفة:

$$x = x_0 + vt$$

4. يطبق الطلاب الفهم المشترك المحصّل في التجربة في مجموعة متنوعة من المواقف. قد تشمل حل المسائل والمناقشات والمشروعات وتطبيقات عملية للتجربة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## كيف يدعم هذا البرنامج النمذجة؟

**يحتوي كتاب الفيزياء: المبادئ والمشكلات على العديد من العناصر الموصى بها في أبحاث تعليم الفيزياء والمتضمَّنة في معظم فصول النمذجة.**

**الطبيعة التجريبية للعلوم:** يُشرك هذا البرنامج الطلاب في أخذ الملاحظات حول البيئات المحيطة بهم (في الأمثلة النصية من الحياة اليومية وفي الصور الافتتاحية للوحدة والفيزياء من أجلك) وفي البرهنة المنطقية بشأن الطريقة التي تؤدي من خلالها هذه الملاحظات إلى علاقات رياضية مقبولة.

**التمثيلات المتعددة:** يعي الطلاب الموضوعات بسهولة أكبر عندما يتوفر لديهم العديد من الأدوات التمثيلية. وتشمل الأمثلة على ذلك استخدام مخططات الحركة لحل المسائل الحركية ومسائل القوة واستخدام مخططات الأعمدة البيانية للعلاقة بين الشغل والطاقة.

**مجموعة غنية من الأنشطة التطبيقية:** تحتوي المسائل الموجودة في نهاية الوحدة، وكذلك المواد الخاصة بالمعلم، على العديد من الأنشطة التي تتناسب مع معلمي النمذجة، بما فيها التطبيقات العملية للتجربة وتصنيف المهام والمسائل العكسية وصياغة المسائل.

## زيادة تأثير النمذجة

إذا كنت مهتمًا بمعرفة المزيد عن النمذجة، فهناك العديد من الجمعيات المهنية تقدّم ورش عمل تمهيدية في لقاءات على المستويين المحلي والوطني. كما أنه في فصل الصيف تستضيف الجامعات في جميع أنحاء البلاد ورش عمل مكثفة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الوحدة 1

# الحركة في بُعدين

## نبذة عن الصورة

اسأل الطلاب ما القوى التي تؤثر في الشاب عندما يطير في الهواء. الجاذبية ما الذي يحدد مساره؟ سرعته الابتدائية ومحصلة القوة التي تؤثر فيه متى يصل إلى أقصى ارتفاع. هل لا يزال مركز ثقله يتحرك أم ثبت للحظات؟ لا يتحرك رأسيًا ولكنه يتحرك بسرعة ثابتة في الاتجاه الأفقي بسبب عدم وجود قوة تؤثر في هذا الاتجاه.

## نظرة عامة على الوحدة

في هذه الوحدة، تُوسّع مفاهيم علم الحركة والقوى الديناميكية التي درسها الطلاب سابقًا إلى الحركة في بعدين. تحلل الوحدة حركة المقذوف من خلال تطبيق علم الحركة باستخدام السرعة الأفقية الثابتة والتسارع الرأسي الثابت. يتعلم الطلاب تحليل الحركة الدائرية من خلال تطبيق قوانين نيوتن. تنتهي الوحدة بمناقشة عن السرعة النسبية.

قبل أن يدرس الطلاب المادة العلمية الواردة في هذه الوحدة، ينبغي عليهم دراسة:

- جمع المتجهات
- الكتلة مقابل الوزن
- قوانين نيوتن للحركة
- الحركة المنتظمة في بُعد واحد
- الكميات المتجهة مقابل الكميات القياسية

لحل المسائل الواردة في هذه الوحدة، سيحتاج الطلاب إلى فهم عميق لما يلي:

- بيانات الرسم البياني
- الأرقام المعنوية
- دوال الجيب وجيب التمام والظل
- حل المعادلات الخطية
- حل المعادلات التربيعية

## عرض الفكرة الرئيسة

بإتقان المتجهات وقوانين نيوتن، يمكن تحليل مجموعة متنوعة من مسائل الحركة. تتناول هذه الوحدة حركة المقذوفات والحركة الدائرية والسرعة النسبية. بتطبيق المتجهات وقوانين نيوتن، يمكن توقع سرعة الأجسام وموضعها وتسارعها بدرجة كبيرة من الدقة في المستقبل.

## استخدام التجربة الاستهلالية

في حركة المقذوف، يمكن أن يستخدم الطلاب مفردات ورسومات بيانية لوصف الحركة الأفقية والرأسية للمقذوفات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education
Gustoimages/Photo Researchers, Inc.

Chapter Sourced From: Motion in Two Dimensions, Chapter 6, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

## 1 مقدمة

### نشاط تحفيزي

**حركة المقذوف** اطلب من طالبين تحريك كرة لينة (أو كرة مماثلة) للأمام والخلف مع مراعاة أن تكون اليد تحت مستوى الكف أمام طلاب الفصل. اطلب من الطلاب التركيز على الحركة الأفقية والحركة الرأسية للكرة بأن تطلب منهم أولاً وصف الحركة كما يراها المراقب فوق مستوى الحركة وكما يراها أحد الطالبين اللذين يحركان الكرة. د م حركي

### الربط بالمعرفة السابقة

**علم الحركة** ستنطبق النماذج التي صمّمها الطلاب في الوحدات السابقة لتحليل حركة السرعة الثابتة وحركة التسارع الثابت على الحركة الأفقية والرأسية للمقذوفات.

## 2 التدريس

### مسار المقذوف

### وظف الشكل 1

وجّه انتباه الطلاب إلى أوجه الاختلاف بين أشكال المسارات في الشكلين. أكد على أن الاتجاه الابتدائي هو نفسه اتجاه القوة التي تطلق المقذوف، ولكن قوة الجاذبية تغير شكل المسار. اطلب من الطلاب ذكر أمثلة أخرى لنوعي الحركة.

### حرية الحركة في بُعدين

#### استخدم التجربة المصغرة

في نشاط كتلة المقذوف، يمكن أن يتحقق الطلاب من مدى تأثير الكتلة في حركة المقذوف.

#### استخدم التجربة المصغرة

في نشاط مسار المقذوف، سيحلل الطلاب الحركة الرأسية والأفقية للمقذوف.

#### عرض عملي سريع

**الفكرة الرئيسة**

**الزمن المقدّر** 5 دقائق

**المواد** كرتان زجاجيتان متطابقتان، طاولة

**الإجراء** لإظهار الطبيعة الحرة للحركات الأفقية والرأسية في آن واحد، أمسك كرة زجاجية واحدة بالقرب من حافة سطح الطاولة وضع كرة زجاجية متطابقة على حافة الطاولة. أسقط الكرة الزجاجية الأولى وادفع الكرة الزجاجية الثانية أفقيًا في الوقت نفسه. كرر التجربة بسرعات متجهة أفقية مختلفة للكرة الزجاجية الأولى. بالنسبة إلى كل التجارب، ينبغي أن يسمع الطلاب صوت الكرتين الزجاجيتين وهما ترتطمان بالأرضية ويروهما في الوقت نفسه.

#### تطوير المفاهيم

**حرية السرعات** أكد مرة أخرى على أن الحركة الأفقية للمقذوف ثابتة في عدم وجود مقاومة للهواء. تتغير السرعة الرأسية للمقذوف مع تسارع قوة الجاذبية للمقذوف.

#### التدريس المتمايز

**الطلاب دون المستوى** قدّم للطلاب نسخة من شكل مماثل **للشكل 2**. باستخدام مسطرة، اطلب من الطلاب أن يرسموا خطًا أفقيًا بين كل زوج من الأجسام يسير جنبًا إلى جنب. وباستخدام شكل مربع، اطلب من الطلاب أن يتحققوا من أن الخط مستقيم بالنسبة إلى الحافة اليسرى أو اليمنى للشكل. عزّز لدى الطلاب الفكرة بأن الموضع الرأسي للجسمين هو نفسه عند كل فترة زمنية، ومن ثم تسقط الأجسام بالسرعة نفسها بغض النظر عن مركبة الحركة الأفقية.

د م بصري-مكاني

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# المقذوفات التي أُطلقت أفقيًا

## توظيف مختبر الفيزياء

في نشاط إجراء التحقيق، يستخدم الطلاب الفيزياء لتحديد معايير إطلاق المقذوف.

## توظيف مختبر الفيزياء

في نشاط بلوغ الهدف، يمكن أن يجري الطلاب تحقيقًا لتحديد العوامل التي تؤثر في مسار المقذوف.

### النشاط

**السرعة الأفقية الثابتة** ضع زجاجة كبيرة يبلغ عرض فتحتها 5-cm على الأرض بحيث يمكن أن يمر الطلاب من فوقها. أعط كل طالب كرة يمكن أن تمر بسهولة من خلال فتحة الزجاجة. اطلب من الطلاب المرور على الزجاجة بسرعة ثابتة مع الإمساك بالكرة من جانبها وإسقاط الكرة داخل الزجاجة. بعد النشاط، اطلب من الطلاب تحديد النقطة التي ينبغي عندها إسقاط الكرة بحيث تدخل في الزجاجة. ينبغي أن يسقط الطلاب الكرة قبل أن تصبح فوق فتحة الزجاجة.

ض م حركي

## الإطلاق بزاوية

### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**نشاط تسارع القمة** اطلب من الطلاب إعداد رسم الجسم الحر لمقذوف في قمة مساره. قد يعتقد بعض الطلاب أن تسارع المقذوف في قمة مساره يساوي صفرًا ولا توجد قوة تؤثر في المقذوف في هذا الوقت. وضّح أن ثمة قوة واحدة تؤثر في المقذوف؛ وهي قوة الجاذبية. نظرًا لأن الجاذبية تؤثر لأسفل، يجب أن يكون للمقذوف دائمًا تسارع لأسفل حتى تؤثر قوة أخرى مضادة للجاذبية.

ض م بصري-مكاني

### التدريس المتمايز

**ضعاف البصر** لمساعدة الطلاب على الحصول على فكرة عن شكل المسار، اربط قطعًا من الخيط عند فواصل متساوية على طول عصا القياس. بحيث تمثل الفواصل فترات زمنية متساوية. ينبغي أن تكون أطوال الخيط بنسبة 1:4:9:16:25 وما إلى ذلك. تمثل أطوال قطع الخيط المسافات الرأسية المقطوعة. اربط صامولة صغيرة بطرف كل خيط. يستطيع الطلاب حينئذٍ أن "يدركوا" ماذا "يشبه" المسار. من خلال إمساك العصا من زوايا مختلفة. يستطيع الطلاب أن يحاكوا مسارات المقذوفات ذات زوايا الإطلاق المختلفة. ض م حركي

### مثال إضافي للحل داخل الفصل

يستخدم مع المثال 2.

**المسألة** يركل محمد كرة قدم ساكنة على أرض مستوية ويطلقها بسرعة متجهة ابتدائية بمقدار 7.8 m/s عند زاوية 32° فوق سطح الأرض. افترض أن القوى ضئيلة بسبب مقاومة الهواء للكرة.

**a.** ما المدة التي ستستغرقها الكرة في الهواء؟

**b.** ما الارتفاع الذي ستصل إليه الكرة؟

**c.** ماذا سيكون مداها؟

الحل

$v_{yi} = v_i \sin\theta = (7.8\ m/s) \sin 32°$

$v_{yi} = 4.1\ m/s$

$v_{xi} = v_i \cos\theta = (7.8\ m/s) \cos 32°$

$v_{xi} = 6.6\ m/s$

**a.** عند السقوط، $y = 0$

$0 = 0 + v_{yi}t - \frac{1}{2}gt^2$

$t = 2v_{yi}/g = 2(4.1\ m/s)/(9.8\ m/s^2) = 0.84\ s$

**b.** $y_{max} = v_{yi}\left(\frac{1}{2}t\right) - \frac{1}{2}g\left(\frac{1}{2}t\right)^2$

$= (4.1\ m/s)(0.42\ s) - \frac{1}{2}(9.8\ m/s^2)(0.42\ s)^2$

$= 0.86\ m$

**c.** $R = v_{xi}t = (6.6\ m/s)(0.84\ s) = 5.5\ m$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

### اثراء

**المقذوفات وعلم الحركة والمتجهات** اطلب من الطلاب إنشاء قوائم بالمفاهيم من الوحدات السابقة تلزم لتحليل حركة المقذوفات. ينبغي أن تتضمن هذه القوائم السرعة والتسارع والسقوط الحر وتحليل المتجهات وحرية المتجهات المتعامدة.

ض م لغوي

### التفكير الناقد

**حركة المقذوف** اشرح للطلاب أن ثلاثة أجسام متساوية الكتلة أُطلقت في خط مستقيم لأعلى بالسرعة الابتدائية نفسها. يوجد أحد الأجسام على القمر وآخر على سطح الأرض والأخير على الأرض ولكنه غاص عميقًا في بركة من المياه لدرجة أن المقذوف لم يخرج من المياه. اطلب من الطلاب مقارنة أشكال مسارات الأجسام ومقابلتها. سيكون لكل مسار مجموعة صغرية. المسارات مرتبة من الأعلى إلى الأدنى وهي القمر والأرض وتحت الماء. ض م

### نشاط التحدي في الفيزياء

**المسارات** اطلب من الطلاب مشاهدة فيديو لركلة البداية في مباراة كرة قدم. واطلب منهم استخدام برنامج تحليل الفيديو لقياس وقت ارتفاع الكرة التي رُكِلت ومسافتها. من خلال هذه القياسات، اطلب منهم حساب السرعات المتجهة الأفقية والرأسية الابتدائية والسرعة المتجهة الابتدائية (المقدار والزاوية) وأقصى ارتفاع. اطلب منهم اختيار رياضة أخرى تكون فيها حركة المقذوف واضحة مثل كرة الطائرة أو كرة السلة. ينبغي أن يحللوا حركة المقذوف ويقارنوا بين حركة الجسمين. ف م بصري-مكاني

### مسار مركز الثقل

اطلب من الطلاب تقدير مكان مركز الثقل للشاب الوارد في شكل مقدمة الوحدة. في مكان ما بالقرب من سرّته باستخدام ورقة استشفاف. صل هذه النقطة بين الصور المختلفة. ارسم محور الزمن (على اليسار) أسفل الورقة ومحور المسافة الرأسية على يمين الورقة. ماذا يشبه مسار مركز الثقل؟ القطع المكافئ.

## قوى من الهواء

### وظف الشكل 6

اطلب من الطلاب مقارنة مسارات الماء في الصورتين السفليتين بمسار الماء في الشكل العلوي. ذكّرهم بأن محصلة القوة التي تؤثر في الجسم هي التي تغير سرعته.

## 3 التقويم

### تقويم الفكرة الرئيسة

تخيل أنه يمكن تشغيل الجاذبية وإيقاف تشغيلها بضغطة زر. إذا أوقفت تشغيل الجاذبية في اللحظة التي يركل فيها اللاعب كرة القدم، فكيف سيتغير مسار كرة القدم؟ تعمل الجاذبية في الاتجاه الرأسي (لأسفل)، لذا ستتغير فقط المركبة الرأسية لمسار كرة القدم. ونتيجة لعدم وجود قوى (مقاومة الهواء مهملة) تؤثر في كرة القدم في الاتجاه الرأسي، فلن تسرع الكرة رأسيًا وبالتالي ستواصل الصعود باستمرار بسرعتها المتجهة الرأسية الابتدائية. ولم تؤثر الجاذبية في حركتها الأفقية، لذا ستتحرك كرة القدم أفقيًا بنفس سرعتها عند وجود جاذبية.

### التأكد من الفهم

**العرض التوضيحي للسرعة المتجهة والتسارع** اقذف كرة رأسيًا لأعلى واطرح الأسئلة التالية على الطلاب. ما التغيير الذي يطرأ على السرعة المتجهة كلما ارتفعت الكرة؟ تقل السرعة المتجهة عندما ترتفع الكرة لأعلى. كم تبلغ السرعة المتجهة للكرة عند أعلى نقطة لها؟ صفرًا ما التغيير الذي يطرأ على السرعة المتجهة عندما تسقط الكرة؟ تزيد السرعة المتجهة عندما تسقط الكرة لأسفل. كم يبلغ تسارع الكرة عندما ترتفع؟ تسارع السقوط الحر يساوي $9.8\ m/s^2$ لأسفل. كم يبلغ تسارع الكرة عند أعلى نقطة لها؟ $9.8\ m/s^2$ لأسفل كم يبلغ تسارع الكرة عندما تسقط؟ $9.8\ m/s^2$ لأسفل ض م

### إعادة التدريس

**حرية السرعات المتجهة** قدّم للطلاب المركبات الأفقية والرأسية للسرعة المتجهة الابتدائية للمقذوف. اطلب منهم أن يحسبوا مركبات السرعة المتجهة في أوقات أخرى أثناء ارتفاع المقذوف. أكّد على أن السرعة المتجهة الرأسية تتغير باستمرار بينما تظل السرعة المتجهة الأفقية ثابتة.

ض م منطقي-رياضي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# القسم 1 الإجابات

## التأكد من فهم النصوص والأشكال

**التأكد من فهم الشكل**

$-9.8\ m/s$

**التأكد من فهم النص.**

تُعد السرعات المتجهة الأفقية والرأسية للجسم المُسقَط حرة. لذا لا تعتمد السرعة المتجهة الرأسية على السرعة المتجهة الأفقية الابتدائية.

**التأكد من فهم الشكل**

$-9.8\ m/s^2$

**التأكد من فهم النص.**

إذا أهملنا مقاومة الهواء، فلن تعود هناك قوى تؤثر في الاتجاه الأفقي. ومن ثم لن يعود هناك تسارع في الاتجاه الأفقي وبالتالي تكون السرعة المتجهة الأفقية ثابتة.

**التأكد من فهم النص.**

في الجزء العلوي

## تطبيقات

1. a. 4.0 s
   b. $2.0\times10^{1}$ m
   c. $v_x = 5.0\ m/s,\ v_y = 39\ m/s$
2. 1.1 m/s
3. 0.60 cm
4. a. 2.8 s
   b. 9.3 m
   c. 65 m
5. الزمن المستغرق = 4.8 s. المسافة = 65 m. أقصى ارتفاع = 28 m
6. 32 m/s عند 82° فوق أفقي

## القسم 1 مراجعة

7. تظل الكرة الأسرع في الهواء لفترة زمنية أقل. ومن ثم تكتسب سرعة متجهة رأسية أقل.
8.

9. 27 m
10. 3.6 m
11. لا تتغير السرعة المتجهة الأفقية. يكون زمن الارتفاع أكبر على سطح القمر. يكون أقصى ارتفاع أكبر على سطح القمر. تكون المسافة الأفقية أطول على سطح القمر

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## 1 مقدمة

### نشاط تحفيزي

**قوة الجذب المركزي** ارسم دائرة كبيرة (يبلغ قطرها 50 cm على الأقل) على قطعة ورقية كبيرة. اطلب من الطلاب أن يلاحظوا ما يحدث بينما تطلب من متطوع أو أكثر محاولة جعل كرة تلف على طول محيط الدائرة فقط من خلال النقر الخفيف على الكرة. اطلب من الطلاب تحديد كل نقرة كقوة. واسألهم ما الذي لاحظوه في اتجاه كل قوة. ينبغي أن تتجه كل قوة نحو مركز الدائرة.

ض م بصري-مكاني

### الربط بالمعرفة السابقة

**الكميات المتجهة** ذكّر الطلاب أن السرعة المتجهة والتسارع كميتان متجهتان لأن كليهما له مقدار واتجاه.

## 2 التدريس

### وصف الحركة الدائرية

#### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**التسارع في الحركة الدائرية** قد يعتقد الطلاب أن الجسم في الحركة الدائرية لا يمكن تسريعه إلا إذا كانت سرعته متغيرة. اشرح أن كلمة تسارع تستخدم أحيانًا بهذه الطريقة في لغة الحياة اليومية، ولكن في العلوم يسرع الجسم أيضًا إذا تغير اتجاه حركته حتى وإن ظلت سرعته ثابتة.

### التسارع المركزي

#### وظف الشكل 9

اشرح للطلاب أن الرسم الموجود في الجزء السفلي من **الشكل 9** يستخدم تعريف $\Delta v = v_f - v_i$ عن طريق رسمه في شكل $v_f = v_i + \Delta v$. ض م

#### تطوير المفاهيم

**قوة الجذب المركزي** وضّح أنه إذا كان هناك تسارع مركزي، فيجب أن تكون محصلة القوة نصف قطرية من الداخل.

### توظيف مختبر الفيزياء

في نشاط قوة الجذب المركزي، يستطيع الطلاب التحقق من التسارع المركزي والحركة الدائرية.

#### عرض عملي سريع

**التسارع المركزي**

**الزمن المقدّر** 5 دقائق

**المواد** كرسي دوّار، مقياس التسارع

**الإجراء**

1. اطلب من طالب أن يجلس على كرسي يلف ببطء مع تثبيت مقياس التسارع على بُعد ذراعك.
2. اطلب من الطالب أن يثبت مقياس التسارع بشكل عرضي على المسار الدائري ولاحظ قراءة المقياس.
3. كرر الخطوة 2 مع تثبيت مقياس التسارع بشكل نصف قطري.
4. اطلب من الطلاب أن يقارنوا بين الحالتين.

سيوضح مقياس التسارع عدم وجود تسارع في الخطوة 2. بينما يتجه التسارع نحو المركز في الخطوة 3.

#### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**الكرة الرئيسة** قد يعتقد الطلاب أنه إذا تم التخلص من محصلة القوة التي تغذي التسارع المركزي من الجسم، فسيواصل الجسم حركته في مسار دائري. حرّك كرة مطاطية لتدور في شكل دوامة على طرف الخيط الموجود فوق رأسك ثم حرر الخيط. تتحرك الكرة في خط مستقيم عند مماس لمسارها الدائري الأصلي. اشرح أن الكرة تتحرك في دائرة لأن الخيط يوفر قوة جذب مركزي ليحدث التسارع المركزي. وبمجرد تحرير الخيط، تواصل الكرة الحركة في خط مستقيم بسبب وجود قوى أفقية تؤثر فيها.

#### الفيزياء في الحياة اليومية

**قوى g** يتعرض الطيارون الذين يقودون مقاتلة حربية وطائرة أيروباتش لضغط يُطلق عليه "القوة g"، وهو مقياس لزيادة واضحة في قوة الجاذبية كنتيجة للقوة التي يبذلها مقعد الطيار. في الدوران −4 أو 5g المحكم، يساوي وزن الجسم الظاهر للطيار 4 أو 5 أضعاف وزنه الطبيعي، وبالتالي فالطيارة التي تزن 900N ستبدو كأنها تزن 4500 N. وكلما كان الدوران أصعبًا، زادت القوة التي يبذلها المقعد، ومن ثم تزداد قوة g. عند قوة 9 g تقريبًا، تتوقف الرؤية ويبدأ الطيار في تجربة الرؤية النفقية. يجرب الطيار "مرحلة العرض بظل رمادي خفيف" بشكل مؤقتة ويظهر كل شيء في هذه المرحلة باللون الأبيض والأسود.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## مناقشة

**السؤال** ما أوجه الشبه بين متجهات السرعة المتجهة والتسارع في الحركة الدائرية؟ وما أوجه الاختلاف بينهما؟
**الإجابة** كلاهما لديه مقدار ثابت واتجاه متغير. يكون اتجاه السرعة المتجهة مماسًا للمدار، بينما يكون اتجاه التسارع نصف قطري من الداخل. ض م

## مثال إضافي للحل داخل الفصل

يستخدم مع المثال 3.

**المسألة** يخرج جاي في رحلة صيد ولديه الوقت المناسب ليقرر تغيير ثقل خيط السنارة على طرف قطعة من خيط السنارة. كانت كتلة الثقل تساوي 0.028 kg وبلغ طول خيط السنارة بين يده والثقل 0.75 m ويقوم الثقل بلفة واحدة في 1.2 s. فما مقدار القوة المبذولة بواسطة الخيط على الثقل؟
**الحل** 0.59 N

$$a_c = 4\pi^2 r/T^2$$

$$F_T = ma_c = 4\pi^2 mr/T^2$$

$$= 4\pi^2 (0.028\ \text{kg})(0.75\ \text{m})/(1.2\ \text{s})^2 = 0.58\ \text{N}$$

## التعزيز

نشاط محصلة القوة ألصق بعض الأنابيب في شكل نصف دائري على قطعة من الخشب أو ورقة من الكرتون المقوى السميك. لف الكرة الزجاجية حول الجزء الداخلي من القناة واجعل الطلاب يلاحظون أنه عندما تظهر الكرة الزجاجية من القناة، فإنها تتبع خطًا مستقيمًا مماسًا للقناة عند نقطة الخروج. ض م بصري-مكاني

# "قوة" الطرد المركزي

## نشاط التحدي في الفيزياء

**منحنيات الميل الجانبية** اطلب من الطلاب أن يجدوا مواصفات لمنحنى ميل جانبي على طريق سريع أو يقدروا قيمة المواصفات. وبداية من الزاوية والسرعة الحدية المقترحة للمنحنى، اطلب منهم تحديد الحد الأدنى لقيمة معامل الاحتكاك الثابت اللازم بين الطريق وإطارات السيارة لمنعها من الانزلاق. قد تميل المنحنيات جانبيًا عند زوايا تتراوح بين درجات متعددة للطرق العامة وعشرات الدرجات لحلبات السباق. افترض أنه إذا لم يكن الاحتكاك موجودًا، فستنزلق السيارة لأعلى الطريق (بعيدًا عن مركز الدوران). وفي هذه الحالة، يجب أن يؤثر الاحتكاك في الطريق المائل جانبيًا لمنع هذه الحركة. يوضح تطبيق القانون الثاني لنيوتن

$$F_{net} = ma_{centripetal}$$

$$F_{N_c} + F_{f_c} = m\frac{v^2}{r}$$

$$F_N \sin\theta + F_f \cos\theta = m\frac{v^2}{r}$$

$$mg\cos\theta\sin\theta + \mu mg\cos^2\theta = m\frac{v^2}{r}$$

$$\mu g\cos^2\theta = \frac{v^2}{r} - g\cos\theta\sin\theta$$

$$\mu = \frac{\frac{v^2}{r} - g\cos\theta\sin\theta}{g\cos^2\theta}$$

إدراج $\theta = 5.0°$. $v = 29\ \text{m/s}$ (65 mph). و $r = 100\ \text{m}$ توضح $\mu = 0.78$

ف م منطقي-رياضي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

### التفكير الناقد

**منحنيات الميل الجانبية** اسأل الطلاب عن سبب ميل المنحنيات على الطرق السريعة بشكل جانبي. ينتج الطريق المائل مركبة أفقية للقوة العمودية. ستكون هذه المركبة في الاتجاه نفسه مثل التسارع المركزي المطلوب، ومن ثم تسهم في تسريع السيارة لجعلها تدور حول المنحنى. ض م

### مناقشة

**السؤال** عندما تركب سيارة أثناء سيرها، لماذا تنزلق باتجاه الجزء الخارجي من المنحنى؟

**الحل** إذا كانت قوة الاحتكاك الثابت بينك وبين المقعد غير كافية، فإن القصور الذاتي لجسمك، في الوقت الذي تتحرك فيه السيارة لأسفل، سيجعل الجسم يواصل الحركة في خط مستقيم حتى يلامس باب السيارة. ض م

## 3 التقويم

### تقويم الفكرة الرئيسة

لماذا تميل الطائرات جانبًا لتدور؟ من خلال الميل الجانبي، تصبح مركبة قوة رفع الأجنحة أفقية وعمودية على السرعة المتجهة للطائرة. تتسبب هذه القوة في تسريع الطائرة مركزيًا (وهو ما يجعلها تدور).

### التأكد من الفهم

**الحركة الدائرية المنتظمة** اطلب من الطلاب أن يصفوا سرعة الجسم وسرعته المتجهة وتسارعه عندما يتحرك في حركة دائرية منتظمة. توصف سرعته بأنها ثابتة ولكن اتجاه السرعة المتجهة يتغير بشكل مستمر ليتبع مسارًا دائريًا. يكون مقدار التسارع ثابتًا، ولكن اتجاهه يتغير بحيث يتجه دائمًا نحو مركز الدائرة. ض م

### التوسع

**نشاط محطة الفضاء** اطلب من الطلاب أن يشاهدوا أحد المشاهد من فيلم 2001: أوديسا الفضاء الذي يُظهر دوران محطة الفضاء. وفقًا للمستشار العلمي للفيلم، كان من المفترض أن يساوي قطر المحطة 305m (1,000ft). ومن خلال الاستعانة بالفيديو، اطلب من الطلاب أن يقيسوا فترة دوران المحطة واحسب التسارع المركزي لفرد ما في المحطة. واطلب من الطلاب أن يقارنوا هذا التسارع المركزي بتسارع السقوط الحر على سطح الأرض.

لبلوغ تسارع السقوط الحر على سطح الأرض، يجب أن تكون فترة دوران المحطة

$$T = 2\pi\sqrt{r/g} = 2\pi\sqrt{(152.5\ \text{m})/(9.8\ \text{m/s}^2)} = 25\text{s}$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# القسم 2 الإجابات

## التأكد من فهم النصوص والأشكال

**التأكد من فهم الشكل**

متجهات السرعة المتجهة لها نفس الطول.

**التأكد من فهم الشكل**

التسارع الأفقي سيساوي صفرًا والسرعة المتجهة الأفقية ستظل ثابتة.

## تطبيقات

12. $3.1\ m/s^2$ الاحتكاك
13. 8.1 km
14. $1.2\times10^2\ N$
15. 0.24 N
16. $8.6\ m/s^2$ 0.88

## القسم 2 مراجعة

17. تسرع الكرة تجاه مركز الدائرة بسبب قوة الجذب المركزي.
18. تتجه القوة نحو مركز الحوض. تمارس الحوائط القوة على الملابس.
19. يوجد تسارع لأن اتجاه السرعة المتجهة متغير. يجب أن يكون هناك قوة محصلة تجاه مركز الدائرة. يعزز الطريق تلك القوة ويسمح الاحتكاك بين الطريق والإطارات ببذل القوة على الإطارات. يمارس المقعد القوة على السائق تجاه مركز الدائرة. ينبغي أن توضح الملاحظة أيضًا أن قوة الطرد المركزي ليست قوة حقيقية.
20.

    a. يمين
    b. يمين
    c. مقعد السيارة
21. $4.7\ m/s^2$
22. 0.32 N
23. $15\ m/s$ $.55\ m/s^2$
24. 61 N
25. تعزز جاذبية الأرض القوة التي تسرعك. وسيسجل المقياس وزنًا أقل إذا كنت في حالة حركة دائرية منتظمة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## 1 مقدمة

### نشاط تحفيزي

**الأرصفة المتحركة** ضع سيارة ذات سرعة ثابتة على لوح طويل على سطح طاولة وشغلها. اطلب من الطلاب أن يصفوا حالتين تساوي السرعة المتجهة للسيارة المتحركة فيهما صفرًا. (1) اسحب اللوح أثناء السير بالسرعة نفسها التي تسير بها السيارة ولكن في الاتجاه المعاكس (بحيث تساوي السرعة المتجهة للسيارة بالنسبة إلى سطح الطاولة صفرًا). (2) سر بالسرعة نفسها وفي الاتجاه نفسه مثل السيارة (بحيث تساوي السرعة المتجهة للسيارة بالنسبة إلى السائر صفرًا). ض م

### الربط بالمعرفة السابقة

**جمع المتجهات والسرعات المتجهة** يوسّع الطلاب فهمهم للسرعة المتجهة بحيث يشمل السرعة المتجهة النسبية. يطبق الطلاب جمع المتجهات على متجهات السرعة المتجهة.

## 2 التدريس

### الحركة النسبية في بُعد واحد

### تطوير المفاهيم

**الأطر المرجعية** اشرح أن $v_{a/b}$ هي السرعة المتجهة للجسم على النحو المقيس في الإطار المرجعي للملاحظ b. و$v_{b/c}$ هي حركة الإطار المرجعي للملاحظ b على النحو المقيس في الإطار المرجعي للملاحظ c. ومن ثم $v_{a/c}$ هي السرعة المتجهة للجسم على النحو المقيس في الإطار المرجعي للملاحظ c. لاحظ أنه عن طريق إلغاء القيم السفلية المتكررة، يتم تأكيد الترتيب الصحيح للجمع (مثل $v_{a/b} + v_{b/c} = v_{a/c}$).

### التعزيز

**جمع المتجهات** إن مجموع متجهين يؤثران في بُعد واحد يساوي مجموعهما الجبري وليس مجموعهما الحسابي.

U. يستطيع الطلاب أن يكتشفوا الحركة من وجهات نظر مختلفة.

### استخدام التشبيه

**صافي الحركة وصافي الأجر** وجّه انتباه الطلاب إلى المتجه الذي يوضح صافي حركتهم بالنسبة إلى الشارع الذي يوجد على يمين الرسم في **الشكل 14**. ولمساعدتهم على فهم هذا المتجه، استخدم التشبيه التالي: إذا كان أجرك بالساعة يساوي $12/h$ ويتعين عليك دفع $2/h$ مقابل انتظار سيارتك طوال ساعات عملك، فسيصبح صافي أجرك بالساعة هو $10/h$.

### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**نشاط مسار السرعة المتجهة النسبية** اطلب من الطلاب أن يرسموا الإزاحة بالنسبة إلى ماء الكرة الزجاجية التي تم تناولها في مثال المسألة 4. يكون المسار في خط مستقيم في اتجاه $v_{m/w}$. قد يرسم بعض الطلاب المسار كمنحنى. ساعد الطلاب على رسم نموذج للحركة النسبية باستخدام الاستراتيجية الواردة في الصفحة التالية في "استخدام النماذج".

ض م بصري-مكاني

### مثال إضافي للحل داخل الفصل

يستخدم مع المثال 4.

**المسألة** تضع لالي صينية غذائها على الحزام الناقل في الكافتيريا، الذي يتحرك غربًا بسرعة $0.150\ m/s$. وُجد على الصينية خنفساء تزحف شمالاً بسرعة $0.050\ m/s$. فكم تبلغ السرعة المتجهة للخنفساء بالنسبة إلى الأرض؟

**الحل** $0.16\ m/s$، $18°$ شمال غرب

$$v_{l/g} = v_{l/t} + v_{t/g}$$

$$v_{l/g}^2 = v_{l/t}^2 + v_{t/g}^2$$

$$v_{l/g} = \sqrt{v_{l/t}^2 + v_{t/g}^2}$$

$$= \sqrt{(0.150\ m/s)^2 + (0.050 m/s)^2}$$

$$= 0.16\ m/s$$

$$\theta = \tan^{-1}(v_{l/t}/v_{t/g})$$

$$= \tan^{-1}((0.050\ m/s)/(0.150\ m/s))$$

$$= 18°$$ شمال غرب

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## خلفية عن المحتوى

**التيارات النفاثة والسفر جوًا** تندفق التيارات النفاثة بسرعة، وعُثِرَ على تيارات هواء محصورة في الغلاف الجوي عند خط عرض حوالي 12 km. وفي نصف الكرة الشمالي، غالبًا ما توجد التيارات بين خطوط عرض 30° – 70° وبين خطوط عرض 20° – 50°. تختلف سرعات الرياح وفقًا لتدرج درجة الحرارة؛ حيث تتراوح بين 55 km/h في الصيف و120 km/h في الشتاء، وذلك على الرغم أنه من المعروف وجود سرعات تزيد عن 400 km/h. يُعد موقع التيار النفاث أحد المعطيات المهمة للغاية لخطوط الطيران. على سبيل المثال، في الولايات المتحدة يمكن أن يقل الوقت اللازم للطيران من الساحل الشرقي إلى الساحل الغربي أو يزيد بمقدار 30 دقيقة ويتوقف ذلك على ما إذا كانت الطائرة تطير مع التيار النفاث أم عكسه، على التوالي.

## استخدام النماذج

**الفكرة الرئيسة** لمحاكاة قارب يسير بسرعة متجهة ثابتة في نهر معين، استخدم سيارة لعبة بسرعة متجهة ثابتة وورقة طويلة. تمثل حركة السيارة $v_{b/w}$ ويمكن سحب الورقة عند سرعة ثابتة لمحاكاة حركة التيار، $v_{w/g}$. اطلب من الطلاب أن يلاحظوا أن السرعة المتجهة للقارب بالنسبة إلى الأرض ($v_{b/g}$) تكون في خط مستقيم.

## التأكد من الفهم

**معادلة السرعة المتجهة النسبية** راجع الصيغة العامة لمعادلة السرعة المتجهة النسبية. ثم اطلب من الطلاب أن يشرحوا لماذا يُعد من المهم أن تتضمن المعادلة سرعات متجهة لا سرعات عادية. قد لا تُستخدم السرعة إلا إذا كانت كل الأطر المرجعية والأجسام داخلها تتحرك في الاتجاه نفسه (على سبيل المثال، أفقيًا أو رأسيًا). وإذا تحركت إحدى هذه الصور في اتجاهات مختلفة، يتعين عليك أن تفكر في السرعة في الأبعاد المختلفة (على سبيل المثال، الأفقي والرأسي) لوصف الحركة. يُطلق على الكمية التي تتطلب كميتين قياسيتين لوصفها اسم المتجه. ض م

## إعادة التدريس

**السرعة المتجهة النسبية** اطلب من كل طالب أن يكتب مسألة السرعة المتجهة النسبية على ورقة ويكتب حلها في الجزء الخلفي من الورقة. (قد تحتاج إلى تحديد عدد الأبعاد). اطلب من الطلاب أن يتبادلوا الورق ويحلوا المسائل. وبعد ذلك، قد يعرض الطلاب حلولهم أمام الفصل، ويستطيع طلاب الفصل أن يحسموا الخلافات التي تتعلق بالحلول.

ض م بين الأشخاص

## 3 التقويم

### تقويم الفكرة الرئيسة

انظر **الشكل 2**. إذا كانت الكاميرا تتحرك بسرعة متجهة هي نفسها السرعة المتجهة الابتدائية للكرة الأرجوانية بالنسبة إلى الأرض، $v_{p/g,i}$، فكيف ستبدو الشكل؟ انظر الأطر المرجعية للأرض (g) والكاميرا (c). في g، تتحرك الكاميرا أفقيًا بسرعة متجهة هي نفسها السرعة المتجهة الابتدائية للكرة الأرجوانية (بمعنى أن $v_{p/g,i} = v_{c/g}$). ومن ثم لا توجد سرعة متجهة أفقية للكرة الأرجوانية في c ($v_{p/c,i} + v_{c/g} = v_{p/g,i} \Rightarrow v_{p/c,i} = 0$). لذلك ستسقط مباشرة في الجزء السفلي من الشكل. وفي c، ستكون السرعة المتجهة الابتدائية للكرة الحمراء عكس السرعة المتجهة الابتدائية للكرة الأرجوانية في g: $v_{r/c,i} + v_{c/g} = v_{r/g,i} \Rightarrow v_{r/c,i} = -v_{c/g} = -v_{p/g,i}$ (لاحظ أن $v_{r/g,i} = 0$). ومن ثم في c، تكون السرعة المتجهة الابتدائية للكرة الحمراء عكس السرعة المتجهة الابتدائية للكرة الأرجوانية في g. وبالتالي ستتبع الكرة الحمراء المسار المكافئ نفسه مثلما تفعل الكرة الأرجوانية في g. إلا أن ذلك سيحدث في اليسار بدلاً من اليمين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## التأكد من فهم النصوص والأشكال

**التأكد من فهم الشكل**

السرعة

**التحدي في الفيزياء**

$$x = \sqrt{\frac{2Trh}{ma_{grav}}}$$

نعم، تتغير المعادلة إذا كان أمير يسير بسرعة 0.50 m/s بالنسبة إلى الأرض. إذا تحرك الحجر في الاتجاه نفسه الذي يسير فيه أمير، فستكون السرعة المتجهة للحجر بالنسبة إلى الأرض أكبر. الأمر الذي يؤدي إلى قيمة أكبر لـ x.

**التأكد من فهم الشكل**

سيكون متجه الهواء في الاتجاه المعاكس وسيتغير وضع المتجه الناتج في كل من الطول والاتجاه.

**التأكد من فهم النص**

نعم

**التأكد من فهم النص**

حل متجهات السرعة المتجهة في مركباتها x- وy-. توضح كل مركبة السرعة في الاتجاه المقابل بالنسبة إلى الإطار المرجعي المحدد.

## تطبيقات

26. 6.0 m/s
27. 0.73 m/s
28. 2.0 m/s، في الاتجاه المقابل للقارب
29. a. 4.0 m/s
    b. 19° جنوب غرب
30. $1.7\times10^{2}$ km/h
31. a. 250.0 km/h
    b. 150.0 km/h

## القسم 3 مراجعة

32. 260 km/h غربًا
33. 5 m/s مع التيار، 0 m/s عكس التيار
34. 14 m/s، 69° شمال غرب
35. a. 8.0 m/s شرقًا
    b. $1.0\times10^{1}$ m/s
36. 3.8 m/s، 9.3° شمال شرق
37. $1.9\times10^{2}$ km/h، 64° جنوب شرق
38. $2.9\times10^{2}$ km/h، 81° شمال شرق
39. اختر مركبة سرعتك المتجهة على طول اتجاه النهر لتصبح مساوية للسرعة المتجهة للنهر وعكسها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

FRONTIERS IN PHYSICS

# الحاجة إلى السرعة

## سائق سيارة سباق

### الخلفية

لم يوزع ثقل سيارة السباق بالتساوي على جميع الإطارات الأربع في أحد المنعطفات. يستطيع سائق أن يتلاعب بتوزيع قوة الهبوط على الإطارات عن طريق كبحها أو تسريعها. تزيد الفرامل من قوة الهبوط على العجلات الأمامية للسيارة، والتي تزيد من معدل التحكم في التوجيه. وبطبيعة الحال، تقلل الفرامل أيضًا سرعة السيارة. يجب أن يحافظ السائقون على التوازن الاستراتيجي بين السرعة والتحكم خلال المنعطفات لتحقيق مركز تنافسي في السباق.

### استراتيجيات التدريس

- أخبر الطلاب أن القوى القصوى الفاعلة في سباق السيارات تؤثر أيضًا في جسم السائق داخل كابينة القيادة. يجب أن تكون رقاب سائقي سيارات السباق قوية وكذلك سيقانهم وأذرعهم ليحافظوا على التحكم في السيارات خلال التسارعات الكبيرة. يجب أيضًا أن يكون السائقون مستعدين للخروج بسرعة من السيارة في حالة اشتعال النيران داخلها عند وقوع حادث.
- اطلب من الطلاب أن يكتشفوا كيف غيرت ميزات السلامة المحسنة في طراز السيارة، التي أدخلت على ناسكار في عام 2007، من رياضة سباق السيارات وطبيعتها.
- شجّع الطلاب على اكتشاف كيف تختلف مضامير السباق ذات الميل الجانبي عن المضامير المسطحة وكيف تؤثر في القوى الفاعلة أثناء تشغيل سيارات السباق.

### لمزيد من التعمق <<<

**النتائج المتوقعة** ينبغي أن يختار الطلاب حدثين من أحداث سباق السيارات ويصفوا كيف تختلف طرز هياكل السيارات وكيف تختلف أشكال المضامير وكذلك الفرق في اللوائح. وبعد ذلك، ينبغي أن يشرح الطلاب كيف تؤثر هذه الاختلافات في السرعات التي تحققها السيارات والقوى التي تؤثر في حركتها.

على سبيل المثال، تقام سباقات الجر في مضامير مستقيمة لا توجد بها منعطفات، بينما تقام سباقات السيارات في مضامير بيضاوية حيث يكمن الجزء الأكبر من المهارة في التعامل مع القوى الفاعلة أثناء المنعطفات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## القسم 1

### إتقان المفاهيم

40. ليس صحيحًا. حيث تمثل الرمية أو الركلة أو القوة الأخرى قوة تلامس. وبمجرد عدم وجود تلامس، لن توجد قوة.

41. a. E

b. تكون السرعة المتجهة الأفقية هي نفسها في كل النقاط.

c. B و $C_3$

d. يكون التسارع هو نفسه في كل مكان.

42. بعد إطلاق كلا الجسمين، تصبح القوة الوحيدة التي تؤثر فيهما هي الجاذبية. يبدأ كلا الجسمين على الفور في التسارع لأسفل. ويمتلك الجسم الذي تم إطلاقه لأعلى عند زاوية ما سرعة متجهة ابتدائية لأعلى. مما يتسبب في تحركه لأعلى ثم انحنائه لأسفل. وعلى الفور، ينحني الجسم الذي تم إطلاقه أفقيًا لأسفل.

43. ستتنوع الإجابات. ولكن الصيغة الصحيحة للإجابة هي: "تُقذف كرة البيسبول أفقيًا عند سرعة ابتدائية قدرها 1.5 m/s. كم تبلغ المسافة التي تتحركها الكرة أفقيًا قبل أن تصطدم بالأرض بمسافة 8 m لأسفل؟"

44. ستكون الطائرة فوق الصندوق مباشرة عندما يصطدم الصندوق بالأرض. وتكون سرعتهما المتجهة الأفقية هي نفسها. ووصولاً إلى مراقب ما على الأرض، سيبدو الصندوق أنه يتحرك أفقيًا بينما يسقط رأسيًا.

### إتقان حل المسائل

45. 29 m

46. 3.2 m

47. a. 0.50 s

b. 0.80 m/s

48. 33 m, 7.3 m

49. a. 31 m

b. $2.1\times10^2$ m

50. 31 m/s عند 45°

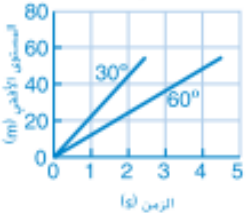
51. a. 14 s

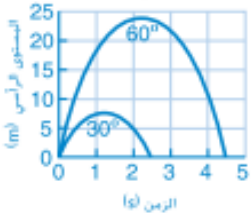
b. $5.0\times10^2$ m

52. 6.5 m/s

53. 12 m/s

54.




## القسم 2

### إتقان المفاهيم

55. a. لا. حيث إن الدوران حول المنحنى يغير اتجاه السرعة المتجهة. ومن ثم لا يمكن أن يساوي التسارع صفرًا.

b. لا. قد يكون مقدار التسارع ثابتًا ولكن اتجاهه سيتغير.

56. تتناسب محصلة القوة طرديًا مع مربع سرعة الجسم المتحرك.

57. a. تسير القوة على طول الخيط تجاه مركز الدائرة التي يتبعها اليويو.

b. يبذل الخيط القوة.

c. إذا حُرر الخيط، فلن تتغير السرعة المتجهة لليويو. وفقًا لقانون نيوتن الأول للحركة، سيتحرك الخيط بحيث يكون مماسًا للدائرة في الاتجاه الذي تحرك فيه.
وستوجد قوة جاذبية عليه، ووفقًا لقانون نيوتن الثاني للحركة، سيكون له تسارع لأسفل أيضًا. وسيعمل كالمقذوف الذي أُطلق أفقيًا.

### إتقان حل المسائل

58. a. 9.65 m/s²

b. $5.94\times10^3$ N

59. A < C < B = D < E

60. 71 m/s²; $5.0\times10^2$ N

61. a. $2.64\times10^7$ m/s²

b. $2.6\times10^4$ N

62. 13 m/s

63. $1.5\times10^3$ m

## القسم 3

### إتقان المفاهيم

64. يمكن إيجاد مقدار السرعة المتجهة النسبية لتلك السيارة بالنسبة إلى سيارتك عن طريق جمع مقادير السرعات المتجهة للسيارتين معًا. ولأنه من المحتمل أن تتحرك كل سيارة بسرعة قريبة من السرعة المحددة، فستكون السرعة المتجهة النسبية الناتجة أكبر من السرعة المحددة.

### إتقان حل المسائل

65. فاز علي.

66. a. 5.0 m/s، 53° من الشاطئ

b. 3.0 m/s, 4.0 m/s

67. $1.6\times10^2$ km/h، 18° غرب الجنوب



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

**68.** ستتنوع الإجابات. ولكن الصيغة المحتملة للإجابة الصحيحة هي: "يرغب في الوصول إلى معسكر معين على الضفة الشرقية التي تبعد 75 m في اتجاه مجرى النهر. وإذا جدف بسرعة 5 m/s، فما الزاوية التي ينبغي أن يوجه القارب نحوها لتتجه إلى المعسكر مباشرة؟"

## تطبيق المفاهيم

**69.** تُعد الحركة الأفقية منتظمة لأنه لا توجد قوى تؤثر في ذلك الاتجاه (تجاهل معامل الاحتكاك). وفي الناحية الرأسية، سيكون هناك تسارع نتيجة لقوة الجاذبية. لم تطبق معادلات حركة المقذوف الواردة في هذا الكتاب عندما يؤخذ معامل الاحتكاك في الاعتبار. ستتأثر حركة المقذوف في كلا الاتجاهين عندما تؤخذ مقاومة الهواء في الاعتبار حيث تُعد مقاومة الهواء هي قوة الاحتكاك.

**70.** 20 m/s لأسفل

**71.** بسبب التسارع الناجم عن الجاذبية، تسقط كرة البيسبول على مسافة أكبر خلال $\frac{1}{4}$ s الثانية مقارنة بالمسافة خلال $\frac{1}{4}$ s الأولى.

**72. a.** لا يتغير الوقت.

**b.** تنتج السرعة الأفقية الأعلى مسافة أفقية أطول.

**73.** نعم

**74.** 6.0 s

**75.** كل من سرعة المادة المطلقة وزاويتها. لذا يُحدث الارتفاع فرقًا. يتحقق أقصى مدى عندما تمتلك السرعة المتجهة الناتجة مركبات رأسية وأفقية متساوية، بمعنى آخر، تمتلك زاوية إطلاق بمقدار 45°. ولهذا السبب، يؤثر الارتفاع والسرعة في المدى.

**76.** تكون السرعة النسبية للسيارتين اللتين تسيران في الاتجاه نفسه أقل من السرعة النسبية للسيارتين اللتين تسيران في الاتجاه المقابل. كما أن المرور بالسرعة النسبية الأقل سيستغرق وقتًا أطول.

**77. a.** في يدك

**b.** ستسقط الكرة بجانبك، تجاه الجزء الخارجي من المنحنى.

**78.** تتضاعف قوة الشد المطبقة على الحبل، حيث إن $F_T = ma_c$.

**79.** انظر دليل الحلول عبر الإنترنت للاطلاع على رسم الجسم الحر. يتجه التسارع نحو مركز المضمار.

**a.** تعمل مركبة القوة العمودية نحو مركز المنحنى وتعتمد على سرعة السيارة، وتعمل مركبة قوة الاحتكاك نحو المركز وتسهم كلتا المركبتين في محصلة القوة في اتجاه التسارع.

**b.** نعم

## مراجعة عامة

**80. a.** 464 m/s

**b.** 3.3 N

**c.** $9.5\times10^{2}$ N

**d.** $9.5\times10^{2}$ N

**81.** 1157 m/s

**82.** −1.50 km/s

**83.** 24 N

**84.** $3.0\times10^{2}$m

**85.** 35°, 49°

**86. a.** 15 N

**b.** 0.69 m/s

**87.** 53 m أو $4.0\times10^{1}$ m

**88.** 8.5 m/s

## التفكير الناقد

**89.** تغير قوة الجاذبية الرأسية سرعة السيارات، ولذلك لا تصبح الحركة حركة دائرية منتظمة.

**90. a.** نعم، تبعد الكرة عن الحائط مسافة 2.1 m.

**b.** 41 m/s

**c.** من 25° إلى 73°

**91.** $3.0\times10^{8}$ m/s, $\frac{4}{5}c$

**92.** ليست حركة دائرية منتظمة. تزيد الجاذبية سرعة الكرة عندما تتحرك لأسفل وتقلل السرعة عندما تتحرك لأعلى. وبالتالي، سيكون التسارع المركزي اللازم لاستمرار حركة الكرة في دائرة أكبر في الجزء السفلي من الدائرة وأصغر في الجزء العلوي منها. في الجزء العلوي من الكرة، تكون قوة الشد والجاذبية في الاتجاه نفسه، ولهذا ستكون قوة الشد اللازمة أصغر أيضًا. وفي الجزء السفلي من الكرة، ستكون الجاذبية نحو الخارج وستكون قوة الشد نحو الداخل. ومن ثم يجب أن تكون قوة الشد التي يبذلها الحبل أكبر أيضًا.

## الكتابة في الفيزياء

**93.** ستتنوع الإجابات. ينبغي أن يشرح الطلاب أن الشكل الشراعي يقلل التسارع المركزي الذي يمر به راكبو الدراجات، الأمر الذي يجعل الركوب أمنًا.

**94.** ستتنوع الإجابات. قد يشرح الطلاب أن ركوب البندول يؤرجح الراكبين في حركة قوسية الشكل، حيث يعمل التسارع المركزي عكس تسارع الجاذبية في الجزء العلوي من القوس. ويكون راكبو الحامل الدائري في حركة دائرية بسرعة ثابتة، ونتيجة لتغير اتجاههم، فإنهم يمرون بتسارع مركزي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

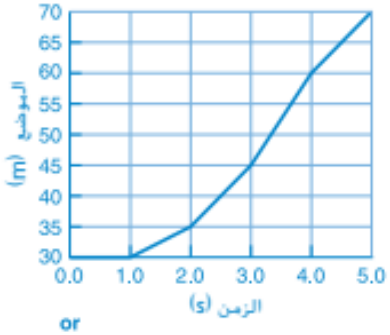
# الإجابات



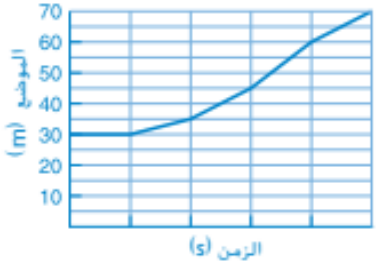
## مراجعة تراكمية

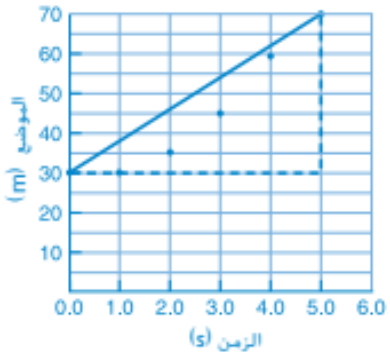
95. a. $2\times10^{16}\ m^2$
b. $1.4\times10^{-7}\ km^2$
c. $2.8\ kg/m^3$
d. $1.7\times10^{-3}\ m/s$

96. 8 m/s




or




97. a. 5.9 N
b. 3.4 N

## تدريب على الاختبار المعياري

### اختيار من متعدد

1. C
2. B
3. B
4. C
5. B
6. B
7. D

### إجابات مفتوحة

8. 82 m. لذا تسقط الكرة خارج الحلقة. يجب أن يضبطوا المدفع لإطلاق النار إلى أسفل قليلاً.
9. 59 N

### سلم التقدير

يُعد سلم التقدير التالي أداة لتسجيل عينات الأسئلة التي تعتمد على الإجابات الحرة.

| النقاط | الوصف |
|---|---|
| 4 | يُظهر الطالب فهمًا تامًا لدروس الفيزياء المتضمنة. وقد تتضمن إجابته أخطاءً بسيطة لا تقلل من إظهار فهمه التام. |
| 3 | يُظهر الطالب فهمًا لدروس الفيزياء المتضمنة. وتكون إجابته صحيحة في الأساس وتوضح أن فهمه غير تام ولكنه استوعب دروس الفيزياء بشكل أساسي. |
| 2 | يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا فقط لدروس الفيزياء المتضمنة. وعلى الرغم من أنه قد استخدم نهجًا صحيحًا للحل أو قدَّم حلاً صحيحًا، إلا أن إجابته تفتقر إلى فهم أساسي للمفاهيم الفيزيائية الأساسية. |
| 1 | يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا لدروس الفيزياء المتضمنة. وتكون إجابته غير كاملة وبها أخطاء كثيرة. |
| 0 | يقدم الطالب إجابة غير صحيحة تمامًا أو لا يجيب على الإطلاق. |

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الوحدة 2

# الجاذبية

## نبذة عن الصورة

أين التقط الشكل؟ من محطة الفضاء الدولية (ISS). صف شكل الحياة على محطة الفضاء الدولية. قد يذكر الطلاب طفو روّاد الفضاء والأجسام الأخرى بالإضافة إلى "انعدام الجاذبية" في الفضاء. ما الذي يحول دون اصطدام محطة الفضاء الدولية بالأرض؟ تقطع محطة الفضاء الدولية مسافة 17,500 mph تقريبًا بينما تسحبها قوة الجاذبية الأرضية إلى الأسفل. فتكون المحصلة النهائية أن مسار محطة الفضاء الدولية يتبع منحنى سطح الأرض. احسب الزمن الدوري المداري لمحطة الفضاء الدولية. 90 دقيقة تقريبًا

## نظرة عامة على الوحدة

تعرض هذه الوحدة القوانين التي تحكم حركة الكواكب من منظور تاريخي. كما تتضمن مناقشة قوانين كبلر وتفسيرها من خلال قانون نيوتن في الجذب الكوني. بالإضافة إلى مناقشة الوزن وحالة انعدام الوزن في المدار. كما تعرض الوحدة مفهوم مجالات الجاذبية ونظرية النسبية العامة لأينشتين.

قبل أن يبدأ الطلاب دراسة المواد الواردة في هذه الوحدة، يجب عليهم أن يدرسوا ما يلي:

- الحركة المتسارعة في بعد واحد
- إضافة المتجهات في بعدين
- الحركة الدائرية
- الكتلة والوزن
- حركة المقذوفات
- الكميات المتجهة مقابل الكميات القياسية

لحل المسائل الواردة في هذه الوحدة، يجب أين يكون الطلاب ملمّين بما يلي:

- تمثيل البيانات بيانيًا
- الترميز العلمي
- الأرقام المعنوية
- الميل
- حل المعادلات الخطية
- حل المعادلات التربيعية

## تقديم الفكرة الرئيسة

ما الخصائص المشتركة بين الإلكترون وكوكب المشتري والمبنى وكوكب الأرض والإنسان والسيارة؟ الكتلة ومجالات الجاذبية هل الجاذبية قوة تجاذب أم تنافر؟ تجاذب تمارس الأجسام ذات الكتل قوى التجاذب على غيرها من الأجسام.

## استخدام التجربة الاستهلالية

في نموذج حركة عطارد، يمكن للطلاب رسم مدار عطارد استنادًا إلى البيانات وتحديد ما إذا كان المنحنى المرسوم عبارة عن دائرة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From: Gravitation, Chapter 7, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

## 1 التقديم

### نشاط تحفيزي

**مقياس** أمسك كرة بولينج بيدك وأخبر الطلاب بأنها تمثل الشمس. ثم اطلب منهم أن يجدوا جسمًا يمثل حجم الأرض باستخدام المقياس نفسه. يمكنك الاستعانة بالجدول 1 الوارد في صفحة 173. المقياس هو 1:109. لذا سيكون قطر الأرض 2 mm تقريبًا. أحضر أجسامًا مثل: كرة تنس وثمرة بلوط وحبة بندق وحبة فول سوداني وحبات من الفلفل ورؤوس دبابيس. وضح للطلاب أنهم في الأنشطة القادمة سيستعملون الكرة وحبات الفلفل لبناء نموذج للنظام الشمسي. ض م بصري – مكاني

### الربط بالمعرفة السابقة

**الجاذبية** سيطبق الطلاب قانون الحركة الثاني لنيوتن على قوة جديدة وهي قوة الجاذبية التي تسبب ظهور التسارع المركزي لقمر صناعي يتحرك في مداره.

## 2 التدريس

### الملاحظات الأولى وقوانين كبلر

### تطوير المفاهيم

**الفكرة الرئيسة** قسّم الطلاب إلى مجموعات يتكون كل منها من أربعة طلاب وأعطِ كل مجموعة العديد من الأجسام في شكل أزواج ومسطرة مترية. يمكن أن تتضمن أزواج الأجسام كرة قدم – ثمرة بلوط، وكرة تنس – كرة تنس، وبطاطس – سدادة فلين، ومشبك ورق – كرة بولينج، وكتابًا – علبة مشروبات غازية، وزوجًا من العملات المعدنية وما إلى ذلك. ثم اطلب من الطلاب الفصل بين كل زوج والآخر بمسافة قدرها 1 m. بعد ذلك، اطلب من الطلاب ترتيب الأزواج حسب قوة الجاذبية بين كل زوج من الأكبر إلى الأصغر. أحضر ميزانًا ثلاثي الأذرع ليستخدمه الطلاب إذا احتاجوا إلى قياس الكتل. تحقق من الترتيب في كل مجموعة. اسأل الطلاب ما إذا كان الترتيب سيتغير عند خفض قيمة المسافات إلى النصف. لا. ماذا يحدث في القوة الموجودة بين الأجسام عندما تكون أقرب؟ تزيد.

### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**الشمس مركز النظام الشمسي** قد يظن الطلاب أن فكرة الشمس مركز النظام الشمسي كانت موجودة في عصر كوبرنيوس أو جاليليو أو نيوتن. في الواقع، لم يُقبل البرهان المبني على الملاحظات حتى ثلاثينيات القرن التاسع عشر. وقُبل نظام كوبرنيكوس لأنه كان أسهل من النظام الذي يعتبر الأرض مركزًا للنظام. كما أن قوانين نيوتن استطاعت أن تصف حركة الكواكب في نظام كوبرنيكوس. لكنها لم تستطع أن تصف مدارات الكواكب حول الأرض بالتفصيل في النموذج الذي يعتبر الأرض مركزًا للنظام.

### توظيف مختبر الفيزياء

في نمذجة المدارات، يحدد الطلاب شكل مدارات الكواكب والأقمار الصناعية في النظام الشمسي.

### تطوير المفاهيم

**بناء نموذج لحركة الكواكب** تعرف على معلومات الطلاب عن الأرض والشمس والنظام الشمسي. ابدأ بالتعرف على ملاحظاتهم بشأن حركة الشمس حول الأرض مثلًا أو تفاصيل حركة الشمس في السماء وحركة النجوم في الليل وعلى مدار العام. اطلب من الطلاب بناء نموذج يشرح هذه الملاحظات. إذا اختار الطلاب بناء نموذج تكون الشمس في مركزه، فاسألهم عن الملاحظات التي تؤيد اختيارهم لهذا الموقع.

ض م بصري – مكاني

### نشاط مشروع الفيزياء

**المدارات مختلفة المركز** اطلب من الطلاب البحث في النماذج التاريخية المتعددة للنظام الشمسي لشرح كيف يمكن أن يكون قد تأثر بها كبلر. اسألهم عن سبب أهمية فهم أن مدارات الكواكب إهليلجية الشكل. في الواقع، حتى كوبرنيكوس أجرى عمله بافتراض أن الكواكب تتحرك في مدارات دائرية. اطلب من الطلاب العمل معًا لتصوير وشرح المدارات مختلفة المركز لبعض الكواكب بالإضافة إلى بلوتو الذي أصبح يُصنف على أنه كوكب قزم. اسألهم ما إذا كان بلوتو أبعد دائمًا عن الشمس من نبتون. لا، في الواقع بسبب مداراتهما مختلفة المركز وأماكن وجودهما – إذا كانا في الأوج أو الحضيض الشمسي – يمكن أحيانًا لبلوتو أن يكون أقرب إلى الشمس من نبتون. ض م بصري – مكاني

### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**المدارات الإهليلجية** ارسم على السبورة دائرة قطرها 1 m ثم ضع الشمس على بعد 1 cm من مركز الدائرة. الفرق بين مركزي المدار الدائري والمدار الإهليلجي يساوي 0.07 mm. اسأل الطلاب عن موقع الأرض بالنسبة إلى الشمس خلال فصل الشتاء في نصفها الشمالي. تكون الأرض في أقرب موقع لها من الشمس في شهر يناير. وضّح للطلاب أن الفصول الأربعة على الأرض ليست ناتجة عن موقع الأرض بالنسبة إلى الشمس، ولكن بسبب زاوية محور الأرض. فعند ميل نصف الكرة الشمالي بعيدًا عن الشمس، لا تسقط أشعة الشمس عمودية عليه، ولا سيما عند الارتفاعات الشاهقة، ومن ثَمَّ تكون تلك المناطق باردة. ض م



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## التوسّع

**اختلاف الموقع النجمي** تتغير مواقع النجوم القريبة إلى الأرض مع تغير موقع الأرض حول الشمس. اطلب من الطلاب استكمال هذا النشاط لنمذجة اختلاف الموقع النجمي. ستحتاج إلى كوبي قهوة سعة كل منهما 2 lb وبهما غطاءان شفافان من البلاستيك ومصباحين كهربائيين (ضع واحدًا في منتصف غرفة الصف والآخر في الجهة الأخرى) وشريط لاصق. اصنع ثقبًا صغيرًا في منتصف قاع كوبَي القهوة. اربط الكوبين معًا بحيث يكونان متجاورين. سيمثل الكوبان تلسكوبين، حيث يمثل أحدهما موقع الأرض في شهر يناير ويمثل الآخر موقعها في شهر يوليو. كما يمثل أحد المصباحين نجمًا قريبًا ويمثل الآخر نجمًا بعيدًا. ضع الكوبين في أحد جوانب غرفة الصف بحيث يكون القاع في اتجاه النجمين (المصباحين). عتّم الغرفة ولاحظ الموقع النسبي لصور النجمين (المصباحين) على غطاء كل كوب. سيظهر موقع المصباح القريب على الغطاءين مزاحًا قليلًا عند مقارنته بموقع المصباح البعيد. وهذا ما يراه الفلكيون ولكن على نحوٍ مضخم.

ض م حركي

## الفيزياء في الحياة اليومية

**الفلك في الحضارات القديمة** كان علم الفلك يشكل جزءًا رئيسًا في العديد من الحضارات والأديان. حيث كانت معرفة طول السنة أمرًا ضروريًا للحضارات التي تعتمد على الزراعة، حيث كان لشعوب أمريكا الوسطى ملاحظات دقيقة لكوكب الزهرة، وبَنى الأسطرلاب في بغداد في القرن الثامن، وهو آلة من القرون الوسطى لقياس مواقع الكواكب والنجوم. وقد شاهد سكان الصين انفجار سديم السرطان في عام 1054. وهذا الحدث لم يسجَّل في الغرب.

## الفيزياء في الحياة اليومية

**التلسكوبات** أجرى كل من براهي وكبلر عملهما دون تلسكوب. وكان جاليليو يستخدم تلسكوبًا بسيطًا عندما اكتشف أقمار المشتري وحلقات زحل وأطوار الزهرة. ومن المؤكد أن هذه الاكتشافات قد ساعدت على تأييد نموذج النظام الشمسي الذي مركزه الأرض. اسأل الطلاب ما الذي تتميز به التلسكوبات عن العين المجردة. شارك مع نادي فضاء محلي في إقامة حفل لمراقبة النجوم. اطلب من الطلاب تلخيص ما شاهدوه وتوضيح كيف ساعدهم التلسكوب على تحقيق ذلك. يستطيع التلسكوب أن يجمع من الضوء أكثر مما تستطيع العين المجردة جمعه، مما يجعل الأجسام ذات الإضاءة الخافتة أكثر وضوحا. د م

### مثال إضافي للحل في الصف

**مسألة** أوروبا هو أحد أقمار كوكب المشتري وزمنه الدوري 3.55 أيام. فكم وحدة تبلغ مسافة نصف قطره؟

**الإجابة**

$$r_E^3 = (4.2 \text{ وحدات})^3 \left(\frac{3.55 \text{ أيام}}{1.8 \text{ يومًا}}\right)^2 = 288 \text{ وحدة}^3$$

$$r_E = 6.6 \text{ وحدات}$$

## اثراء

**قوانين كبلر** قارن بين مدارين للقمر "لو" والقمر "كاستيلو" كما في مثال المسألة. بعد ذلك، اسأل الطلاب: كيف طبَّق جاليليو القانون الثالث لكبلر؟ عامل جاليليو المشتري كالشمس، والأقمار كما لو كانت كواكب تدورحوله. ض م

### التدريس المتمايز

**الطلاب دون المستوى** راجع مع الطلاب موضوع الحركة الدائرية، باستخدام رسومات الحركة لتوضيح كيف يتناسب التسارع مع تغير السرعة المتجهة (مقدارها أو اتجاهها أو كليهما). وارسم مدارًا دائريًا ووضح أن قوة الجاذبية (التي سنفترض منطقيًا أنها القوة المحصلة في الكوكب) والتسارع يكونان في اتجاه مركز الدائرة. ارسم بعد ذلك مدارًا إهليلجيًا بانحراف كبير نسبيًا (انحراف عن شكل الدائرة، وهو شكل إهليلجي من دون انحراف) بحيث تكون الشمس في إحدى بؤرتيه. وارسم خطوطًا من الشمس إلى نقاط محددة على الشكل الإهليلجي، مع ملاحظة أن قوة الجاذبية المؤثرة في الكوكب وكذلك تسارعه، عند أي نقطة معلومة في المدار، يكونان على امتداد هذا الخط ويتجهان نحو الشمس. ويكون تسارع الكوكب عموديًا على اتجاه سرعته المتجهة المدارية عند أقرب نقطة وأبعد نقطة عليه (ولذلك يتغير اتجاه الكوكب ولكن لا تتغير سرعته). أما عند النقاط الأخرى الموجودة على المدار، فلا يكون تسارع الكوكب عموديًا على سرعته المتجهة المدارية بسبب وجود مكوّن تسارع موازٍ للسرعة المتجهة للكوكب (ومن ثَمَّ تزيد سرعة الكوكب أو تقل).

د م بصري - مكاني

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## قانون نيوتن للجذب العام

### التفكير الناقد

**تناسب التربيع العكسي** يتضمن قانون نيوتن في الجاذبية أمثلة على التناسب الطردي وتناسب التربيع العكسي. وضّح للطلاب باستخدام الأرقام كيف تتغير القوة المحسوبة بواسطة قانون الجذب العام. عندما تأخذ الكتلة الأولى مع نصف الكتلة الثانية أو ضعفها أو ثلاثة أضعافها. ثم أعد الحسابات لعدد من التغيرات في المسافة. عندما نأخذ نصف إحدى الكتلتين تقل القوة إلى النصف، وعند مضاعفة الكتلة تتضاعف القوة، وعندما تتضاعف الكتلة إلى ثلاثة أمثالها تتضاعف القوة ثلاثة أمثالها أيضًا، وهكذا. أما عندما تقل المسافة بين الجسمين إلى النصف فإن القوة تتضاعف إلى أربعة أمثال قيمتها، في حين تقلل مضاعفة المسافة القوة إلى الربع، وتقلل مضاعفة المسافة لثلاثة أمثالها القوة إلى التسع. ض م

### عرض عملي سريع

### قانون نيوتن للجذب العام

**الزمن المقدَّر** 5 دقائق

**المواد** كرتا جولف

**الإجراءات** أمسك كرة جولف في كل يد، بحيث تكون الكرة الأولى على ارتفاع 1 m والثانية على ارتفاع 2 m تقريبًا من الأرضية. ثم اطلب من الطلاب تأمل معادلة قانون الجذب العام $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ والمقارنة بين القوتين المؤثرتين في الكرتين. القوتان متساويتان تقريبًا لأن r تُقاس بحساب البعد عن مركز الأرض.

### تطوير المفاهيم

**قانون نيوتن للجذب العام** لم يكن واضحًا من خلال قانون الجذب العام أنه يمكن تفسير تأثير قوة جذب جسم كبير كالأرض في تفاحة. فقد استغرق نيوتن 20 عامًا في تطوير حساب التفاضل والتكامل لإثبات فكرته. ارسم مخططًا للأرض وتفاحة. اسأل الطلاب ماذا سيحدث إذا جزأنا الأرض إلى مجموعة من الصخور؟ ارسم أسهمًا تمثل القوى بين هذه الصخور والتفاحة، ووضح كيف يمثل التناظر متوسط القوى من جهتي اليسار واليمين. فمن خلال رسم أشكال مخروطية صغيرة لها زوايا مختلفة نلاحظ أن كمية الصخور البعيدة عن التفاحة أكبر من كمية الصخور القريبة منها، وهذا من شأنه أن يعوض عن قوة أضعف بين التفاحة وأجزاء الأرض البعيدة عنها. ض م بصري - مكاني

### مثال إضافي للحل في الصف

**مسألة** اصنع شفافة مشابهة للرسم التوضيحي من كتاب الأطفال الأمير الصغير (يقف الأمير على كويكبه الخاص). اطلب من الطلاب تقدير قيمة g على السطح. نصف قطر الكويكب يساوي 1.5 m وكثافته تساوي كثافة كويكب فيستا نفسها، $3.3\times10^3\ kg/m^3$. فماذا سيحدث إذا قفز الأمير إلى أعلى؟

$10^3\ kg/m^3)(14\ m^3) = 4.6\times10^4$

$$\frac{F}{m} = \frac{Gm}{r^2} = \frac{(6.67\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2)(4.6\times10^4 kg)}{1.5\ m^2}$$

$$= 1.4\times10^{-6}\ m/s^2$$

سيقفز عاليًا جدًا. ض م

### استخدم الشكل 8

**ميزان كافندش** اعرض صورًا لموازين اللّي وموازين كافندش المحوسبة لحساب الجاذبية. حيث تعمل قوة الجاذبية التي تؤثر بها الكرات الكبيرة في الكرات الصغيرة على التواء السلك. ويمكن قياس مقدار اللّي بملاحظة انحراف شعاع الضوء، حيث يولد السلك عزمًا يتناسب مع مقدار انحراف الشعاع. ويمكن حساب ثابت التناسب من خلال قياس الزمن الدوري لاهتزازه، ثم تُقاس زاوية الاتزان وبعدها يمكن حساب قوة الجاذبية. ض م

### تطوير المفاهيم

قيمة الثابت G مشتقة من قانون نيوتن في الجذب العام. حيث إن ثابت الجاذبية (G) هو الرقم المستخدم في حساب قوة الجاذبية. كانت القيمة المقبولة للثابت G في ثمانينيات القرن الماضي هي $6.67260\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2$. مع نسبة خطأ مرتفعة تساوي 0.01%. أما القيمة المقبولة حديثًا فهي $G = 6.67390\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2$. ونسبة الخطأ فيها تساوي 0.0014%. وما زال العلماء يبحثون في طبيعة الجاذبية. فمثلًا الجاذبية في الفضاء ليست قوة مباشرة. وبدلًا من أن يحسب العلماء قيمة G، فإنهم يقيسون الضغط المتولد من الفضاء على المادة/ الطاقة المكافئة لها. ولحساب الجاذبية بدقة أكبر، أصبح العلماء يضربون التواء الفضاء النسبي (RSW) في ثابت الفضاء (SC).

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## خلفية عن المحتوى

**قوة الجاذبية** اطلب من الطلاب التفكير في الأسئلة التالية: ما مدى شمولية قانون نيوتن للجذب العام؟ هل تعتمد قوة الجاذبية على الكتلة فقط وليس على المادة أيضًا؟ هل يمكن أن تعتمد على الأرقام النسبية لعدد البروتونات والنيوترونات في المادة على سبيل المثال؟ كانت الاختبارات المبكرة على يد العالم المجري لوراند إتفوس المولود في عام 1848 الذي اخترع ميزان اللي الحساس. حيث قارن بين قوى الجاذبية المؤثرة في أجسام مختلفة لها كتلة القصور نفسها، مستخدمًا أنواعًا مختلفة من الخشب والمعادن وتوصل إلى أن القوى متساوية لخمسة أجزاء في البليون.

## 3 التقويم

### تقويم الفكرة الرئيسة

**ترتيب قوى الجاذبية** ارسم خمسة مخططات على السبورة (تحمل العناوين من أ إلى هـ) لأزواج مختلفة من الكتل تفصلها مسافات مختلفة. اطلب من الطلاب ترتيب قوى الجاذبية على الأجسام الموجودة في الجانب الأيسر من الأعلى إلى الأقل. اطلب من الطلاب ترتيب قوى الجاذبية على الأجسام الموجودة في الجانب الأيمن من الأعلى إلى الأقل. هل هناك فرق؟ لا، قوى الجاذبية متساوية في جميع الأزواج لكنها في اتجاهات متعاكسة. فالمعادلة المستخدمة هي نفسها وبالمتغيرات نفسها.

### التأكد من الفهم

**رسم مخطط الجسم الحر** ارسم مدارًا دائريًا لقمر صناعي حول الأرض، وحدد موقعين للقمر الصناعي. ثم اطلب من الطلاب نسخ الرسم بالإضافة إلى رسم مخطط جسم حر للقمر الصناعي في كلا الموقعين. ثم اطلب منهم تحديد القوة أو القوى التي تؤثر فيه واتجاه تسارعه على الرسم. سيكون هناك قوة واحدة فقط مؤثرة فيه هي، Fg ويجب أن تكون في اتجاه الأرض. كما يجب أن يكون متجه التسارع في اتجاه القوة نفسه. ناقش سبب عدم وجود قوى أخرى تؤثر في القمر الصناعي. حيث إنه لا يوجد أي جسم يلامس القمر، فإن قوى التلامس غير موجودة. إن القوة بعيدة المدى المؤثرة في القمر الصناعي هي قوة الجاذبية الأرضية؛ لذا يوجد قوة واحدة فقط. لاحظ أن الكثير من الطلاب قد يذكرون أن القوة المركزية أو "قوى" الطرد المركزي هي قوى إضافية. فإذا حدث ذلك، فوضح لهم معنى المصطلحات التي يستخدمونها. في هذا المثال، قوة الجاذبية التي تؤثر في القمر الصناعي هي قوة مركزية، والقوة المركزية هي أي قوة في اتجاه مركز الدائرة التي يتحرك فيها الجسم.

أما بخصوص قوة الطرد المركزي، فافترض أن القمر الصناعي يُلاحظ من مناط استناد يدور حول مركز الأرض وبالمعدل نفسه الذي يدور به القمر الصناعي. سيكون القمر الصناعي ساكنًا بالنسبة إلى مناط الاستناد هذا في دورانه. ووفقًا لقانون الحركة الأول لنيوتن، إذا كان الجسم ساكنًا، فلن تكون هناك قوة محصلة تؤثر فيه. ونحن نعلم أن قوة الجاذبية تسحب الجسم نحو مركز الأرض. لن يكون قانون نيوتن الأول صحيحًا في حالة دوران مناط الاستناد ما لم يكن هناك قوة تؤثر في القمر الصناعي، تكون مساوية لقوة الجاذبية ومضادة لها في الاتجاه، أي متجهة بعيدًا عن مركز الأرض. أما قوة الطرد المركزي فهي القوة التي ستجعل قانون نيوتن الأول صحيحًا في حالة دوران مناط الاستناد (بالمعنى الموضح أعلاه). وهي تختلف عن قوة الجاذبية في أنه يوجد قانون يربط قوة الجاذبية التي تؤثر في جسم ما له كتلة معينة بالمواقع النسبية للأجسام الأخرى وكتلها، في حين أنه لا يوجد مصدر مادي مماثل في قوة الطرد المركزي. ض م بصري - مكاني

### إعادة التدريس

**عرض توضيحي للكتلة** أسقط جسمًا—كرة، على سبيل المثال. اسأل الطلاب إذا كان تسارع الجسمين يخبرهم شيئًا عن كتلة الجسم أو كتلة الأرض. اسألهم عما إذا كانت إجاباتهم بشأن الجسم الذي أسقطته تنطبق أيضًا على قمر صناعي يدور حول الأرض. لا يعتمد تسارع السقوط الحر للجسم على كتلته (بدرجةٍ ما، مع إغفال مقاومة الهواء على سبيل المثال). لذا فقياس التسارع لا يخبرك بأي شئ عن كتلة الجسم. ولكن

$$a_{\text{السقوط الحر}} = \frac{F_{\text{الجاذبية}}}{m_{\text{الجسم}}} = \frac{Gm_{\text{الجسم}}m_{\text{الأرض}}}{r^2 m_{\text{الجسم}}} = \frac{Gm_{\text{الأرض}}}{r^2}$$

إذن فقياس قيمة التسارع تتيح لك حساب كتلة الأرض (بافتراض أنك تعرف قيمة G وr). وتنطبق النتائج نفسها على الأقمار الصناعية، بمعنى أنك لا تستطيع حساب كتلة القمر الصناعي، لكن تستطيع حساب كتلة الأرض من خلال معرفة تسارع السقوط الحر للقمر الصناعي. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## التأكد من فهم النصوص والأشكال

**التأكد من فهم النص**
المسافة بين النقطتين 1 و 2 أطول من المسافة بين النقطتين 6 و7. الأرض أقرب إلى الشمس وهي تقطع المسافة بين النقطتين 1 و 2 بسرعة أكبر من المسافة بين النقطتين 6 و7.

**التأكد من فهم الشكل**
يختلف شكل المسافات الزمنية المتساوية لأن الشمس تقع في إحدى بؤرتي الشكل الإهليلجي. والتي تتزحزح من مركز الشكل الإهليلجي.

**التأكد من فهم النص**
يُستخدم مقدار الدوران المحوري الأفقي للذراع في تحديد قوة الجذب بين الكرتين.

## تطبيقات

1. 11 وحدة
2. 2.8 y
3. $0.724r_E$
4. $19r_E$
5. 684 يومًا
6. a. 89 min
   b. $3.2\times10^{2}$ km
7. $4.3\times10^{4}$ km

## مسألة تحفيزية في الفيزياء

1. بالنسبة إلى الكوكب (ب)، $\frac{r_ب^3}{T_ب^2} = 9.6\times10^{-6}$ AU$^3$/يوم$^2$

   بالنسبة إلى الكوكب (ج)، $\frac{r_ج^3}{T_ج^2} = 9.77\times10^{-6}$ AU$^3$/يوم$^2$

   بالنسبة إلى الكوكب (د)، $\frac{r_د^3}{T_د^2} = 9.82\times10^{-6}$ AU$^3$/يوم$^2$

   تُحقّق الكواكب القانون الثالث لكبلر.

2. بالنسبة إلى نظام الأرض والشمس.

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{(1.000\text{ AU})^3}{(1.000\text{ y})^2} = 1.000\ \frac{\text{AU}^3}{\text{y}^2}$$

بالنسبة إلى نظام الكوكب (ج) والنجم أبسيلون.

$$\frac{r^3}{T^2} = 9.77\times10^{-6}\text{ AU}^3/\text{يوم}^2$$

$$= (9.77\times10^{-6}\text{ AU}^3/\text{يوم}^2)(365\text{ يوم}/\text{y})^2$$

$$= 1.30\text{ AU}^3/\text{y}^2$$

كتلة النجم تساوي 1.30 ضعف كتلة الشمس.

## القسم 1 مراجعة

8. $1.2\times10^{-7}$ N; $8.4\times10^{3}$ جزء في البليون من الوزن.
9. $6.02\times10^{4}$ يوم
10. سوف تزداد قيمة g.
11. تظل قيمة G كما هي. حيث تُستخدم القيمة نفسها في وصف التجاذب بين أجسام ذات تركيبات كيميائية مختلفة وهي: الشمس (نجم) والكواكب والأقمار الصناعية.
12. لا. فالقانون العلمي عبارة عن بيان بالأشياء التي لوحظ أنها حدثت مرات عديدة. أما النظرية فتشرح النتائج العلمية. وهذه العبارات لا تفسر سبب حركة الكواكب بهذه الطريقة ولا سبب عمل الجاذبية بهذه الطريقة.
13. a. يتطلب الرمي الأفقي المجهود نفسه، بسبب استخدام معادلة القصور $F = ma$ للصخرة. تعتمد كتلة الصخرة على مقدار المادة الموجودة في الصخرة وليس على موقعها في الكون. يبقى المسار قطعًا مكافئًا، لكنه سيكون أعرض بكثير لأن الصخرة ستذهب بعيدًا قبل أن تصطدم بالأرض. في ظل معدل التسارع الأصغر ووقت الرحلة الأطول.

   b. افترض أن الصخرة ستسقط من الارتفاع نفسه على الأرض وعلى القمر. سيكون الأذى أقل على القمر. لأن قيمة g أقل وهذا يعني أن السرعة المتجهة للصخرة ستكون أقل عندما ترتطم بالإصبع على القمر منها وهي ترتطم به على الأرض.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## 1 التقديم

### نشاط تحفيزي

**حركة المقذوفات تحذير: ارتدِ نظارات واقية.** ارفع كرة جولف إلى أعلى بطول ذراعك. أفلت الكرة ثم أمسكها عند أعلى موقع بعد ارتدادها عن الأرضية. اسأل الطلاب ما المسافة التي قطعتها الكرة في الثانية الأولى من سقوطها $\frac{(9.8\ m/s - 0\ m/s)}{2} = 4.9\ m/s/1\ sec = 4.9\ m$. واطلب منهم التفكير في ما يمكن أن يحدث إذا أُلقيت الكرة بانحراف جانبي بالسرعات 10 m/s و50 m/s و500 m/s. ما المسافة التي تقطعها الكرة في الثانية الأولى؟ 4.9 m ما المسافة التي تقطعها الكرة أفقيًا (بانحراف جانبي) في الثانية الأولى؟ 10 m، 50 m، 500 m وما شكل مسارها؟ سيكون منحنيًا اطلب من الطلاب ربط هذا النشاط **بالشكل 11**.

د م بصري – مكاني

### الربط بالمعرفة السابقة

**حركة الأقمار الصناعية** اطلب من الطلاب تطبيق قانون نيوتن في الجاذبية على حركة الأقمار الصناعية. سيحتاجون إلى مراجعة مفهومَي الوزن والكتلة. ض م

## 2 التدريس

### تطوير المفاهيم

**الفكرة الرئيسة** أحضر نسخًا من صور للحطام المداري حول الأرض أو ابحث عنها على الإنترنت لعرضها على الطلاب ويمكن العثور عليها على موقع مكتب ناسا لبرنامج الحطام المداري. اسمح للطلاب باستكشاف صور الحطام المداري في المدار الأرضي المنخفض (LEO) والمدار المتزامن مع الأرض (GEO). اسأل الطلاب عن سبب عدم تطاير الحطام في الفضاء. تحافظ قوة الجاذبية الأرضية على وجود الحطام في المدار. اسأل الطلاب: إلى أي مدى يمتد مجال الجاذبية الأرضية. إلى ما لا نهاية.

## مدارات الكواكب والأقمار الصناعية وتسارع السقوط الحر

### تطوير المفاهيم

**المدارات** ابدأ مع الطلاب بالحقيقة التالية: يسقط الجسم الموجود عند سطح الأرض أو بالقرب منه ويقطع مسافة 4.9 m في 1 s. أنشئ جدولًا للمسافات الأفقية التي سيقطعها الجسم في تلك الثانية وذلك عند سرعات أفقية مختلفة.

**رسم المخططات** ساعد الطلاب على تقدير انحناء سطح الأرض من رسم مخطط وشرح التالي. وضّح للطلاب أنه عندما تقطع مسافة أفقية x، يحصر الجسم زاوية مركزية ويُعبَّر عن هذه الزاوية بالعلاقة $\tan\theta = \frac{x}{r_E}$، حيث تُمثل $r_E$ نصف قطر الأرض، وتساوي $6.37\times10^3\ km$. وبسبب هذه الزاوية، يُعبَّر عن المسافة التي "تنخفضها" الأرض عن الخط الأفقي تقريبًا بهذه العلاقة $y = r_E(1 - \cos\theta)$. فمثلًا إذا كانت $x = 8\ km$، فإن $y = 5\ m$، و $\tan\theta = 1.3\times10^{-3}$. ض م

### تطبيق الفيزياء

**أقمار صناعية للاستشعار عن بُعد** قمران صناعيان للاستشعار عن بُعد يسميان GOES (القمر الصناعي البيئي التشغيلي المتزامن مع الأرض) يغطيان النصف الغربي من الكرة الأرضية. يُسمى الأول GOES-East وهو في موقع ثابت فوق خط طول 75° W ويُسمى الآخر GOES-West ويقع فوق خط الطول 135° W. كتلة كل منهما 2100 kg وأُطلق كل منهما بواسطة صاروخ أطلس سنتور. وحل القمر الصناعي GOES-12 محل القمر GOES-8 وعُرف باسم GOES-East وذلك بعد أكثر من 6 سنوات من الخدمة. وهناك قمر صناعي ثالث في المدار يمكن أن يتحرك إلى الموقع إذا حدث عطل في أي من القمرين. يمكن العثور على المعلومات المحدثة على موقع http://goespoes.gsfc.nasa.gov/goes.

### التعزيز

**السرعة المدارية** اطلب من الطلاب شرح كيف يعتمد مقدار سرعة جسم يتحرك في مدار دائري على نصف قطر المدار. إذا ضاعفت نصف القطر، فماذا يحدث لمقدار السرعة؟ سيصبح مقدار السرعة $\frac{1}{\sqrt{2}}$ أو 70.7% من مقدار سرعته الأصلية. كرر السؤال بالنسبة إلى الزمن الدوري للمدار.

ستكون السرعة $\sqrt{2^3}$ أو 2.8 مرة ضعف السرعة الأصلية.

ض م

### استخدام النماذج

**أين سيكون المريخ عند منتصف الليل؟** اطلب من الطلاب رسم دائرتين تمثلان مداري الأرض والمريخ بمقياس رسم على ورقة كبيرة. ويمكن أن يرسموا مدار الأرض بنصف قطر 15 cm ومدار المريخ بنصف قطر 23cm. (إذا كان للدائرتين مركز مشترك، فحدد نقطة على الدائرتين للإشارة إلى الاقتران. وإلا فسيكون هناك قياس فعلي. (وهذه هي نقطتك للبدء). واطلب منهم تحديد مواقع الأرض في مدارها حول الشمس في كل شهر والبحث عن التواريخ التي يكون فيها المريخ في حالة اقتران (أقرب مكان إلى الأرض) أو مقابلة (أبعد مكان عن الأرض). واطلب منهم استخدام الزمن الدوري للمريخ (684 يومًا) لتمييز موقع المريخ في كل شهر من شهور الأرض وتحديده. بما أن الجزء المظلم من السماء يكون في منتصف الليل في الاتجاه البعيد عن الشمس، فاطلب من الطلاب إيجاد الشهور التي يكون فيها المريخ مرئيًا أو في الشرق والجنوب (بالنسبة إلى سكان النصف الشمالي للكرة الأرضية) والغرب. ض م بصري – مكاني

### المهن

**عالم الفلك** يدرس عالم الفلك المتخصص أصل الكون وتطور تركيبه. ويدرس فلكيون آخرون ظواهر كانت قبل

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## مثال إضافي للحل في الصف

**مسألة** يخطط مهندسون لوضع محطة الفضاء الدولية (ISS) في مدار على ارتفاع 450 km فوق سطح الأرض. فكم سيكون مقدار سرعتها المدارية؟ وكم سيكون زمنها الدوري؟

**الإجابة**

المعلوم: $h = 4.50\times10^{5}\ m$

$r_E = 6.38\times10^{6}\ m$

$m_E = 5.97\times10^{24}\ kg$

$G = 6.67\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2$

لتحديد نصف قطر المدار: أضف ارتفاع مدار القمر عن سطح الأرض إلى نصف قطر الأرض.

$$r = h + r_E$$
$$= 4.50\times10^{5}\ m + 6.38\times10^{6}\ m$$
$$= 6.83\times10^{6}\ m$$

احسب السرعة.

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$
$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2)(5.97\times10^{24}\ kg)}{6.83\times10^{6}\ m}}$$
$$= 7640\ m/s \text{ أو } 27{,}500\ km/h$$

احسب الزمن الدوري.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$$
$$= 2\pi\sqrt{\frac{(6.83\times10^{6}\ m)^3}{(6.67\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2)(5.97\times10^{24}\ kg)}}$$
$$= 5620\ s$$

وهو يساوي تقريبًا 94 min.

## التدريس المتمايز

**ضعاف البصر** أصدرت وكالة ناسا الفضائية كتاب المس الكون: كتاب في علم الفلك بطريقة برايل تابع لوكالة ناسا لمؤلفته نورين جرايس. استخدم في الكتاب طريقة برايل ورسومات بارزة تتضمن 14 صفحة لصور التُقطت بتلسكوب هابل الفضائي. وتحوي كل شكل نقوشات لخطوط ومطبات وغيرها من التراكيب. وتنقل الأنماط البارزة شكل الألوان والأشكال وغير ذلك من التفاصيل الصغيرة للأجسام الكونية إلى ضعاف البصر مما يمكنهم من الشعور بما لا يمكنهم رؤيته. كما تتضمن كل من الصور الفوتوغرافية الأربعة عشرة التي يحويها الكتاب طريقة برايل وأوصافًا بارزة مما يجعل تصميم الكتاب في متناول القراء بمختلف قدراتهم البصرية. يبدأ الكتاب مع القارئ بالأرض ثم ينتقل به عبر النظام الشمسي وينتهي بالصور الأبعد مسافة والملتقطة بواسطة هابل.

عقود محط اهتمام في موضوعات كتب الخيال العلمي: كأصداء الضوء حول النجوم المنفجرة وعدسات الجاذبية. لم يزل جميع علماء الفلك الجامعات. فالعديد منهم يعملون في قطاع الأعمال التجارية والصناعة. إن أفضل طريقة لإعداد الشخص للعمل بوصفه عالم فلك هي تلقي تعليم متقدم في الرياضيات، حيث تُعد دراسة الرياضيات أفضل طريقة للتحضير لدراسة الفيزياء التي تُعد جزءًا مكملًا لتعليم عالم الفلك. وليس من الضروري السعي إلى الحصول على درجة الدكتوراه في علم الفلك، ولكن ينبغي أن يكون دافع الشخص هو مواصلة الدراسات من خلال مستوى الماجستير.

### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**انعدام الوزن** يظن كثير من الناس أن جاذبية الأرض تتوقف عند نهاية الغلاف الجوي. ويُعزز هذا المفهوم الخاطئ الاستخدام غير الصحيح لمصطلحي انعدام الوزن والجاذبية الميكروية. عند مناقشة التسارع الناتج عن الجاذبية بعيدًا عن الأرض، وضّح أن تطوير نيوتن لقانون الجذب الكوني يستند إلى إدراكه أن جاذبية الأرض تمتد إلى القمر كما تمتد إلى أبعد من ذلك بكثير.

### مناقشة

**مسألة** كيف يمكن استخدام أحواض السباحة لنمذجة حالة انعدام الوزن ومحاكاة ما يواجهه رواد الفضاء على القمر أو في المحطات الفضائية؟

**الإجابة** يشعر الشخص أن وزنه أقل وذلك بسبب قوة الطفو الناجمة عن الماء والمؤثرة فيه إلى أعلى. ويمكن للشخص أن يُجرّب الشعور بانعدام الوزن إلى حد ما من خلال أدائه بعض الحركات داخل الحوض. ض م

## مجال الجاذبية ونوعا الكتلة

### خلفية عن المحتوى

**مجال الجاذبية** تبعث فكرة التأثير عن بُعد على القلق. افترض أن الشمس لم تعد موجودة. فإذا كانت الجاذبية تؤثر عن بُعد، فسيكون تأثيرها في هذه الحالة فوريًا. فبمجرد اختفاء الشمس، ستبدأ الأرض بالتحرك في مسار بخط مستقيم. إن مفهوم المجال يجعل كل التأثيرات محلية. فلا تتأثر كتلة الأرض بكتلة الشمس ولكن تتأثر بمجال الجاذبية للشمس عند موقع الأرض. وقد أُجريت حديثًا تجربة تهدف إلى مقارنة سرعة قوة الجاذبية وسرعة الضوء. فوجد العلماء أنها تساوي 1.06 أمثال سرعة الضوء (بنسبة خطأ 20%). ولكن علماء آخرين رفضوا هذا التحليل ورأوا أن هذه التجربة ليست إلا تجربة لقياس سرعة الضوء. للحصول على مراجع عن هذا الموضوع، راجع صفحة الويب
.http://physics.wustl.edu/cmw/SpeedofGravity.html

### استخدام التجربة المصغرة

في تجربة الماء عديم الوزن، يضع الطلاب الماء في كوب به فتحة، في المطبخ أو المطعم. وسيظن الطلاب أن هذه فكرة سيئة. ولكن الطلاب الذين توقعوا أن الماء سينسرب أو لن ينسرب من الكوب أثناء السقوط الحر ويريدون الآن حكمًا نهائيًا، سيرون أن وضع الماء في كوب به فتحة فكرة جيدة للغاية في حقيقة الأمر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## استخدام التجربة المصغرة

عند دراسة الوزن في السقوط الحر، يمكن أن يلاحظ الطلاب ما يحدث في وزن الجسم في ما يتعلق بمناط الاستناد عند السقوط الحر.

### عرض عملي سريع

### قياس كتلة القصور

**الزمن المقدَّر** 15 دقيقة

**المواد** شفرة منشار

**الإجراءات** علِّق شفرة المنشار على المكتب من أحد طرفيها بحيث يمكن للشفرة أن تتحرك أفقيًا. ثم علق أجسامًا مختلفة الكتلة بالطرف الآخر. قم بقياس الزمن الدوري للتردد. لاحظ أن الزمن الدوري يعتمد على الجذر التربيعي للكتلة. كتلة القصور فقط هي التي تؤثر.

### نشاط تحدي الفيزياء

**المقاييس والموازين** اجمع أكبر عدد ممكن من الأدوات التي يمكن استخدامها لقياس وزن جسم ما. ثم حدد طريقة عمل كل منها. مثلا، يقيس المقياس الزنبركي استطالة الزنبرك الناتجة عن القوة (الوزن) المؤثرة فيه. ويستخدم الميزان الإلكتروني الاستطالة أيضًا، ولكنه يستخدم المقاومة الكهربائية لقياسها. بينما يقارن الميزان ذو الأذرع بين قوة الجاذبية على الجسم وقوة الجاذبية على كتلة المعايرة. أما ميزان كتلة القصور فيقيس الزمن الدوري للاهتزاز الذي يعتمد على كل من كتلة القصور للجسم والقوة التي يؤثر بها زنبرك الميزان. ف م حركي

## توظيف مختبر الفيزياء

كيف يمكنك قياس الكتلة. يستخدم الطلاب ميزان القصور لقياس الكتلة.

## توظيف مختبر الفيزياء

في كتلة القصور وكتلة الجاذبية، يحدد الطلاب العلاقة بين كتلة القصور وكتلة الجاذبية.

## خلفية عن المحتوى

**الجسيمات والأجسام** يعطينا قانون نيوتن في الجاذبية قوة الجاذبية بين جسيمين، لكل منهما كتلته، ولكن بدون حجم، كما هو الحال مع النقاط الهندسية. ما قوة الجاذبية إذًا بين الجسمين (1 و2)، وأي منهما لديه حجم؟ يتم نمذجة كل جسم باعتباره عددًا كبيرًا من الجسيمات (أو العديد من الأجسام باعتبارها توزيعًا مستمرًا للمادة، نموذج الجسيم). كل جسيم في الجسم 1 يؤثر بقوة جاذبية في كل جسيم في الجسم 2. ويكون إجمالي قوة الجاذبية في الجسم 1 بسبب الجسم 2 هو حاصل جمع متجهات كل قوى الجاذبية في الجسم 1 بسبب الجسم 2. ويُحدد كل منهما باستخدام قانون نيوتن في الجاذبية. (إذا كانت الأجسام عبارة عن مادة مستمرة، فعند ذلك يكون إجمالي القوة هو تكامل كمية المتجهات بدلًا من حاصل جمعها). إذا كان حجما الجسمين 1 و2 صغيرين جدًا بالنسبة إلى بُعد المسافة بينهما، فعند ذلك يكون الجسمان مجرد جسيمين نقطيين يُطبَّق عليهما قانون نيوتن.

أما إذا لم يكن حجما الجسمين 1 و2 صغيرين جدًا بالنسبة إلى بُعد المسافة بينهما، كما في الحالة التي يكون لدى الجسمين فيها تناظر كرويّ (كما هو الحال، على سبيل المثال، في الكثافة المنتظمة، الكرة الصلبة)، فعند ذلك يكون حاصل جمع متجهات القوى في الجسم 1 المذكور أعلاه هو القوة نفسها التي تنتج إذا تم استبدال الجسم 1 بجسيم مفرد مع كتلة الجسم 1 ووقوعه عند مركز الكتلة واستبدال الجسم 2 بجسيم مفرد مع كتلة الجسم 2 عند مركز كتلته. وهذا يعني، استبدال مسألة قوة الجسمين بمسألة قوة جسيمين أبسط بكثير. بالنسبة إلى المسألة الأخيرة، يتم تحديد مقدار القوة المؤثرة في الجسيم 1 (الجسم 1) من خلال معادلة الكمية القياسية التالية: $F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$.

يكون اتجاه القوة على امتداد الخط الواصل بين الجسيمين 1 و2. ومن ثَمّ، تكون قوة الجاذبية المحصلة المؤثرة في الجسم 1 بسبب الجسم 2، قوة مفردة موجهة من مركز الجسم 1 إلى مركز الجسم 2. ف م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

### التفكير الناقد

**الأرض والقمر الصناعي** من طرق تشجيع الطلاب على التفكير في الأفكار الموجودة في جزئية الخلفية عن المحتوى. تطبيق هذه الأفكار على قمر صناعي يدور حول الأرض. يمكننا نمذجة الأرض على شكل كرة مكونة من عدد كبير من الجسيمات والقمر الصناعي الصغير بالنسبة إليها باعتباره جسيماً مفردًا. ارسم قمرًا صناعيًا في مدار حول الأرض وارسم خطًا يصل بين القمر الصناعي ومركز الأرض ("الخط الواصل بين الأرض والقمر الصناعي").

اطلب من الطلاب أن يشرحوا لماذا يكون اتجاه قوة الجاذبية المحصلة المؤثرة في القمر الصناعي في اتجاه مركز الأرض على الرغم من أن معظم مواد الأرض تقع على أحد جانبي الخط الواصل بين الأرض والقمر الصناعي. تلميح: افترض أن الأرض مكوّنة من صخور منفصلة متساوية الحجم والكتلة وموزعة بانتظام، تجذب كل منها القمر الصناعي. ارسم نقطتين تمثلان نقطتين تقعان على سطح مستوٍ في الأرض، نقطتين على يمين ويسار الخط الواصل بين الأرض والقمر الصناعي وتكونان على مسافة متساوية من هذا الخط ومن القمر الصناعي. وعند النقطة التي تمثل القمر الصناعي، ارسم متجهَي قوة متساويي المقدار بحيث يتجهان نحو النقطتين المحددتين على الأرض. افصل كل متجه قوة إلى مكوّن على امتداد الخط الواصل بين الأرض والقمر الصناعي ومكوّن عمودي على الخط نفسه. اسأل الطلاب عما لاحظوه عند مقارنة مكونات متجهَي القوة. تتساوى المكونات العمودية على الخط الواصل بين الأرض والقمر الصناعي في المقدار وتتعارض في الاتجاه، في حين أن المكونات الموجودة على امتداد الخط الواصل بين الأرض والقمر الصناعي تكون في الاتجاه نفسه. ثم اسألهم عن حاصل جمع متجه المكونات العمودية. صفر ويمكن التعبير عن هذا بقول إن هذه المكونات "يحذف بعضها بعضًا". قبل تحديد مجموعة ثانية من النقاط، اسأل الطلاب إذا كان لديهم حدس أو برهنة منطقية بشأن هل ستُحذف المكونات العمودية مقابل زوج جديد من النقاط أم لا. يجب أن تُحذف مكونات المتجهات العمودية بصرف النظر عن زوج النقاط المحدد، حيث إن الحذف لا يعتمد على "مكان" وجود النقطتين، ولكن يعتمد على تناظرهما في ما يتعلق بالخط الواصل بين الأرض والقمر الصناعي. ما الذي يفسّر إذًا قوة الجاذبية المحصلة التي تؤثر في القمر الصناعي المتجه نحو مركز الأرض؟ نظرًا للتوزيع التناظري لمواد الأرض في ما يتعلق بالخط الواصل بين الأرض والقمر الصناعي، فإن مكونات متجهات قوى الجاذبية التي لا تُحذف هي فقط تلك المكونات التي تتجه نحو مركز الأرض. وبسبب أن هذا يوضح قوة الجاذبية في حالة معينة، يحتاج الطلاب إلى البحث عن تناظر في إحدى المسائل لتبسيط الحل في مسألة معينة.

ف م بصري – مكاني

## نظرية إينشتاين في الجاذبية

### تطوير المفاهيم

**الزمان المكاني وانحناؤه** قد يرغب الطلاب في مواصلة مناقشة بعض الأفكار الواردة في كتاب الطالب.

**الزمان المكاني:** الحدث هو ما يحدث في مكان وزمان محددين – مثل التصفيق بيدك وارتداد الكرة. يُقال إن المكان يكون ثلاثي الأبعاد لأن الشخص يحتاج إلى ثلاثة إحداثيات لتحديد موقع حدث ما. في حين يُقال إن الزمان أحادي البُعد لأنه يمكن تحديد زمان وقوع الحدث من خلال إحداثي واحد فقط. في الميكانيكا النيوتنية والنسبية، يمكن أن يفكر الشخص في المكان والزمان باعتبارهما جزءًا من تركيب مفرد رباعي الأبعاد (3 + 1 = 4) يُسمى، وهو "الساحة" التي تقع فيها الأحداث (وجهة النظر هذه مفيدة ومهمة بشكل خاص في الميكانيكا النسبية). فكّر في تحديد حدث من خلال رسم نقطة على الشبكة الإحداثية t-y-x ثلاثية الأبعاد. تُسمى رسم الزمان المكاني، مع جعل محور t مرسومًا عادة كالمحور الرأسي. ولا يمكن استيعاب الإحداثي الرابع z في مثل هذا الرسم، ولذا لم يُرسَم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

**انحناء الزمان المكاني:** النسبية العامة هي (على أقل تقدير) نظرية الجذب. في حين أن النسبية الخاصة هي حالة خاصة من النسبية العامة يكون مقدار الجذب فيها ضعيفًا نسبيًا. ففي النسبية العامة، تؤثر المادة في قياسات المكان والزمان (كما هو موضح أدناه). ويُشار إلى هذه التأثيرات في الغالب بالأسماء التالية: "انحناء" أو "تجعد" أو "تشويه الزمان" المكاني. حيث يكون مصطلح المادة عبارة عن اختصار لكل شيء في الزمان المكاني، الأجسام والإشعاع وما إلى ذلك، بناء على طاقة وزخم هذه الأنظمة. ولقول إن الفضاء "منحني" ("متجعد" أو "مشوه") يعني أن الهندسة الفراغية لا تتوافق مع الهندسة الإقليدية. وهذا يعني على سبيل المثال أن مجموع قياسات الزوايا الثلاث لمثلث لا تساوي 180° (حيث يتم تكوين مثلث من خلال توصيل ثلاث نقاط في الفضاء بأقصر خطوط ممكنة).

وهناك ثلاث طرق مختلفة للتفكير في هذا الفضاء أو تصوره. تتمثل إحدى هذه الطرق في تخيّل أن الفضاء ثلاثي الأبعاد منحنيًا بالمعنى الحرفي لأنه "يقبع" في فضاء كثير الأبعاد (ستكون هناك حاجة إلى 6 أبعاد فعليًا) في حين يكون سطح الأرض ثنائي الأبعاد منحنيًا لأنه "يقبع" في فضاء ثلاثي الأبعاد. وهذا التفسير هو المعنى الحرفي لمصطلح "الفضاء المنحني". ومن الطرق الأخرى، تخيّل أن الفضاء ثلاثي الأبعاد هو نفسه الفضاء الإقليدي "حقًا". أي أنه ليس منحنيًا ولكن العُصي المترية مشوهة من مجال الجاذبية بطريقة تجعل نتائج القياسات يتم وصفها من خلال الهندسة غير الإقليدية. وفي هذا التفسير، تتمدد العُصي المترية أو تنكمش حسب موقعها واتجاهها ووقت إجراء القياس. فعلى سبيل المثال، تنكمش العُصي المترية الموجهة على طول الاتجاه نصف القطري بالنسبة إلى مركز الأرض كلما اقتربت تجاهها.

لا يمكن لنظرية النسبية العامة ولا التجارب ولا الملاحظات أن تحدد أي التفسيرين "صحيح". ولذلك فهما ليسا سوى تفسيرين. فيمكن اختيار كل منهما على أساس الفائدة أو الراحة أو التفضيل. القول بأن الزمان "منحنٍ" يعني أن المعدل الذي "تدق" به الساعات يعتمد على المكان و"الزمان" الذي تكون فيه. فعلى سبيل المثال، كلما كانت الساعة أعلى أكثر عن سطح الأرض، كانت أسرع في دورانها، مقارنة بالساعات الموجودة على الأرض. وهو التأثير الذي تم قياسه. ويجب أن يؤخذ هذا التأثير في الحسبان عند تصميم نظام GPS وتشغيله، والذي يتم فيه نقل الإشارات بين الأقمار الصناعية وأجهزة الاستقبال الأرضية.

**قراءة إضافية:**

Spacetime Physics by Edwin Taylor and J. A. Wheeler; Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy by Kip Thorne; and „Curve Space,„ an edited transcript of a lecture by Richard Feynman, available in Feynman, Leighton, Sands, The Feynman Lectures on Physics (Vol. II, Ch. 42) or Feynman, Six Not-So-Easy Pieces: Einstein's Relativity, Symmetry and Space-Time (Ch. 6).

## استخدام تشبيه

**تشبيه انحناء الشبك المطاطي بانحناء الزمان المكاني** وضّح للطلاب الطرق التي يكون فيها تشبيه انحناء الشبك المطاطي بانحناء الزمان المكاني الموضّح في **الشكل 16**، مفيدًا والطرق التي يكون فيها مضللًا. على سبيل المثال: يكون مفيدًا: (1) تمامًا كما تعمل الكرة الصفراء على انحناء الشبكة المطاطية، تعمل الشمس على انحناء الزمان المكاني؛ (2) تمامًا كما يتأثر مسار الكرة الحمراء بشكل الشبكة المطاطية، يتأثر مسار الكوكب في الفضاء بانحناء الزمان المكاني. يكون مضللًا: (1) تعمل الكرة الصفراء على انحناء الشبكة المطاطية. وهي سطح مكاني ثنائي الأبعاد أو فضاء ثنائي الأبعاد. تعمل الشمس على انحناء ليس المكان فقط. بل المكان والزمان. أي الزمان المكاني. في الواقع، إن انحناء الزمان هو الأكثر أهمية في تفسير حركة الكواكب التي تدور حول الشمس وليس انحناء الفضاء. (2) قد يوحي هذا التشبيه بأن الشمس تعمل على انحناء الفضاء بالطريقة نفسها التي تعمل بها الكرة الصفراء على انحناء الشبكة المطاطية أو بقدر كبير مثلها. ولكن في الواقع، إن انحناء الفضاء حول الشمس صغير جدًا لدرجة أنه لم يُكتشَف حتى الآن. (3) تتسارع الكرة الحمراء تجاه الكرة الصفراء لأن الكرة الحمراء على مرتفع. أي، الشبكة المطاطية التي تم انحناؤها بواسطة الكرة الصفراء. (ذكّر الطلاب أنه حتى في حال تحرك الكرة الحمراء في مسار دائري حول الكرة الصفراء دون الاقتراب، فمع ذلك تتسارع تجاه الكرة الصفراء على الرغم من تحركها فورًا بسرعة متجهة معينة في اتجاه تماسي للمسار). وتتسارع الكرة الحمراء تجاه الكرة الصفراء بسبب تأثير السطح المطاطي المنحدر بقوة ثلامس أو قوة طبيعية في الكرة، مع اتجاه مكوّن واحد منها تجاه الكرة الصفراء. قد يعتقد الطلاب خطأً بوجود آلية مشابهة وفقًا لرؤية الزمان المكاني المنحني لحركة الكوكب. في الواقع، لا يوجد "مرتفع يؤثر بقوة" في الكواكب. ولا يتم الاعتماد على قوة الجاذبية في الواقع على الإطلاق. بل تتحرك الكواكب في "مسار طبيعي" في زمان مكاني منحنٍ.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## خلفية عن المحتوى

**الانحناء في نظرية نيوتن** بالرغم من صحة أن نيوتن قد استخدم الفضاء الإقليدي عند التفكير في الجاذبية، في حين استخدم أينشتاين الزمان المكاني غير الإقليدي (الذي يُسمى غالبًا "الزمان المكاني المنحني")، إلا أن ذلك ليس ما يميز بين النظريتين حقيقة؛ فيمكن بالفعل التعبير عن نظرية الجاذبية لنيوتن بلغة الفضاء المنحني كذلك. فهناك أكثر من وجه اختلاف جوهري بين نظرية نيوتن والنسبية العامة، غير أن أحد أوجه الاختلاف المهمة يتمثل في أن نظرية نيوتن تفيد بأن الزمن مطلق وكوني، وهو ما لا تنص عليه النظرية النسبية العامة.

## استخدم الشكل 16

اسأل الطلاب ماذا يحدث للكرة الكبيرة إذا كانت الكرة الصغيرة ذات أكبر كتلة. ستجد زيادة كتلة الكرة الصغيرة من تأثير الكرة الكبيرة في مسار الكرة الصغيرة. ومع زيادة كتلة الكرة الصغيرة، سيزداد تأثيرها في الكرة الكبيرة إلى أن تتساوى الكتلتان في النهاية، ومن ثم ستبدأ الكرة الكبيرة في التحرك باتجاه الكرة الصغيرة. كما يرتبط ذلك أيضًا بالمسافة بين الكرتين. فكلما زادت المسافة بينهما، قلّت الجاذبية. ض م

## خلفية عن المحتوى

**النظرية النسبية العامة** ثبتت العديد من توقعات النظرية النسبية العامة لأينشتاين. كما ثبتت قدرة الجسم ذي الكتلة الضخمة كالمجرة على العمل كعدسة بشكل مدهش، وذلك من خلال الصور الملتقطة بواسطة تلسكوب هابل الفضائي. كما وجد أن النجوم النيترونية أو النجوم النابضة التي تدور بسرعة عالية جدًا تبطئ من سرعة دورانها بطريقة تتفق مع النظرية النسبية العامة؛ حيث يسبب الإشعاع الجاذبي تباطؤًا في سرعة دوران النجوم النابضة. واستمرت تجربة مرصد موجات الجاذبية المتداخلة الليزري تبحث عن الإشعاع الجاذبي من النجوم فوق المستعرة والنجوم النابضة منذ عام 2002.

## 3 التقويم

### تقويم الفكرة الرئيسة

**اصطدام مذنب** اطلب من الطلاب البحث عبر الإنترنت عن مقاطع فيديو وصور فوتوغرافية لمذنب شوميكر ليفي 9 الذي اصطدم بكوكب المشتري في يوليه 1994. لماذا اصطدم المذنب بالمشتري ولماذا تحطم إلى أجزاء؟ أسر مجال الجاذبية الشديد للمشتري المذنب قبل أن يصطدم به بحوالي 20 إلى 30 سنة. وكان هذا أول مذنب عبر التاريخ جرى رصده يدور حول كوكب قبل الاصطدام به. وقد تحطم المذنب إلى أجزاء بسبب اقترابه من الكوكب حيث أدت قوى المد والجزر إلى تفتيته. وعندما اصطدمت أجزاء المذنب بالمشتري، حدثت انفجارات، وشوهدت ندوب كانت أكثر وضوحًا من البقعة الحمراء الكبيرة في مواقع التصادم وظلت لمدة أشهر بعدها.

### التأكد من الفهم

**مجال الجاذبية** راجع مع الطلاب كيفية حساب وزن جسم ما باستخدام العلاقة التالية: $F_g = mg$.

$F_g$ = وزن الجسم بالنيوتن (N)

$m$ = كتلة الجسم بالكيلوجرام (kg)

$g$ = شدة مجال الجاذبية بالنيوتن/كيلوجرام (N/kg)

اطلب من الطلاب أن يحسبوا شدة مجال الجاذبية حول الأرض. عليهم إيجاد $g$ [بوحدة النيوتن لكل كيلوجرام (N/kg)] عند مسافات $nr_E$، حيث $n = 1$ و2 و3 و4 و5. وعليهم بعد ذلك حساب وزنهم (بالنيوتن) عند هذه المواقع باستخدام كتلتهم المعروفة (بالكيلوجرام). ض م

### إعادة التدريس

**انعدام الوزن** راجع الطرق المستخدمة في قياس كتلة القصور وكتلة الجاذبية والوزن، ثم ناقش ثلاث حالات يكون فيها وزنك الظاهري قريبًا من الصفر: عندما تكون بعيدًا جدًا عن أي كوكب أو قمر صناعي أو نجم حيث لا تؤثر فيك قوة جاذبية؛ أو عندما تؤثر فيك قوة مثل قوة الطفو؛ أو عندما تكون متسارعًا بمعدل $g$ جنبًا إلى جنب مع الميزان وغيره من المؤثرات الأخرى المحتملة. اسأل الطلاب ما الذي سيشعرون به عندما يجربون هذه الحالة. سيجربون شعور انعدام الوزن. د م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# القسم 2 الإجابات

## التأكد من فهم النصوص والأشكال

**التأكد من فهم الشكل**

لم يلتفت المثال إلى تأثيرات مقاومة الهواء.

**التأكد من فهم النص**

لا تؤثر كتلة القمر الصناعي في سرعته المدارية ولا زمنه الدوري.

**التأكد من فهم الشكل**

يُحسب مجال ال جاذبية (g) باستخدام المعادلة $g = \frac{F_g}{m}$. لن تساوي قوة الجاذبية ($F_g$) الصفر إطلاقًا لأنها تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين جسمين. فعندما تصل r إلى 0، تبلغ القوة أقصى حد لها. وعندما تقترب r من اللانهاية، تقترب قيمة Fg من الصفر ولكنها أبدًا لن تصل إلى هذه القيمة بسبب العلاقة $\frac{1}{r^2}$.

**التأكد من فهم الشكل**

إننا على الأرض نشاهد انتقال الضوء في خطوط مستقيمة.

## تطبيقات

14. a. $7.75 \times 10^3$ m/s
    b. أبطأ
    c. تكون السرعة أبطأ لأن نصف القطر r أكبر. القمر الصناعي أبعد عن مركز الأرض.
15. 70 km/s.6 1.4 يومًا أرضيًا
16. a. $7.8 \times 10^3$ m/s
    b. $5.3 \times 10^3$ s أو 88 min
17. a. $2.86 \times 10^3$ m/s
    b. 1.65 h

## القسم 2 مراجعة

18. a. $\frac{g_S}{g_E} = 2.2$
    b. $8.5 \times 10^{19}$ N/kg
19. نعم. الكراسي متعدمة الوزن ولكنها ليست متعدمة الكتلة. إنها لا تزال في حالة قصور ويمكن أن تؤثر بقوة تلامس في إصبعك.
20. 1.5 N/kg
21. a. عندما يكون نصف القطر المداري كبيرًا، سيزداد الزمن الدوري أيضًا؛ ومن ثَمّ، سيكون للقمر الذي على بعد 160 km الزمن الدوري الأكبر.
    b. القمر الذي على بُعد 150 km، حيث كلما قلّ نصف القطر المداري، زادت السرعة.
22. يصف قانون نيوتن كيفية حساب القوة بين جسمين لهما كتلة كبيرة، بينما تشرح نظرية أينشتاين كيفية جذب أحد الأجسام كالأرض للقمر.
23. 7.35 N/kg
24. لا. لأن سرعة المدار وزمنه الدوري لا يعتمدان إطلاقًا على كتلة القمر الصناعي. فلم يتمكن المستشارون العلميون من حساب كتلة القمر الصناعي.
25. تدور الأرض باتجاه الشرق. وتزيد سرعتها المتجهة من سرعة القمر الصناعي المتجهة التي يكتسبها من الصاروخ. ومن ثم تقل السرعة المتجهة التي يلزم اكتسابها من الصاروخ.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# لا شيء يستطيع الإفلات

## هل الثقب الأسود عبارة عن ثقب حقيقي؟

### الهدف

يصف هذا المثال كيف تمنع سرعة الإفلات المتجهة العالية للثقب الأسود كل شيء من الإفلات حتى الضوء.

### الخلفية

يتمثل أفق الحدث – حدود التأثير – للثقب الأسود في كرة تحيط بالثقب الأسود في الفضاء. ويميز أفق الحدث المسافة التي لا يستطيع عندها أي شيء الإفلات حتى الضوء. ويبقى المتغير الوحيد الذي يحدد نصف قطر الكرة هو كتلة الثقب الأسود. فعند مجاوزة الأجسام أفق الحدث، تزداد كتلة الثقب الأسود ويتوسع أفق الحدث إلى الخارج.

### استراتيجيات التدريس

يمثل "ثقب التصريف"، دوامة في الماء، تشبيهًا للثقب الأسود. حيث تكمن الفكرة في أنه لا يوجد شيء يستطيع أن يتحرك عبر الماء بسرعة أكبر من سرعة الصوت. وفي مناطق معينة بالقرب من ثقب التصريف، يتحرك الماء باتجاه ثقب التصريف بسرعة كبيرة جدًا لا يستطيع الصوت الإفلات منها. ناقش مع طلابك بعض الخواص الفريدة لثقب التصريف هذا. ما أنواع الإشارات التي تستطيع الإفلات من أفق الصوت هذا أو لا تستطيع الإفلات منه؟

### لمزيد من التعمق >>>

**النتائج المتوقعة** في حين أن سرعة الشعاع الضوئي لا تتغير، إلا أن النظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين قد أثبتت أن الجاذبية تؤثر في الضوء بطريقة غير معتادة. فتُفقد الجاذبية الشعاع الضوئي بعض طاقته. وطاقة الشعاع الضوئي تساوي لونه. فكلما فقد الشعاع الضوئي طاقة، انخفض لونه لأسفل الطيف، من الأزرق إلى الأحمر وما يليه. وبالنسبة إلى اللون الأسود المنبعث من الثقب الأسود، فقد انخفضت طاقة الشعاع حتى وصلت إلى صفر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الوحدة 2 الإجابات

## القسم 1

### إتقان المفاهيم

26. ستختلف الإجابات. يمثل ما يلي نمطًا محتملاً للإجابة الصحيحة: " . . إذا كان متوسط نصف القطر المداري لكوكب ما $9.50\times10^{8}$ km. فما مقدار زمنه الدوري الذي تتوقعه؟"

27. يمثل مسار القمر "لو" إهليلجًا. يشترك مع المشتري في البؤرة ذاتها.

28. حيث إن الأرض تتحرك في مدارها ببطء أكبر خلال الصيف، ووفقًا للقانون الثاني لكبلر، يجب أن تكون أبعد عن الشمس. لذلك تكون الأرض أقرب إلى الشمس في أشهر الشتاء.

29. لا. إن تساوي المساحات الممسوحة في وحدة الزمن يُطبَّق على كل كوكب على حدة.

30. عرف نيوتن أن القمر يتحرك في مسار منحنٍ؛ لذلك فهو يتسارع. كما عرف أن التسارع يتطلب وجود قوة مؤثرة.

31. قاس الكتلتين والمسافة بينهما وقوة التجاذب بينهما بدقة، ثم حسب قيمة G باستخدام قانون نيوتن في الجذب الكوني.

32. وفقًا لقانون نيوتن، فإن $F_g \propto \frac{1}{r^2}$. فإذا ضاعفنا المسافة،

فقلّت القوة إلى الربع.

33. نظرًا لأن $\frac{4\pi^2}{r^3} = \frac{T^2}{Gm_S}$. فإذا ضاعفنا كتلة الشمس، $m_S$،

فستنخفض النسبة إلى النصف.

### إتقان حل المسائل

34. 12 y

35. 246 y

36. $4.16\times10^{23}$ N

37. $9.11\times10^{-31}$ kg

38. $6.5\times10^{-8}$ N

39. $6.1\times10^{-9}$ N

40. a. 489 N
    b. $4.90\times10^{2}$ N

41. a. $6.0\times10^{24}$ kg
    b. $5.5\times10^{3}$ kg/m³

42. $5.84\times10^{-10}$ N

43. $8.0\times10^{-10}$ N

44. كتلة النجم تساوي 1.91 أمثال كتلة الشمس.

45. 23 سنة

46. $\frac{F_E}{F_S} = \frac{1.0}{2.3}$

47. b> c> e> a> d

48. 0.37 kg، 0.75 kg

49. 101 N

50. $5.65\times10^{26}$ kg

51. 18 AU

52. a. $2.2\times10^{15}$ m²/s
    b. $2.0\times10^{11}$ m²/s

53. 79 يومًا

## القسم 2

### إتقان المفاهيم

54. سرعته؛ حيث إنه يسقط طوال الوقت.

55. تعتمد السرعة فقط على b. البعد عن الأرض، و c. كتلة الأرض.

56. قوة الجاذبية بينه وبين الأرض في اتجاه مركز الأرض

57. تعني قوة 5g أن وزن رائد الفضاء يساوي خمسة أمثال وزنه على الأرض. فالقوة التي تؤثر في رائد الفضاء تساوي خمسة أمثال قوة الجاذبية الأرضية.

58. يرى أينشتاين أن الجاذبية تمثل تأثيرًا لانحناء الفضاء تسببه الكتلة. في حين أن نيوتن يرى أن الجاذبية هي القوة التي تؤثر مباشرة في ما بين الأجسام. لذا، فوفقًا لأينشتاين، تكون الجاذبية بين الأرض والقمر تأثيرًا لانحناء الفضاء بسببه مجموع كتلتيهما.

59. $\frac{N}{kg} = \frac{kg\cdot m/s^2}{kg} = \frac{m}{s^2}$

60. ستتضاعف قيمة الثابت g.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الإجابات



## إتقان حل المسائل

61. a. $3.07\times10^{3}$ m/s أو 3.07 km/s
b. $8.66\times10^{4}$ s أو 24.1 h

62. a. 0.2 N/m
b. 20 N

63. a. $2.03\times10^{20}$ N
b. $2.80\times10^{-3}$ N/kg

64. ستختلف الإجابات. لكن النموذج الصحيح للإجابة هو "قمر صناعي يدور في مدار دائري حول الأرض. فإذا كان يتحرك بسرعة $8.3\times10^{3}$ m/s. فكم سيكون نصف قطره المداري؟"

65. a. $1.80\times10^{3}$ N
b. $8.00\times10^{2}$ N
c. $2.92\times10^{2}$ N

66. $2.64\times10$ km$^{3}$

67. a. $1.6\times10^{3}$ kg
b. $1.3\times10^{-10}$ m/s$^{2}$

68. $8.3\times10$ N$^{-9}$

69. $7.3\times10$ kg$^{22}$

70. 1.60 N/kg

71. $3.0\times10$ N$^{-47}$

72. a. $1.7\times10^{-10}$ N
b. $1.7\times10^{-12}$ N

73. 241 N

74. a. 29 N/kg
b. 1.1 N/kg
c. 4.9 N/kg

## تطبيق المفاهيم

75. لا يعتمد التسارع على كتلة الجسم. وذلك لأن الأجسام ذات الكتلة الأكبر تحتاج إلى قوة أكبر لتتسارع بالمعدّل نفسه.

76. يجب أن تعرف الزمن الدوري ونصف القطر المداري لأحد الأقمار على الأقل.

77. لا تعتمد الحركة المدارية لجسم ما على كتلته. ولا يمكن استخدامها لإيجاد الكتلة. تُستخدم صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر لإيجاد كتلة جسم ما عند معرفة قمر صناعي يدور حوله.

78. $\frac{1}{4}g$

79. لا شيء يتغير. حيث إن G ثابت كوني لا يعتمد على كتلة الأرض. ومع ذلك، ستتضاعف قوة جذبها.

80. ستتضاعف أيضًا.

81. سيكون المدار السفلي الأيمن هو المحتمل فقط. فالشمس ليست في بؤرة المدارين العلويين. وأما في المدار السفلي الأيسر، فإن الكوكب ليس في مدار حول الشمس.

82. لا. حيث إن القوتين تمثلان الفعل ورد الفعل. وتبعًا للقانون الثالث لنيوتن، فهما متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه.

83. القمر الصناعي ذو نصف القطر المداري الصغير له سرعة متجهة أكبر.

84. إذا زاد نصف القطر المداري، زاد كذلك الزمن الدوري.

85. قيمة g على المشتري تساوي ثلاثة أمثال قيمتها على الأرض.

86. كلما زادت كتلة الكوكب، قلّ الزمن الدوري للقمر الصناعي. وحيث إن كتلة الأرض أكبر من كتلة المريخ، سيكون الزمن الدوري للقمر الصناعي للأرض أقلّ.

87. a. تزداد كتلتك.
b. ستظل النسبة ثابتة لأنها تساوي مجال الجاذبية في الموقع.

88. لكي "تسقط" جسمًا إلى الأرض، يتعين عليك إطلاقه في اتجاه عكسي بالسرعة ذاتها التي تتحرك بها في المدار. وبالنسبة إلى الأرض، فإن سرعة الجسم العمودي على اتجاه الجاذبية الأرضية تساوي صفرًا. ومن ثم يمكن أن "يسقط" لأسفل باتجاه الأرض. ومع ذلك، فمن المرجح أن يحترق الجسم نتيجة الاحتكاك مع الغلاف الجوي للأرض في طريقه لأسفل.

89. يوضع القمر الصناعي في أقرب موقع ممكن لخط الاستواء، بحيث لا تكون حركته باتجاه الشمال أو الجنوب كبيرة. فيؤدي وجود القمر الصناعي على هذا البُعد إلى أن يكون زمنه الدوري 24.0 h. أما إذا كان أقرب من ذلك، فسيكون الزمن الدوري له أقل من 24.0 h وسيبدو أنه يتحرك باتجاه الشرق. وإذا كان أبعد من ذلك، فسيكون زمنه الدوري أطول من 24.0 h.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## مراجعة عامة

90. $2.01\times10^{30}$ kg

91. a. $1.7\times10^{3}$ m/s

b. $6.5\times10^{3}$ s

92. $r \geq 7.8\times10^{1}$ m

93. a. $1.2\times10^{2}$ min

b. $1.6\times10^{3}$ m/s

94. a. 0.707 شهر

b. 1.26 أمثال نصف القطر المداري الحالي للقمر

c. لن يتأثر طول السنة على الأرض. فهي لا تعتمد على كتلة الأرض.

95. $0.35T_M$

96. 84.5 min

## التفكير الناقد

97. عند مستوى سطح البحر: $c = 4.0\times10^{8}$ وحدات. $y = 9.77\ m/s^2$
على قمة جبل إفرست: $9.74\ m/s^2$
في المدار الطبيعي للقمر الصناعي: $9.47\ m/s^2$
في المدار الأعلى: $9.18\ m/s^2$

98. حوالي 8 min

99. a. $F_{Sm} = (5.90\times10^{-3}\ N)m$; $F_{Mm} = (3.40\times10^{-5}\ N)m$

b. تجذب الشمس الماء الموجود على سطح الأرض بقوة أكبر 100 مرة.

c. $(2.28\times10^{-6}\ N)m$

d. $(1.00\times10^{-6}\ N)m$

e. القمر

f. ينتج المد والجزر بشكل أساسي بسبب الفرق بين قوة جذب القمر لسطح الأرض القريب منه وسطح الأرض البعيد عنه.

## الكتابة في الفيزياء

100. أحد أقدم القياسات البسيطة جرت على يد العالم جيمس برادلي عام 1732. كما يجب أن تناقش الإجابات القياسات التي أُخذت أثناء مرور كوكب الزهرة التي رُصدت في تسعينيات القرن السابع عشر.

101. تمكن علماء الفلك من قياس السرعة المتجهة الصغيرة للنجوم الناتجة عن قوى جاذبية الكواكب الضخمة المؤثرة فيها. حيث جرى حساب السرعة المتجهة من خلال قياس انزياح دوبلر لضوء النجم الناتج عن هذه الحركة. وتتذبذب حركة النجم بسبب دوران الكوكب حوله، مما أتاح حساب الزمن الدوري للكوكب. وبمعرفة مقدار السرعة المتجهة، أمكنهم تقدير أبعاد الكوكب وكتلته. وبمقارنة أبعاد الكواكب في المجموعة الشمسية وأزمنتها الدورية بكواكب متعددة، واستخدام القانون الثالث لكبلر، يمكن للفلكيين الحصول على أبعاد النجوم والكواكب وكتلتها بشكل أفضل.

## مراجعة تراكمية

102. $4.0\times10^{2}$ km

103. 610 N

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## تدريب على الاختبار المعياري

### اختيار من متعدد

1. C
2. D
3. A
4. C
5. D

### الإجابة المفتوحة

6. $8 \times 10^5$ km

### سلم تقدير

يمثل سلم التقدير التالي نموذجًا لأداة تقدير الأسئلة مفتوحة الإجابة.

| النقاط | الوصف |
|---|---|
| 4 | يُظهر الطالب فهمًا كاملًا لموضوعات الفيزياء التي درسها. قد تتضمن الإجابة بعض الأخطاء البسيطة التي لا تؤثر في إظهار الفهم الكامل. |
| 3 | يُظهر الطالب فهمًا لموضوعات الفيزياء التي درسها. وتكون إجابته صحيحة في مجملها وتُظهر فهمًا أساسيًا وليس كاملًا لموضوعات الفيزياء. |
| 2 | يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا فقط لموضوعات الفيزياء التي درسها. وقد يكون قد استخدم الطريقة الصحيحة في الوصول إلى الحل، أو قدَّم حلًا صحيحًا، إلا أن عمله يفتقر إلى الفهم الأساسي لمفاهيم الفيزياء الأساسية. |
| 1 | يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا لموضوعات الفيزياء التي درسها. فالإجابة غير كاملة وتتضمن أخطاءً كثيرة. |
| 0 | يقدم الطالب حلًا غير صحيح إطلاقًا أو لا يجيب نهائيًا. |

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الوحدة 3

# الحركة الدورانية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education
D.K.MR Group/Alamy, (r)Photodisc/Getty Images

## نبذة عن الصورة

**الألعاب الدائرية** ربما ركب معظم الطلاب أرجوحة في الملاهي. تتكون هذه الألعاب من مقاعد مربوطة بسلاسل متصلة بعمود رأسي دوّار. اطلب من الطلاب وصف اللعبة من حيث السرعة الزاوية المتجهة من بداية ركوب اللعبة حتى نهايته. ما الذي يجعل السرعة الزاوية المتجهة للأرجوحة تتغير أثناء الركوب؟ ساعد الطلاب على فهم أن جميع الأجسام التي تغير سرعتها الزاوية المتجهة تخضع لمحصلة عزم دوران.

## نظرة عامة على الوحدة

على غرار السرعة الخطية، تخضع الحركة الدورانية لقوانين نيوتن. ولكن يوجد انحراف إضافي: تتعرض أجزاء الجسم المختلفة الدوّارة لسرعات متجهة وتسارعات مختلفة. يلزم معرفة مفاهيم جديدة مثل العزم وعزم القصور الذاتي وعدة رموز جديدة لوصف هذا النوع الشائع من الحركة. يلزم وجود العزم لتحديد هل الجسم في حالة اتزان دوراني أم لا.

قبل أن يدرس الطلاب المادة العلمية الواردة في هذه الوحدة، ينبغي عليهم دراسة:

- الحركة المتسارعة في بُعد واحد
- جمع متجهات في بُعدين
- قوانين نيوتن للحركة
- قوانين نيوتن للجذب العام
- الحركة المنتظمة في بُعد واحد

لحل المسائل الواردة في هذه الوحدة، سيحتاج الطلاب إلى التعرف على ما يلي:

- بيانات الرسم البياني
- الترميز العلمي
- الميل
- حل المعادلات من الدرجة الأولى

## استخدام التجربة الاستهلالية

في نشاط الأجسام الدوّارة، يمكن أن يكتشف الطلاب أجسامًا مختلفة في عزم القصور الذاتي.

## عرض الفكرة الرئيسة

**الحركة الخطية والدائرية** توقع ماذا سيحدث لليويو سقط أثناء الإمساك بنهاية الخيط. سيدور اليويو أثناء سقوطه. هل سيتسارع بسرعة $9.8\ m/s^2$؟ لا. أسقط اليويو للتأكد. نتج عن قوة الشد الصاعدة في الخيط وجود عزم مما تسبب في تغيير السرعة الزاوية المتجهة. قوة الشد الصاعدة هي السبب الذي لم يجعل اليويو يتسارع بسرعة $9.8\ m/s^2$ ولكن بسرعة أقل.

Chapter Sourced From: Rotational Motion, Chapter 8, from Glencoe Physics: Principles & Problems ©2017

## 1 مقدمة

### نشاط تحفيزي

**تدوير كرة القدم** باستخدام كرة قدم. اسأل الطلاب أولاً متى يمكن التعامل معها كجسيم نقطي. يمكن التعامل مع كرة القدم كجسيم نقطي عندما تكون حركتها الدورانية صغيرة مقارنة بسرعتها الخطية. عندما تمسك بها بين يديك وتدورها عرضًا في جميع الاتجاهات الممكنة، اطلب منهم التفكير في جميع الكميات التي يلزم تحديدها لوصف موضع كرة القدم وكيفية تدويرها وكيفية حركتها. لا ينبغي أن تتضمن الكميات $x$ و$y$ و$z$ (والسرعات المتجهة الثلاث) لمركز الكرة فحسب، بل ينبغي أن تتضمن أيضًا اتجاه الكرة حول محاور الدوران الثلاثة (محور رأسي ومحورين أفقيين) ومدى سرعة دورانها حول هذه المحاور الثلاثة. ناقش بإيجاز أجسام أخرى تُعد حركات دورانها مهمة بالنسبة إليها.

ض م بصري-مكاني

### الربط بالمعرفة السابقة

**الحركة الخطية** سيستخدم الطلاب الكميات التي تصف الحركة الخطية (الموضع والسرعة المتجهة والتسارع) وهندسة الدوائر لوضع معادلات للحركة الدورانية.

## 2 التدريس

### الإزاحة الزاوية

### تطوير المفاهيم

**الرموز اليونانية** ستكون الرموز المستخدمة للكميات الواردة في الحركة الدورانية — $\theta$ (ثيتا) و$\omega$ (أوميجا) و$\alpha$ (ألفا) و$\tau$ (تاو)—غير مألوفة لمعظم الطلاب. وضّح أن هذه الرموز تُستخدم للتمييز بين الحركة الخطية والدورانية.

**الراديان** يعتمد قياس الزاوية بالراديان (rad) على النسبة بين طول القوس ونصف قطر الدائرة. وضّح بالعمليات الحسابية أن وحدات الراديان بلا أبعاد.

### التعزيز

**الدرجة والراديان** لمساعدة الطلاب على التعود على القياس بالراديان، ارسم رسمًا دائريًا يوضح الزوايا شائعة الاستخدام (30° و45° و60° و90° و120° و180° وما إلى ذلك) وقياسات الراديان المرتبطة بها ($\frac{\pi}{6}$ و$\frac{\pi}{4}$ و$\frac{\pi}{3}$ و$\frac{\pi}{2}$ و$\frac{2\pi}{3}$ و$\pi$ وما إلى ذلك.) وضّح للطلاب متى يكون راديان واحد مناسبًا.

أم بصري-مكاني

### تطوير المفاهيم

**الذكرة الرئيسة** ضع تمثالاً صغيرًا على قرص دوّار باتجاه الحافة الخارجية. ضع التمثال على موضع الساعة 12 على القرص الدوّار. أعط طالبًا ساعة إيقاف لحساب وقت الحركة وطالبًا آخر شريط قياس من القماش الناعم. شغّل القرص الدوّار واطلب من الطالب حساب زمن حركة التمثال لعدة دورات. اطلب من الطالب قياس إجمالي المسافة التي قطعها التمثال باستخدام شريط القياس المصنوع من القماش. اسأل الطلاب إذا كانت هناك طريقة أسهل لقياس المسافة المقطوعة. قد يقول الطلاب إنه من الأسهل حساب عدد الدورات وقياس نصف قطر المسار الدائري لتحديد هذه القيمة من محيط الدائرة. أخبر الطلاب أن الإزاحة الزاوية $\theta$ ترتبط بالمسافة الخطية التي قاسها شريط القياس المصنوع من القماش وحدد الإزاحة الزاوية بالراديان. ثم اطلب من الطلاب تحديد متوسط السرعة الزاوية المتجهة $\omega$ بوحدات rad/s.

### التفكير الناقد

**الزوايا "الطبيعية"** للبدء، اطلب من الطلاب التفكير في طريقة طبيعية لقياس الزوايا. ثم ارسم على السبورة نصفي قطر في دائرة كبيرة بزاوية 60° تقريبًا ($\frac{\pi}{3}$ راديان) بعيدًا عن بعضهما. أوجد بدقة قياس نصف القطر وطول القوس المحصور. اطلب من الطلاب حساب نسبة طول القوس إلى نصف القطر وتحديد بأي صيغة يكون قياس الزاوية عدديًا أقرب من هذه النسبة. ينبغي أن تكون النسبة 1 تقريبًا وسيصبح $\frac{\pi}{3}$ رداديان الأقرب حينئذٍ. على هذا الأساس، يصبح الراديان الصيغة الطبيعية لقياس الزوايا. ض م بصري-مكاني

### عرض عملي سريع

### الإزاحة الزاوية

ف م حركي

**الزمن المقدّر** 10 min

**المواد** عجلة دراجة وعصا قياس وشريط قياس مصنوع من القماش.

**الإجراء** قِس نصف قطر العجلة. حدد نقطة واحدة على الجدار الجانبي للعجلة في الإطار الخارجي. ضع العجلة على الأرض بحيث تكون النقطة المحددة لأسفل. دوّر العجلة على الأرض دورة واحدة وقِس المسافة التي قطعتها العجلة على الأرض. استخدم هذه المعلومات لربط $\theta$ بالمسافة المقطوعة. ستكون المسافة المقطوعة $2\pi r$. ف م حركي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## السرعة الزاوية المتجهة والتسارع الزاوي

### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**متوسط السرعة والسرعة اللحظية** كما في حالة الحركة الخطية، تُعد قيم متوسط السرعة والسرعة اللحظية للسرعة الزاوية المتجهة والتسارع الزاوي للجسم محيرة في كثير من الأحيان. إذا كانت السرعة الزاوية المتجهة متغيرة، فيمكن للمرء دائمًا أن يحدد متوسط السرعة الزاوية المتجهة، لكن يمكن للمرء أيضًا في كل لحظة تحديد السرعة الزاوية المتجهة اللحظية. إذا كان الموضع الزاوي مرسومًا كدالة زمنية، فإن السرعة الزاوية المتجهة اللحظية ستمثل ظل الرسم البياني. إذا كانت السرعة الزاوية المتجهة تتغير بمعدل ثابت، فإن التسارع الزاوي المتوسط واللحظي سيكون واحدًا.

ض م منطقي-رياضي

### استعن بالجدول 1

**الإزاحة الزاوية والخطية** ارسم على السبورة رسمًا يوضح العلاقة بين الإزاحة الزاوية والخطية ويوضح كيفية زيادة $x$ مع $r$ لثبات $\theta$. وضّح، باستخدام رسومات الحركة، علاقة التشابه بين $v$ و$r$ لثبات $\omega$.

ض م بصري-مكاني

## 3 التقويم

### تقويم الفكرة الرئيسة

**حركة ساعة بها عقرب للثواني** أحضر إلى غرفة الفصل ساعة كبيرة بها عقرب للثواني. اطلب من الطلاب تحديد الإزاحة الزاوية بالراديان (بداية من 12) لعقرب الثواني عندما يصل إلى 9. $\theta = \frac{3\pi}{2}$ راديان. اطلب من الطلاب تحديد السرعة الزاوية المتجهة لعقرب الثواني. $\omega = 0.10\ \text{rad/s}$. اطلب من الطلاب تحديد التسارع الزاوي لعقرب الثواني. $\alpha = 0\ \text{rad/s}^2$.

### التأكد من الفهم

**توضيح السرعة الزاوية المتجهة** استخدم عجلة كبيرة. يُفضل واحدة مرفقة بها بكرة صغيرة. حدد نقطة على الإطار الخارجي. لف خيطًا حول العجلة. اسحب نهاية الخيط بسرعة متجهة ثابتة. اطلب من الطلاب ملاحظة السرعة الزاوية المتجهة للعجلة. كرر سحب الخيط بنفس السرعة المتجهة الثابتة تقريبًا كما كان من قبل. لف الخيط في هذه المرة حول البكرة الصغيرة. ولكن أولاً، اطلب منهم توقع هل ستتغير السرعة الزاوية المتجهة. السرعة الزاوية المتجهة: $\omega = \frac{v}{r}$.

بما أن نصف القطر أصغر، يجب أن تكون السرعة الزاوية المتجهة أكبر.

### التوسيع

**تحديد التسارع الزاوي** اطلب من الطلاب التفكير في عجلة معلقة على بُعد عدة أقدام من سطح الأرض يوازي محورها سطح الأرض. يوجد جسم ثقيل معلق في خيط ملفوف حول المحور عدة مرات. كيف يمكن استخدام المجسات لقياس التسارع الزاوي للعجلة؟ يمكن توصيل مستشعر الحركة الدورانية بالجهاز.

اسأل هل التسارع الخطي لنقطة على محيط الدائرة سيختلف إذا استُخدمت بكرة؟ $a = \frac{\alpha}{r}$ تعتمد العلاقة على $r$. عند استخدام البكرة، سيصبح $a$ أصغر بكثير.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## التأكد من فهم النصوص والأشكال

**التأكد من فهم الشكل**

يمثل المتغير $r$ المسافة التي تبعدها النقطة عن مركز الجسم الدوّار. يمثل المتغير $x$ المسافة التي تتحركها النقطة. يمثل المتغير $\theta$ زاوية الدوران.

**التأكد من فهم النص**

$4\pi$

**التأكد من فهم النص**

السرعة الزاوية المتجهة هي الإزاحة الزاوية للجسم مقسومة على الزمن الذي يستغرقه الجسم لتحقيق الإزاحة الزاوية.

**التأكد من فهم النص**

تصف السرعة الزاوية المتجهة والتسارع الزاوي على حد سواء حركة الجسم. ولكن التسارع الزاوي يساوي التغير الذي يحدث في السرعة الزاوية المتجهة مقسومًا على الوقت اللازم لحدوث التغيير.

## تطبيقات

1. a. $-120\pi$ rad أو $-377$ rad
   b. $-2\pi$ rad أو $-6.28$ rad
   c. $-\frac{\pi}{6}$ rad أو $-0.524$ rad
2. a. $6\pi$ rad
   b. $2\pi$ rad/min
   c. تسارع سالب لأن اللعبة تبطئ حتى تتوقف عن الحركة
3. 0.707 m
4. a. التغيرات التي تحدث في السرعة واحدة. لذا تصبح التسارعات الخطية واحدة.
   b. بسبب انخفاض نصف قطر العجلة من 35.4 cm إلى 24 cm. سيزيد التسارع الزاوي. $\alpha_1 = 5.23$ rad/s$^2$; $\alpha_2 = 7.7$ rad/s$^2$
5. بما أن $\omega = \frac{v}{r}$. إذا زاد $r$، فإن $\omega$ سيقل. سيقل أيضًا عدد الدورات.

## القسم 1 مراجعة

6. a. $2.36\times10^{6}$ s
   b. $2.66\times10^{-6}$ rad/s
   c. 4.63 m/s
   d. تبلغ السرعة على خط استواء الأرض 464 m/s أو 100 مرة أسرع تقريبًا.
7. a. $\Delta\theta = -\frac{\pi}{3}$ rad
   b. $\Delta\theta = -4\pi$ rad
   c. $\Delta\theta = -240\pi$ rad
8. $-8.3$ rad/s$^2$
9. الإزاحة الزاوية — نعم؛ المسافة الخطية — لا. لأنها دالة نصف القطر
10. a. $5.0\times10^{2}$ rev/min أو 52 rad/s
    b. $^{2}10\times2.4$ rev/min أو 25 rad/s
    c. $^{-3}10\times5.9-$ rad/s$^2$



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## 1 مقدمة

### نشاط تحفيزي

**ذراع الرافعة** استخدم باب غرفة الفصل أو جسمًا آخر كبيرًا يدور على محور حول حافة واحدة. اطلب من الطلاب اكتشاف كيف يغير موضع القوة المؤثرة واتجاهها دوران الباب. وضّح كيف يحدث أكبر دوران لأقل قوة عندما تؤثر القوة عموديًا في الباب إلى أبعد ما يمكن عن المفصلة. ض م حركي

### الربط بالمعرفة السابقة

**القوة** سيستخدم الطلاب مفهوم الحركة الزاوية وقانون نيوتن الثاني وهندسة الدوائر لتوضيح قانون نيوتن الثاني للحركة الدورانية.

## 2 التدريس

### القوة والسرعة الزاويّة المتجهة

### تطوير المفاهيم

**الحد الأقصى للعزم** عند لف خيط حول جسم، سيصبح دائمًا مماسًا للدائرة ومن ثَمَّ يكون عموديًا على نصف القطر. The torque exerted when you exert a force $F$ on the string is $\tau = rF$. ض م

### نشاط التحدي في الفيزياء

**الفكرة الرئيسة** أحضر كرة قدم إلى الفصل. أعطِ هذه الكرة إلى طالب واطلب منه أن يقف أمام الغرفة. ارسم "خط مرمى" على الأرض بشريط لاصق من نوع معين. اطلب من الطالب الذي يحمل كرة القدم أن يقف على بُعد بضع أقدام من "خط المرمى". كيف ينبغي التصدي للاعب لمنعه من الانتقال إلى "خط المرمى"؟ قد يجيب الطلاب أنه ينبغي التصدي للاعب عند مستوى تحت الخصر. احرص على أن تشرح للطلاب أن التصدي عند مستوى تحت الخصر يولّد عزمًا على اللاعب يجعل جسمه يدور بسرعة متجهة زاوية معينة. ستجعل هذه الحركة الزاوية اللاعب يرتطم بالأرض بشكل أسرع من ملامسته عند مستوى الخصر. قد تتسبب ملامسة اللاعب عند مستوى الخصر في انتقال اللاعب عدة أقدام قبل عرقلته لمنعه من الوصول إلى "خط المرمى". حرصًا على سلامة الطلاب، ذكّرهم بأن هذا مجرد عرض توضيحي ولا تسمح لهم بالتصدي للعارض.

### استعن بالشكل 6

**تصورات معادلة العزم** استكشف معادلة العزم: $\tau = Fr \sin\theta$. لاحظ أنه يمكن كتابتها بالصيغة $\tau = F(r \sin\theta)$ أو $\tau = r(F \sin\theta)$. في الحالة الأولى، يمكن تفسيرها كقوة، تقل بسبب الزاوية التي تؤثر فيها، مضروبة في المسافة. في الحالة الثانية، قوة مضروبة في ذراع رافعة، تعتمد على المسافة والزاوية التي تؤثر فيها القوة. ض م منطقي-رياضي

### المناقشة

**المسألة** عند أي نقطة بين جانب المفصلة والحافة الخارجية من الباب ستولّد قوة محددة عمودية على الباب نفس عزم قوة متساوية في القوة ولكن بزاوية 30° على طول الحافة الخارجية للباب؟

**الحل** سيكون العزم متساويًا إذا كانت القوة تؤثر في منتصف الباب. ض م

### مثال إضافي للحل داخل الفصل

يستخدم مع المثال 1.

**المسألة** ما القوة المطبقة عند استخدام مفتاح الربط نفسه (كما في مثال المسألة) بعزم مقداره 35–N·m عند زاوية مقدارها 75° من الخط العمودي؟

**الحل** مقارنة بالزاوية 60° من الخط العمودي في مثال المسألة، تعد الزاوية 75° من الخط العمودي أقرب إلى الزاوية القائمة بذراع نصف قطري. ومن ثَمَّ، فإن القوة اللازمة لبلوغ عزم 35 N·m ينبغي أن تقل عن القوة الموجودة في مثال المسألة.

$$F = \frac{\tau}{r \sin\theta} = \frac{(35\ \text{N·m})}{(0.25\ \text{m})\sin(75)} = 1.4\times10^{2}\ \text{N}$$

### التدريس المتمايز

**ضعاف البصر** استشعر العزم! أدر عصا المكنسة حول طرف واحد على المحور. ثبت خطافات في الجزء السفلي على مسافات متفاوتة من المحور. اسمح لأحد الطلاب ضعاف البصر بأن يختبر رفع جسم ثقيل. علّق الجسم من خطاف محدد أثناء رفع الطالب للطرف الحر لعصا المكنسة. اطلب من الطالب أن يصف القوة المبذولة على عصا المكنسة. صِف للطالب موقع الخطاف. كرر هذا النشاط باستخدام خطاف آخر واطلب من الطالب أن يكوّن علاقة بين العزم وذراع الرفعة. بدلاً من ذلك، اطلب من طالب أن يسحب خطافًا لأسفل باستخدام ميزان لبذل قوة ثابتة مع ضبط الزاوية لتغيير العزم. ض م حركي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

### التفكير الناقد

**رسم بياني لذراع رافعة** اسأل الطلاب عن كيفية تمثيل ذراع الرافعة بيانيًا. لتصور كيف أن تأثير قوة في زاوية يقلل من ذراع الرافعة، ينبغي أن يستخدم الطلاب المثال الموضح في **الشكل 6** لرسم ذراع الرافعة عند تأثير قوة في مفتاح بطول 25 cm بزاوية 15° و30° و45° و60° و75°. ما طول أذرع هذه الرافعة؟ 6.5 cm و12 cm و18 cm و22 cm و24 cm

ض م منطقي-رياضي

## إيجاد محصلة العزم

### استخدام التشبيه

**المتوسطات** نقطة التوازن، كما هي محددة حيث تساوي جميع المشاركات في مجموع محصلة العزم صفرًا. يمكن مقارنتها بأنواع أخرى من المتوسطات الرياضية. على سبيل المثال، فكّر في درجات الطلاب في امتحان العلوم. إن إضافة درجة أعلى بكثير من متوسط غرفة الفصل أو أقل بكثير منه ستجعل المتوسط يتحرك أكثر مقارنة بإضافة درجة أقرب إلى المتوسط الأولي.

### الفيزياء في الحياة اليومية

**مفتاح ربط العزم** يُعد بذل العزم الصحيح عند ربط برغي مهمًا جدًا — العزم ضعيف جدًا ولن يؤثر البرغي بقوة كافية لكي يبقي الجسمين معًا. ومن ناحية أخرى، إذا بذلت الكثير من العزم، فمن الممكن أن تكسر البرغي. صُمّم مفتاح ربط العزم ليمنع الشخص من بذل الكثير من العزم. يوجد في الطرز البسيطة مقبض مرن ومؤشر دقيق يحول المقدار الذي أثناه المقبض إلى عزم. بينما يوجد في الطرز الأغلى ثمنًا جهاز يصدر نقرة مسموعة عند بذل العزم الصحيح. يوجد في معظم المفاتيح الكهربائية والهوائية مؤشرات عزم مدمجة لمنع العمال من بذل عزم زائد.

### مثال إضافي للحل داخل الفصل

يستخدم مع المثال 2.

**المسألة افترض أن عائشة استُبدلت بآمال التي تزن 52 kg. أين ينبغي أن تجلس آمال؟**

**الحل** $F_{gM} = m_M g = (52\ \text{kg})(9.8\ \text{N/kg}) = 5.1\times10^{2}\ \text{N}$. استبدل 4.2 بـ 5.1 في المعادلة النهائية لتحصل على

$$r_M = \frac{(5.5\times10^{2}\ \text{N})(1.75\ \text{m})}{(5.5\times10^{2}\ \text{N} + 5.1\times10^{2}\ \text{N})} = -0.91\ \text{m}$$

### المناقشة

**المسألة** أخبر الطلاب أن يتخيلوا لوحًا خشبيًا متناسقًا ثقيلاً جدًا طوله $l$ وكتلته $m_1$ يمتد عبر مسافة $r$ على حافة منصة صغيرة. لم يُثبت اللوح على المنصة بأي طريقة. اسأل الطلاب عن العوامل التي تحدد أقصى قيمة للمسافة $r$ بحيث يمكن لشخص كتلته $m_2$ أن يمشي إلى نهاية اللوح. اطلب من الطلاب وضع معادلة لهذه المسافة القصوى.

**الحل** يعمل طول اللوح وموضع مركز اللوح بالنسبة إلى حافة المنصة وكتلة الشخص على تحديد المسافة القصوى.

ضع المعادلة مع الأخذ في الاعتبار أولاً أن اللوح متناسق. لذا يمكن اعتبار أن الكتلة تؤثر في مركزه. ثم افترض أن الشخص في نهاية اللوح أثناء ضبطه للحصول على أقصى مسافة $r$ قبل أن ينقلب اللوح. محصلة العزم تساوي صفرًا. اضبط العزم الذي في اتجاه عقارب الساعة بحيث يساوي العزم الذي في عكس اتجاه عقارب الساعة ثم أوجد الحل لمعرفة نتائج $r$

$$m_1 g\left(\frac{l}{2} - r\right) = m_2 gr,$$

ض م $$r = \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2}\right)\frac{l}{2}$$

### خلفية عن المحتوى

**الأرجوحة** السبب في جميع التغيرات التي تحدث في الحركة الدورانية هو محصلة العزم. عند دراسة حالة الأرجوحة، قد تحتاج إلى تذكير بعض الطلاب بأن العزم كمية متجهة في ديناميكا الحركة الدورانية يمكن جمعها. وقد تكون متوازنة أو غير متوازنة. إذا كان العزم غير متوازن على الأرجوحة، فإن اللوح سيدور. يبذل شخصان على النهايتين المتقابلتين من الأرجوحة عزمًا في اتجاهين متضادين. إذا كان عزمهما المبذول متساويًا في المقدار ومضادًا في الاتجاه، فإن اللوح لن يدور. إذا كان وزن الشخصين متساويًا، فإن اللوح سيصبح متزنًا عندما يجلسان على مسافة متساوية من المحور — أو نقطة الارتكاز، في هذه الحالة. إذا كان وزنهما غير متساوٍ، فإن الشخص الأثقل يجب أن يجلس بالقرب من المحور لكي يصبح اللوح متزنًا.

### توظيف مختبر الفيزياء

في نشاط الرفع، يمكن أن يوضح الطلاب كيف تقلل الرافعة من الجهد اللازم لإحداث قوى كبيرة.

### توظيف مختبر الفيزياء

في نشاط العزم، يمكن أن يقيس الطلاب القوى التي تُحدث العزم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## عزم القصور الذاتي

### تطوير المفاهيم

**المسافة والعزم** وضّح للطلاب أن العزم يُجمع إذا كان في الاتجاه نفسه ويُطرح إذا كان في اتجاه مختلف. اطلب من الطلاب التفكير في دفع باب لفتحه. يُعد مكان الدفع واتجاهه من العوامل المهمة في تحديد السهولة التي يمكنهم من خلالها دفع الباب لفتحه. ربما شاهد بعضهم الأطفال الصغار وهم يوضحون أنه عندما يدفعون الباب بعيدًا عن المفصلات (نقطة الدوران)، يصبح فتحه أسهل. بعبارة أخرى، تؤدي زيادة مسافة نصف القطر إلى زيادة العزم. قد يفهم الطلاب عزم القصور الذاتي بعد فهم أهمية المسافة في تعريف العزم. أ م بصري-مكاني

### استعن بالجدول 2

**توزيع الكتلة** اطلب من الطلاب مقارنة عزم القصور الذاتي لجسم كروي وأسطوانة وحلقة بنفس الكتلة ونصف القطر. ذكّر الطلاب أنه كلما كانت الكتلة بعيدة عن المحور، كان عزم القصور الذاتي أكبر. اسأل الطلاب عن الجسم الذي يوجد جزء كبير من كتلته بعيدًا عن المحور. توجد كتلة الحلقة جميعها على الحافة؛ الأسطوانة في الوسط، معظم كتلة الجسم الكروي بالقرب من المحور.

ض م

### تطوير المفاهيم

**تكامل الكتلة** يتطلب حساب عزم القصور الذاتي استخدام حساب التكامل. من الناحية النظرية، يقسّم الجسم إلى أجزاء صغيرة من الكتلة. تُضرب الكتلة الصغيرة في مربع المسافة من المحور. تُجمع حواصل الضرب هذه على جميع أجزاء الكتل الصغيرة.

### التعزيز

**توضيح** إذا كان لجسمين نفس الكتلة ولكنهما مختلفان في الشكل، فإن الجسم الذي وُزعت كتلته بعيدًا عن محور الدوران سيكون له عزم قصور ذاتي أكبر. اعرض للطلاب مجموعات ثنائية من الأجسام التي لها نفس الكتلة ولكنها مختلفة في الشكل، مثل الحلقة والقرص. اطلب منهم تحديد الجسم الذي ينبغي أن يكون عزم قصوره الذاتي أكبر. ينبغي أن يكون الطلاب قادرين على توضيح أن الشكل الحلقي له عزم قصور ذاتي أكبر. أ م حركي

### التدريس المتمايز

**الطلاب دون المستوى** اطلب من الطلاب أن يحققوا في كيفية تأثير عزم القصور الذاتي في السرعة المتجهة لجسم معين. اطلب من الطلاب أن يستخدموا طوقًا وقرصًا لهما نفس القطر والعرض والكتلة. اسأل الطلاب ما الجسم الذي توجد كتلته في أبعد نقطة من مركزه. الطوق ما تسأل الطلاب عنه حقًا هو تحديد كيف توزع كتلة كل جسم حول محور دورانه. اسأل الطلاب أن يتوقعوا ما الجسم الذي سيصل إلى الجزء السفلي من الميل أولاً. واطلب منهم أن يختبروا توقعاتهم. أرشد الطلاب أن يضعوا القرص والطوق على ميل ويحرروهما في آنٍ واحد. سيصل القرص الصلب إلى الجزء السفلي أولاً. أ م حركي

### مثال إضافي للحل داخل الفصل

يستخدم مع المثال 3.

**المسألة** في حالة تدوير العصا، في مثال المسألة 3، بمقدار حوالي ربع المسافة من جسم واحد مستدير، فكيف يمكن مقارنة عزم القصور الذاتي بالمثالين؟

**الحل** يبلغ جسم واحد مستدير ربع طول القضيب من المحور؛ يبلغ الجسم الآخر ثلاثة أرباع الطول. ومن ثَمّ، $I = m\left(\frac{1}{4}l\right)^2 + m\left(\frac{3}{4}l\right)^2 = m\left(\frac{5}{8}\right)l^2$.

إذن $I = (0.30\ \text{kg})\left(\frac{5}{8}\right)(0.65\ \text{m})^2 = 0.08\ \text{kg·m}^2$؛ ما الوسيط بين الحالتين الأخريين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

### عرض عملي سريع

#### نموذج عزم القصور الذاتي ومقاومةالحركة

**الزمن المقدّر** 10 دقائق

**المواد** شريط لاصق، أرباع، عصا قياس، ساعة إيقاف

**الإجراء**

1. ألصق أرباعًا على العلامتين 40 cm و60 cm على عصا القياس. **تحذير: ينبغي أن يرتدي الجميع نظارات واقية.**
2. اطلب من أحد الطلاب أن يمسك عصا القياس أفقيًا من العلامة 50 cm، بذراع ممدود. اطلب من طالب آخر أن يستخدم ساعة إيقاف لتسجيل مقدار الوقت الذي يحتاج إليه الطالب الأول ليؤرجح عصا القياس ذهابًا وإيابًا، من الاتجاه الأفقي إلى الرأسي، خمس مرات بأقصى سرعة ممكنة.
3. كرر هذا مع وضع أرباع عند العلامتين 25 cm و75 cm، ومرة أخرى عند العلامتين 10 cm و90 cm. اسأل الطلاب ماذا يحدث لزمن التأرجح (الوقت اللازم لكل تأرجح) عندما توزع الكتلة بعيدًا عن مركز الدوران. ينبغي أن يزيد الزمن بسرعة، زيادة مقدارها ثانية عن المرة الأولى. إذا بذل الطالب جهد النواء مماثلاً في كل المحاولات الثلاث، يوضح هذا أنه عندما توزع الكتل النقطية بعيدًا عن محور الدوران، تزداد مقاومتها للدوران أسرع مما ستشير إليه العلاقة الطردية. ض م حركي

### نشاط التحدي في الفيزياء

**اختبار صلاحية النماذج** اطلب من الطلاب أن يحسبوا عزم القصور الذاتي المضاف للربع بسبب دورانه. إذا كان الربع هو المسافة $r$ من محور الدوران، فإن عزم قصوره الذاتي ككتلة نقطية هو $I = mr^2$.

وعزم قصوره الذاتي كقرص رفيق هو $I_{disk} = m\left(\frac{1}{12}h^2 + \frac{1}{4}r^2\right)$. حيث $h$ هي كثافته و$r$ هي نصف قطره. احسب عزم القصور الذاتي المضاف بسبب دورانه. ما الكسر العشري لعزم قصوره الذاتي كجسيم نقطي عندما يبعد 10 cm عن المحور؟ وعندما يبعد 2 cm عن المحور؟

$m = 5.5\ \text{g},\ r = 12\ \text{mm},\ h = 1.3\ \text{mm}$.

$I_{disk} = 2.0\times10^{-7}\ \text{kg·m}^2$. عند 2 cm.

$I = 2.2\times10^{-6}\ \text{kg·m}^2$. عند 10 cm.

$I = 5.5\times10^{-5}\ \text{kg·m}^2$. إذن يكون عزم القصور الذاتي المضاف حوالي 9 بالمائة عند 2 cm. ويكون حوالي 0.4 بالمائة عند 10 cm. ق م منطقي-رياضي

### استخدام التجربة المصغّرة

في العزم المتوازن، يمكن للطلاب إيجاد شرط الاتزان وحساب العزم.

## قانون نيوتن الثاني للحركة الدورانية

### عرض عملي سريع

#### قانون نيوتن الثاني للحركة الدورانية

**الزمن المقدّر** 5 دقائق

**المواد** أنبوبتا مياه PVC 3/4″ طول كل منها 1 m، أربعة قضبان حديد تسليح طول كل قضيب 0.3 m

**الإجراء** أمام طلاب الفصل، أدخل قضيبين من الحديد المسلح في أنبوبة واحدة بحيث يتلاقيان عند المركز. أدخل القضيبين الحديدين الآخرين في الأنبوبة الأخرى بحيث يصبحان بمحاذاة أطراف الأنبوبة. اطلب من الطلاب رفع الأنابيب ليلاحظوا أن كتلها واحدة. اطلب من الطلاب أن يمسكوا كل أنبوبة من المركز ويقوموا بتدويرها إلى الأمام وإلى الخلف. يسهل ملاحظة العزم اللازم لتسريع الأنابيب في المعصمين.

### خلفية عن المحتوى

**وصف الحركة الدورانية** تتعلق الحركة الدورانية بحركة جسم صلب حول نقطة تُسمى محور الدوران. لوصفها، نستخدم نظامًا إحداثيًا يتيح لنا قياس الزوايا المتغيرة. التسارع الزاوي $\left(\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}\ \text{rad/s}^2\right)$ هو معدل تغير السرعة الزاوية المتجهة $\left(\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}\ \text{rad/s}\right)$.

تُعد السرعة الزاوية المتجهة والتسارع الزاوي كميات متجهة. يُحدَّد متجه التسارع الزاوي وفقًا لمتجه السرعة الزاوية المتجهة المشار إليه على طول محور الدوران. في الحركة الدورانية، نظرًا لأن عزم القصور الذاتي ($I$) يوضح كيفية توزيع كتلة جسم حول محور الدوران. يمكن أيضًا وصف العزم ($\tau$, tau) بأنه حاصل ضرب عزم القصور الذاتي في التسارع الزاوي $(\tau = I\alpha)$.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## مثال إضافي للحل داخل الفصل

يستخدم مع المثال 4.

**المسألة** تُسرِّع العجلة المستخدمة في مثال المسألة من نقطة السكون إلى 8.00 rev/s في 5.00 s فقط. إلى أي مدى ستتأثر القوة اللازمة؟

**الحل** تتغير كمية واحدة معروفة فقط ($t$). في الجزء "a"، يتضح التسارع الزاوي الآن عن طريق $\alpha = \frac{2\pi(8.00\ \text{rev/s})}{5.00\ \text{s}} = 10.1\ \text{rad/s}^2$. إنه أكبر ثلاثة أضعاف. يتناسب العزم والقوة أيضًا مع التسارع الزاوي، لذا يزيدان أيضًا ثلاثة أضعاف. ومن ثَمَّ، تساوي القوة 16.5 N.

## تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**القصور الذاتي والعزم** يمتلك عزم القصور الذاتي لكتلة نقطية عاملين هما قيمة الكتلة ومربع مسافتها من محور الدوران. ولأن العزم يتضمن حاصل ضرب القوة في قوة المسافة الأولى، قد يحدث خلط. قد يساعد التلميح التالي الطلاب على فهم هذا الأمر. أولاً، ذكِّر الطلاب أن التسارع الزاوي يرتبط بالتسارع الخطي، $a = r\alpha$. وبعد ذلك، ينبغي أن يطبق الطلاب قانون نيوتن الثاني للحركة الخطية، $\frac{F}{m} = r\alpha$ والآن، اطلب منهم ضرب كلا طرفي هذه المعادلة في $r$، $\frac{Fr}{m} = r^2\alpha$. إذن، $\alpha = \frac{Fr}{mr^2} = \frac{\tau}{I}$. يشكل التسارع الزاوي والعزم وعزم القصور الذاتي، على النحو المحدد، عمل قانون نيوتن الثاني للحركة الدورانية. ض م

## نشاط التحدي في الفيزياء

**سباق العلب** اطلب من الطلاب أن يتسابقوا لدحرجة علبتي حساء، حساء سائل مقابل حساء غليظ القوام، على لوح مائل. اسأل الطلاب ما العلبة التي تتفوق على الأخرى. لماذا؟ اطلب من الطلاب أن يبدؤوا السباق بعلب ذات أنصاف أقطار مختلفة ويحللوا النتائج ويعرضوها أمام الفصل. يتمثل مفتاح الفهم في اختيار محور الدوران في المكان الذي تلامس العلبةُ المائلَ فيه. اجمع عزم القصور الذاتي لجسم نقطي عند حافة العلبة على عزم القصور الذاتي للعلبة، إذن $I_{\text{علبة}} = mr^2 + I$. بعد ذلك، يؤدي تطبيق القانون الثاني لنيوتن إلى $a = \frac{g\sin\theta}{1 + \frac{k_{an}}{mr^2}}$.

تعمل علبة الحساء السائل كطوق لأن السائل لا يدور في وقت السباق القصير. تعمل علبة الحساء الغليظ القوام كأسطوانة صلبة لذا تفوقت على العلبة الأخرى. ولا يؤثر نصف قطر العلبة في التسارع. ق م حركي

## 3 التقويم

### تقويم الفكرة الرئيسة

**الاحتكاك بوصفه قوة عزم** أدر عجلة الدراجة أو جسمًا آخر يشبه القرص بحيث يتحرك بسرعة إلى حد ما. اطلب من الطلاب أن يكتبوا قائمة بالطرق المختلفة لإيقاف العجلة أو القرص باستخدام ممحاة سبورة طباشيرية أو سبورة بيضاء. اختبر عددًا قليلاً من الطرق. ما الطريقة التي تعمل على نحو أفضل؟ قد يجيب الطلاب أن أفضل طريقة هي تطبيق قوة على حافة العجلة ذات أكبر قدر ممكن من القوة. اشرح كيف تقل السرعة المتجهة الزاوية بشكل أسرع عند تطبيق أقصى عزم. تتطلب زيادة العزم إلى أقصى قدر تطبيق قوة بعيدة عن مركز العجلة قدر الإمكان.

### التأكد من الفهم

**التوضيح** قدِّم دراجة أو ركِّب عجلة أو ارسم ترس دراجة بدواسة على السبورة. اسأل الطلاب ما موقع الدواسة الذي سيختارونه لتشغيل الدراجة من نقطة السكون. واطلب منهم أن يستخدموا العزم وقانون نيوتن الثاني للحركة الدورانية في إجابتهم. عندما تكون الدواسة أفقية، يصبح العزم الخاص بقوة محددة أكبر ما يكون. إذا شغّل أحد دواسة الدراجة بزاوية تبدأ من 30° إلى 45° فوق المستوى الأفقي، فإن العزم يقل إلى 87 بالمائة فقط أو 71 بالمائة من أقصى قدر له. ولكن الدواسة يمكن أن تبعد قبل أن يهبط العزم إلى الصفر في الجزء السفلي. ض م

### إعادة التدريس

**عزم القصور الذاتي** راجع عزم القصور الذاتي وحقيقة أنه يمكن التعبير عنه كنسبة العزم إلى التسارع الزاوي. أحضر مجموعة متنوعة من الأجسام ذات كتلة متساوية وعزم قصور ذاتي مختلف، بداية من أنابيب مبطنة بحديد تسليح إلى قطع معدنية مستخدمة في أفلام رصاص أو حلقات وأسطوانات صلبة. اطلب من الطلاب أن يستنبطوا طرقًا لمقارنة قوى عزم القصور الذاتي للعنصرين. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## التأكد من فهم النصوص والأشكال

**التأكد من فهم الشكل**

يجب استخدام جيب الزاوية عندما لا تساوي الزاوية ($\theta$) 90°.

**التأكد من فهم النص**

يمثل المتغير $L$ طول ذراع الرافعة. يمثل المتغير $r$ المسافة الواصلة من محور الدوران إلى النقطة التي تطبق فيها القوة. يمثل المتغير $\theta$ الزاوية بين القوة ومحور الدوران إلى النقطة التي تطبق فيها القوة.

**التأكد من فهم النص**

يمثل المتغير $\tau$ العزم. يمثل المتغير $F$ القوة. يمثل المتغير $r$ المسافة الواصلة من محور الدوران إلى النقطة التي تطبق فيها القوة. يمثل المتغير $\theta$ الزاوية بين القوة ومحور الدوران إلى النقطة التي تطبق فيها القوة.

**التأكد من فهم الشكل**

يلزم عزم أقل عندما توضع يداك في منتصف الكتاب، لأن متوسط مسافة كتلة الكتاب من محور الدوران أقل بكثير في هذه الحالة.

**التأكد من فهم النص**

$I = mr^2$

## تطبيقات

11. $1.4 \times 10^2$ N
12. 0.407 m
13. a. 36.6°
    b. 30.2°
14. 94 N•m
15. $1.1 \times 10^2$ N•m; 0.0 N•m
16. 1.5 m
17. يجب بذل عزم مقداره +2.70 N•m.
18. 0.056 kg
19. 0.042 kg
20. 789 N
21. عند مضاعفة $r$، تُضرب $I$ 4 مرات.
22. كلما زادت الكتلة التي تبعد عن المركز، أصبح عزم القصور الذاتي أكبر. ومن ثَمَّ، تكون قيمة الكرة المجوفة أكبر من $I$.
23. a. $4.0\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$
    b. $2\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$
    c. $1.6\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$
24. a. تختلف قيم عزم القصور الذاتي. إذا كان التباعد بين الأجسام الكروية هو $r$ وتمتلك كل جسم كروي الكتلة $m$، إذن سيكون الدوران حول الجسم الكروي A هو $I = mr^2 + m(2r)^2 = 5mr^2$. وسيكون الدوران حول الجسم الكروي C هو $I = mr^2 + mr^2 = 2mr^2$. وسيكون عزم القصور الذاتي أكبر عند الدوران حول الجسم الكروي A.
    b. حول الجسم الكروي A: $0.020\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$ حول الجسم الكروي C: $0.008\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$
25. 16 rev/s
26. 9.0 N
27. 5.5 N
28. 4.3 N
29. $8.99\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$
30. 7.7 N

## التحدي في الفيزياء

B > C > D > A

## القسم 2 مراجعة

31. لتوليد عزم بأقل قوة، ينبغي أن تدفع بالقرب من الحافة وعند الزوايا القائمة للباب قدر الإمكان.
32. $\frac{F_{\text{صديق}}}{F_{\text{أنت}}} = 1.8$. يدفع صديقك ضعف ما تدفع أنت تقريبًا.
33. a. 0.44 N•m
    b. 1.6 N
34. 29 N•m
35. الجسم الكروي < القرص الصلب < العجلة. كلما قل عزم القصور الذاتي، قل العزم اللازم لتعطي جسمًا ما التسارع الزاوي نفسه.
36. $5.99\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$
37. العزم: $\tau = Fr \sin\theta$. تنتج القوة بسبب الاحتكاك. ويتسبب العزم في تدوير الكرة في اتجاه عقارب الساعة. وفي حالة عدم وجود احتكاك على السطح، فمن ثم لن توجد قوة موازية لهذا السطح ولا عزم ومن ثَمَّ لن يوجد دوران. تذكر، يتم تجاهل القوى التي تؤثر في النقطة المحورية (مركز الكرة). انظر دليل الحلول عبر الإنترنت للاطلاع على رسم الجسم الحر.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## 1 مقدمة

### نشاط تحفيزي

**نقطة التوازن** استخدم قضيبًا واحدًا صلبًا أو عصا أو خيطًا معينًا وثلاثة أثقال وأظهر حركة بسيطة. ينبغي أن يكون هناك ثقلان متساويان تقريبًا وأن يكون الثقل الثالث نصف وزنهما تقريبًا. اربط مجموعات مختلفة مكونة من ثقلين من الأثقال الثلاث في العصا. وفي كل حالة، حاول أن تحتفظ بالحركة عن طريق ربط قطعة أخرى من الخيط في نقطة التوازن التي يقترحها الطلاب. استمر في تجربة اقتراحاتهم حتى تتوازن الحركة. دع الطلاب يتصورون المكان الذي ينبغي أن تكون فيه نقطة التوازن في ضوء المجموعات المختلفة.

ض م بصري-مكاني

### الربط بالمعرفة السابقة

**الاتزان** سيجمع الطلاب بين مفهومي محصلة القوة وصافي العزم لتحليل حالات الاتزان. وبعد ذلك سيوسعون معرفتهم بالسرعة المتجهة الزاوية والسرعة المتجهة الخطية في الحالات التي تحدث فيها الحركة داخل إطار مرجعي دوّار.

## 2 التدريس

## مركز الكتلة

### تطوير المفاهيم

**أهمية مركز الكتلة** يمتلك جسم ما أو مجموعة أجسام مركز كتلة، وهو النقطة التي يمكن اعتبار الكتلة الكلية عندها فاعلة. على سبيل المثال، اطلب من الطلاب أن يحددوا موقع مركز كتلة جسم يزن 10 kg وجسم يزن 20-kg ويبعدان 3 m عن بعضهما البعض. في هذه الحالة، يقع مركز الكتلة على خط بين الجسمين عند نقطة تبعد 1 m عن جسم يزن 20 kg وعند نقطة تبعد 2 m عن جسم يزن 10 kg. ض م بصري-مكاني

### التعزيز

**الذكرة الرئيسة** صف هذا المشهد السينمائي وارسمه على السبورة. في أحد الأفلام المشهورة، تحاول عالمتان إغلاق باب يوجد ديناصور رابتور على جانبه الآخر. وتضغط إحداهما على الباب بالقرب من المقبض بينما تدفع الأخرى بالقرب من المفصلات. تزعم العالمة التي تدفع بالقرب من المفصلات أنها لا تتمكن من ترك الباب لتحمل سلاحًا لأن العالمة الأخرى لا تستطيع إغلاق الباب بمفردها. لماذا ينبغي على العالمة التي تدفع بالقرب من المفصلات أن توقف الدفع وتحمل السلاح؟ ربما يجيب الطلاب أن العالمة التي تدفع بالقرب من المفصلات تبذل عزمًا قليلاً في هذه الحالة وينبغي أن تدفع بالقرب من مقبض الباب أو تحمل السلاح.

اشرح أن العزم يزيد عندما تكون القوة أبعد ما يمكن عن المفصلات. ولفترة زمنية لا بأس بها، تبذل العالمة التي تدفع عن طريق المقبض العزم الذي يكفي لإبطال عزم رابتور. سيظل الباب في حالة الاتزان هذه، حيث تساوي كل محصلة القوى وصافي العزم صفرًا، بينما تغادر العالمة التي تدفع بالقرب من المفصلات لاستعادة السلاح.

### عرض عملي سريع

**مركز الكتلة**

**الزمن المقدّر** 10 دقائق

**المواد** قطعة كبيرة من الإسفنج (يبلغ سمكها 10 cm. وطولها حوالي 30-50 cm). عصوان من عصي التألق الكيميائي (يطول 15 cm تقريبًا)

**الإجراء**

1. جهّز العصا الكيميائية. اثقب فتحة في الإسفنج بالقرب من إحدى الحواف ثم مرر عصا التألق من خلالها. أوجد مركز كتلة الإسفنج بالإضافة إلى عصا التألق. حدد مركز الكتلة واثقب فتحة فيه ومرر عصا التألق الثانية من هذه الفتحة. إذا كانت عصي التألق غير ثقيلة بدرجة كافية، فأضف أثقالاً مثل ثقالات الرصاص.
2. ألقِ الإسفنجة في جميع أنحاء الغرفة. الأمر الذي يجعلها تدور بسرعة. اسأل ما المسار الذي اتخذته. هل كل الأجزاء اتبعت المسار نفسه؟ قوس: لا
3. ثم أطفئ أنوار الغرفة. ألقِ الإسفنج مرة ثانية. واطلب من الطلاب أن يصفوا المسار. سلكت عصا التألق في مركز الكتلة مسارًا مكافئًا؛ وشكلت العصا الأخرى دوائر حولها.

### الفيزياء في واقع الحياة

إذا كان الطلاب قادرين على رؤية تتبع جهاز الكمبيوتر لجسم لاعب **القفز العالي** الذي يتجاوز الآخرين في القفز، فسيرون مسارًا مرسومًا. حسب مركز كتلة لاعب القفز أو مركز الثقل، على هيئة قطع مكافئ مثالي. ابحث عبر الإنترنت عن مقطع فيديو لقفزات عالية وبرنامج لتحليل الفيديو. ساعد الطلاب على تحليل القفزات العالية باستخدام البرنامج.

## مركز الكتلة والثبات

### تطوير المفاهيم

**الإمالة** احصل على صناديق ذات أشكال مختلفة. املأ بعضها بمواد ثقيلة ومستقرة، إلى حد ما. لا تتحرك داخل الصندوق. اطلب من الطلاب أن يحاولوا قلب الصناديق (بحرص) ويحللوا الحالات التي تكون مستقرة فيها والحالات التي لا تكون مستقرة فيها. تحدّ الطلاب لإيجاد مركز كتلة الصناديق.

ض م حركي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## خلفية عن المحتوى

**مركز الكتلة ومركز الثقل** بالنسبة إلى جسم صلب. يستطيع الفرد أن يستبدل كتلة الجسم بأكملها بكتلة نقطية مساوية لكتلة الجسم التي تقع في مركز الجسم الصلب. سيدور الجسم حول مركز كتلته تقريبًا. يُعد مركز الكتلة أيضًا نقطة توازن الجسم؛ أي أن الجسم يمكن تعليقه من مركز كتلته ولن يدور. ولن يخرج عن حالة التوازن. وبالمثل، يجب أن تمر كل حبال تعليق الكتلة من خلال مركز الكتلة لأنه لا يمكن أن يوجد صافي العزم على الجسم عندما يكون معلقًا في حالة اتزان. هذا هو أساس الطريقة المستخدمة لإيجاد مركز الكتلة عن طريق تقاطع حبال التعليق. يُستخدم مصطلحا مركز الكتلة ومركز الثقل بالتبادل.

## استخدام التجربة المصغّرة

في ألعاب الخذروف، يستطيع الطلاب أن يطوروا مفهوم مركز الكتلة ويطبقوا قانون نيوتن الأول حيث يرتبط بتدوير الأجسام (القصور الذاتي الدوّار).

## توظيف محتبر الفيزياء

في نشاط الاتزان، يستطيع الطلاب أن يجمعوا بيانات عن القوى التي تؤثر في السفالات وينظمونها.

### التعزيز

**الثبات** راجع الثبات والاتزان مع الطلاب عن طريق طرح سؤال عليهم حول كيف يقفون لمنع أنفسهم من السقوط. اطلب من أحد الطلاب أن ينحني على الأرضية. ضع مرفقيه وساعديه على ركبتيه على الأرضية. اطلب من شخص آخر أن يضع صندوقًا صغيرًا في متناول يد هذا الطالب. ثم اطلب منه أن يضع يديه خلف ظهره ويحاول لمس الصندوق بأنفه. بصفة عامة، يكون الذكور غير مستقرين في هذه الحركة لأنه يجب عليهم أن يحركوا مركز كتلتهم الأعلى أمام الركبة. وعادة ما تستطيع الإناث القيام بهذه الحركة.

## شروط الاتزان

### عرض عملي سريع

**الاتزان ومركز الكتلة**

**الزمن المقدّر** 5 min

**المواد** لا يوجد

**الإجراء** اطلب من أحد الطلاب أن يقف على أطراف أصابعه مع وضع أصابع قدميه مقابلة لجدار ما. سيجد هذا الطالب ذلك صعبًا للغاية إن لم يكن مستحيلاً. ناقش السبب في ذلك.

### نشاط مشروع الفيزياء

**استقرار السيارات** يخضع استقرار السيارات، وخاصة السيارات التي لديها مراكز كتلة عالية مثل السيارات الرياضية، لنقاش عام ويحظى باهتمام كبير. اطلب من الطلاب إجراء بحث حول آراء الإدارة الوطنية لسلامة المرور على الطرق السريعة وجهات تصنيع السيارات والمستشارين المستقلين. لاحظ أن مناقشة الاستقرار، في هذه الوحدة، ركزت على الاستقرار السكوني. من ناحية أخرى، إذا كان الجسم في حالة دوران، فيلزم عزم إضافي لتقليل السرعة المتجهة الزاوية. يمكن استخدام صناديق لمحاكاة هذه الحالات. ينبغي أن يعرض الطلاب نتائجهم أمام طلاب الفصل. ض م لغوي

### مثال إضافي للحل داخل الفصل

يستخدم مع المثال 5.

**المسألة** افترض أن الفرد يرفع طرف السلم الأقرب إلى المسند B. فماذا ستكون القوة التي يجب أن يبذلها هذا الفرد؟ ما القوة التي سيبذلها المسند المتبقي؟

**الحل** في هذه الحالة، $l_B = 0$. القوتان غير المعروفتين هما $F_A$ و$F_B$. التغيير الوحيد في الحل هو $r_B$، الذي يساوي الآن 1.20 m. إذن

$$F_B = \frac{(0.30\ \text{m})(56.84\ \text{N})}{1.20\text{m}} = 14\ \text{N}$$

$$F_A = \left(\frac{1-0.30\text{m}}{1.20\text{m}}\right)(56.84\ \text{N}) = 43\ \text{N}$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## التفكير الناقد

**الاتزان السكوني** أخبر الطلاب أن كلمة سكوني **تعني "حالة غير متغيرة". ثم اسأل هل هذا التعريف** يعني أيضًا أنه لا يجب أن تكون هناك قوى تؤثر في جسم ما في حالة الاتزان السكوني. لا. أكد أن هناك قوى تؤثر في الأجسام التي توجد في حالة اتزان سكوني وأن هذه القوى متوازنة لذا تساوي محصلة قوتها صفرًا. كلمة اتزان مشتقة من كلمة "توازن".

## تطوير المفاهيم

**مركز الكتلة** اسأل الطلاب أين سيجدون مركز كتلة السلم. وسط درجة السلم المركزية. مع الافتراض أن الكثافة ثابتة. اطلب من الطلاب أن يرسموا رسمًا لجسم حر خاصًا بالقوى الموجودة على السلم الذي يرتكز على مسندين. تعيين القوى: يكون المسند الأيسر هو $F_A$ والمسند الأيمن هو $F_B$. تكون هذه القوى موازية لبعضها البعض وتؤثر في الاتجاه التصاعدي. اطلب من الطلاب أن يكتبوا محصلة القوة التي تؤثر في السلم للسلم الذي سيكون في حالة اتزان. $F_A + F_B - F_g = 0$, or $F_A + F_B = F_g$ ض م بصري-مكاني

## المهن

**المهندسون المعماريون والمصمّمون** يمكن الاستعانة بقوانين علم الإستاتيكا لتحليل القوى التي تؤثر في الأجسام التي تكون في حالة اتزان. يستخدم المهندسون المعماريون والمهندسون المدنيون قوانين علم الإستاتيكا لتحديد السلامة الهيكلية لتصميماتهم. في ميونيخ بألمانيا، يُعد مبنى بي إم دبليو ويلت منشأة للمؤتمرات مبنية بحيث يبدو السطح كسحابة عائمة. مكنت قوانين الإستاتيكا المهندسين المعماريين من استخدام 11 عمودًا فقط لدعم سطح فولاذي يمتد على بُعد $2\frac{1}{2}$ من ملاعب كرة القدم الموجودة على الأطراف.

## تطوير المفاهيم

**العزم** ذكّر الطلاب أن العزم هو حاصل ضرب القوة ($F$) في ذراع الرافعة $\tau = rF$ arm. في مثال المسألة، تقع كل من $F_A$ و$F_B$ و$F_g$ عمودية على السلم. اطلب من الطلاب أن يعرّفوا ذراع رافعة كل قوة. إنه المسافة الممتدة على طول السلم من محور الدوران إلى النقطة التي تؤثر فيها كل قوة. ض م

## التفكير الناقد

**الاتزان الدوّار** اطلب من الطلاب الرجوع مرة أخرى إلى مثال المسألة 5 داخل الفصل. وضّح أن المعادلة $F_A + F_B$ (أو $F_A + F_B = F_g$) $- F_g = 0$ تبين محصلة القوة التي تؤثر في السلم. واطلب منهم أن يجدوا $F_A$ و$F_B$.استخدم الشرط الثاني من شروط الاتزان السكوني: يجب أن يكون السلم في حالة اتزان دوّار. اسأل الطلاب ما الشرط اللازم ليصبح السلم في حالة اتزان دوّار. يجب أن يكون صافي العزم صفرًا. ض م

### التدريس المتمايز

**الطلاب دون المستوى** عادة ما تتضمن مسائل الاتزان معادلة لمحصلة القوة – حيث يجب أن يساوي مجموعها صفرًا للاتزان – ومعادلة أخرى لصافي العزم، حيث يجب أن يساوي مجموعها صفرًا أيضًا. تتضمن معظم المسائل التي يواجهها الطلاب جسمًا ذا توزيع منتظم للكتلة ووزنًا منفصلاً يؤثر في نقطة معينة على طول الجسم ونقطتين للدعم. ينبغي أن يدرك الطلاب أن اختيار محور الدوران عند النقطة التي تؤثر فيها إحدى القوى أو عند مركز كتلة الجسم الموزع سيبسط المسألة. تأكد أن الطلاب يستطيعون استخدام هذه المبادئ لصياغة المعادلات الصحيحة. ثم عالج معهم الصعوبات التي قد يواجهونها أثناء إكمال الحل الجبري. أ م

## الأطر المرجعية الدوّارة و"قوة" الطرد المركزي و"قوة" كوريوليس

### تحديد المفاهيم غير الصحيحة

**القوى الظاهرية** قد يظن الطلاب أنهم يشعرون بقوة تدفعهم إلى الخلف وهم بداخل سيارة تسرع إلى الأمام أو تدفعهم للخارج عند تغيير الاتجاه. أكد عليهم مرة ثانية أن قانون نيوتن الأول يطبق فقط في الإطارات المرجعية التي لا يمكن زيادة سرعتها. ومن ثَمَّ عندما تسرع السيارة إلى الأمام، يشعر الطالب أن هناك "قوة" تدفعه إلى الخلف. في الواقع، تدفع قوة ما الطالب إلى الأمام مع السيارة، الأمر الذي يجعل جسم الطالب يرجع إلى الخلف في المقعد. يبدو هذا كأنه قوة تدفع الطالب إلى الخلف، ويكون هذا في الحقيقة نتيجة للقصور الذاتي لجسم الطالب الذي يقاوم التسارع. ينطبق الأمر ذاته على "قوى" الطرد المركزي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

### التعزيز

**القوى الظاهرة** يبدو أن "قوى" الطرد المركزي وكوريوليس تظهر في الإطارات المرجعية الدوّارة، ولكن في كل حالة، يكون الأثر شخصيًا في الواقع من وجهة نظر الشخص أو الجسم الذي يقع ضمن الإطار المرجعي. على سبيل المثال، تشكل "قوة" الطرد المركزي مفهومًا خاطئًا عامًّا ورئيسًا، بالتحديد، لأنها تبدو حقيقية. وعلى الرغم من ذلك، يُعد فهم القوة الظاهرة مهمًا لأن قوانين نيوتن لا تطبق إلا في إطارات مرجعية ثابتة. ص م منطقي-رياضي

## 3 التقويم

### تقويم الفكرة الرئيسة

**توازن علب الصودا** اطلب من كل طالب أن يحضر علبة صودا فارغة. اطلب من الطلاب أن يحاولوا موازنة علب الصودا الفارغة على الحافة السفلية من العلبة. لماذا لن تتوازن العلبة الفارغة على الحافة؟ يولد مركز كتلة العلبة عزمًا حول النقطة المحورية. الأمر الذي يجعل العلبة تدور أو تُقلب. ثم اطلب من الطلاب أن يضيفوا كميات قليلة من الماء في العلب ببطء ليحددوا هل يستطيعون موازنة العلبة على حافتها السفلية أم لا. لماذا يمكن أن تتوازن العلب الآن؟ يقع مركز كتلة العلبة فوق النقطة المحورية مباشرة ولا يولد صافي العزم، مما يعني أن العلبة لن تُقلب.

### التأكد من الفهم

**مركز الكتلة** أعد حاملاً دائريًا. اربط شريطًا في الجزء العلوي من الحامل الدائري بحيث يشكل دعامة موازية للطاولة المختبرية. قدّم خيطًا ومقصًا وشريطًا لاصقًا وقلم تحديد وجسمًا صغيرًا غير منتظم الشكل. اجعل الطلاب يقتدون بأفعالك لإيجاد مركز كتلة الجسم الصغير غير منتظم الشكل. علّق الجسم من الدعامة. عندما يتوقف عن الحركة، حدد المكان الذي سقط فيه الخيط بشريط لاصق أو قلم تحديد. علّق الجسم مرة أخرى بحيث يسقط الخيط في موقع مختلف على الجسم. حدد الخط الذي شكله الخيط. مركز كتلة الجسم هو المكان الذي تقاطع فيه الخطان.

### إعادة التدريس

**عرض توضيحي للاتزان** اسأل الطلاب ماذا نحتاج للحفاظ على سكون جسم ممتد ساكن. عندما يساوي مجموع مركبات القوى في كل الاتجاهات الثلاث صفرًا، فلن يسرع الجسم. وضّح اختلال الاتزان عن طريق موازنة عصا قياس على إصبعك، ثم لُفّ الإصبع قليلاً بحيث تدور العصا. ناقش قوى العزم والقوى الفاعلة عندما تكون عصا القياس في حالة اتزان.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# القسم 3 الإجابات

## التأكد من فهم النصوص والأشكال

**التأكد من فهم النص**

مركز الكتلة هو نقطة تقع على الجسم وتتحرك بالطريقة نفسها التي سيتحرك بها جسيم نقطي.

**التأكد من فهم النص**

عندما يقع مركز الكتلة أعلى قاعدة الجسم، يصبح أكثر استقرارًا.

**التأكد من فهم النص**

قوة الطرد المركزي هي قوة ظاهرة. لا توجد بالفعل. يبدو أنها تدفع الجسم للخارج في شكل إطار مرجعي دوّار.

**التأكد من فهم النص**

ستحسب الزاوية، التي تقع في الاتجاه الغربي، اللازمة لتعويض دوران الأرض.

## تطبيقات

38. $F_B = 32\ \text{N};\ F_A = 8.0\times10^1\ \text{N}$

39. a. عكس اتجاه عقارب الساعة $(0.51\ \text{m})F_B$.
في اتجاه عقارب الساعة: $-(0.66\ \text{m})F_A$

b. $(0.51\ \text{m})F_B = -(0.66\ \text{m})F_A$

c. 31 N

d. ستصبح $F_A$ أكبر، وستصبح $F_B$ أقل.

40. $F_{\text{الوسط}} = 2.4\times10^2\ \text{N};\ F_{\text{النهاية}} = 0\ \text{N}$

41. $F_{\text{الوسط}} = 1.8\times10^3\ \text{N};\ F_{\text{النهاية}} = -8.3\times10^2\ \text{N}$

## القسم 3 مراجعة

42. a. يسقط كتاب معين دون أن يدور

b. تدور أرجوحة غير متوازنة حتى ترتطم قدم شخص ما بالأرض

43. نعم، يتحرك جسم ما كأن كل كتلته متمركزة عند مركز الكتلة. لا يتضمن التعريف شيئًا يتطلب أن تكون كل كتلة الجسم أو جزء منها في ذلك الموقع.

44. سيرتفع مركز كتلة السيارة، ولكن حجم قاعدتها لن يزيد. إذن يلزم إمالة السيارة بزاوية أصغر لتصل إلى مركز الكتلة خارج قاعدة السيارة.

45. يقع في وسط الأسطوانة في الجزء المفتوح.

46. الإجابة المحتملة: احصل على قطعة من الخيط واربط ثقلاً صغيرًا فيها. علّق الخيط والثقل في إحدى زوايا الكتاب. ارسم خطًا على طول الخيط. علّق الخيط والثقل في زاوية أخرى من الكتاب. وارسم خطًا على طول الخيط مرة أخرى. مركز الكتلة هو النقطة التي يتقاطع عندها الخطان.

47. تبذل كتلة الأرض قوة دفع لأسفل. يبذل سطح القرص الدوّار قوة دفع لأعلى لتوازن الجاذبية وقوة دفع للداخل بسبب الاحتكاك الذي يمد القطعة النقدية الصغيرة بتسارعها المركزي. لا توجد قوة دفع للخارج. إذا لم تكن هناك قوة للاحتكاك، فستتحرك القطعة النقدية الصغيرة في خط مستقيم.

48. على الرغم من أن الرياح توفر القوة التي تولّد تيارات المحيطات السطحية، يؤثر دوران الأرض بشكل كبير على حركة هذه التيارات. في اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي، وفي عكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي. نظرًا لدوران الأرض حول محورها شرقًا، تنحرف تيارات محيطية إلى اليمين (شرقًا) في نصف الكرة الشمالي وإلى اليسار (غربًا) في نصف الكرة الجنوبي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

آلية العمل

# الدوران السريع

## أجهزة الطرد المركزي

### الهدف

رؤية تطبيق مبادئ الحركة الدورانية في قطعة من المعدات المختبرية الشائعة، الطاردة المركزي

### الخلفية

من وجهة نظر علماء الفيزياء، لم يُصاغ اسم الطاردة المركزية المختبرية جيدًا. حيث تستغل الطاردة المركزية غياب قوة الجذب المركزي في الخليط السائل لتفصل ذلك الخليط. تتطلب الحركة الدائرية قوة. يتم توفير كل القوة على السائل عن طريق جدران أنبوبة الطاردة المركزية. أما داخل الأنبوبة فتفصل الكثافةُ المكونات المختلفة الخليط لأنها غير قادرة على توليد قوة جذب مركزي كافية على بعضها البعض لتحتفظ بتكوينها الأصلي.

### استراتيجيات التدريس

تستخدم عربة الكرنفال المعروفة مبادئ مماثلة. تعكس هذه العربة طبيعة الطاردة المركزية عن طريق تدوير الراكبين بسرعة حتى يمسكون بجدار العربة، حتى حينما تتحرك الأرضية من تحت أقدامهم. يشعر الراكبون أن العربة تميل على الرغم أنها لا تزال أفقية. يحدث هذا الوهم بسبب التسارع المركزي (الذي يدفع الحائط للداخل) الذي يحاكي القوة العمودية (التي تدفع الأرض لأعلى). صمّم نموذجًا لعربة الكرنفال من خلال تكليف طلاب الفصل بأن يضعوا تقديرات معقولة لمعدل الدوران والاحتكاك الموجود في العربة.

**لمزيد من التعمق <<<**

**النتائج المتوقعة** ستتنوع الإجابات. تستخدم الطاردات المركزية لفصل سوائل الجسم مثل الدم ولعزل الأحماض النووية والبروتينات من عينات الأنسجة المعالجة ولفصل البلاستيدات الخضراء أو العضيات الأخرى من الأنسجة الخلوية وفي العديد من الاستخدامات الأخرى.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الوحدة 3 الإجابات

## القسم 1

### إتقان المفاهيم

49. إنه ثابت.
50. يساوي صفرًا.
51. تدور كل أجزاء الجسم الصلب بمعدل السرعة المتجهة الزاوية نفسه وليس بنفس معدل السرعة المتجهة الخطية.
52. إنه للداخل (مركزي).

### إتقان حل المسائل

53. 0.600 rad
54. 51 rad/s
55. 0.49 m
56. a. 197 rad/s
    b. 492 rad
57. $-7.54\ \text{rad/s}^2$
58. 17.5 cm/s
59. a. 2.73
    b. 1.65
    c. $71g$
60.

## القسم 2

### إتقان المفاهيم

61. كلهم مختلفون. من لديه أكبر كتلة، ويقع على مسافة أبعد من المحور، لديه أكبر عزم قصور ذاتي.
62. يؤثر التسارع الزاوي في البرغي الذي يولّد قوة. يمكن بذل قوى عزم مختلفة بمفاتيح ربط ذات أطوال مختلفة.
63. ذكّر بأن $\tau = Fr \sin \theta$. إذًا، $E < D < C < = 0$. $B < A$.

### إتقان حل المسائل

64. 23N
65. 3.8 N·m
66. $0.050\ \text{kg·m}^2$
67. a. $7.5\times10^2\ \text{rad/s}$
    b. 0.72 N
68. $0.048\ \text{kg·m}^2$

## القسم 3

### إتقان المفاهيم

69. عندما تكون العجلة متوازنة، لدرجة أنها لا تميل (تدور) في اتجاه ما، لا يُبذل صافي العزم عليها. يعني هذا أن مركز الكتلة يقع عند النقطة المحورية.
70. يقع فوق الخط مباشرة بين النقاط التي تلامس العجلتان الأرض عندها. لا يُبذل صافي العزم على الشاحنة، لذا تكون مستقرة بشكل مؤقتة.
71. يجب أن يكون مركز كتلتك فوق نقطة الدعم. يقع مركز كتلتك في وسط جسمك تقريبًا. ومن ثم عندما تقف على أصابع قدميك، يجب أن يكون نصف جسمك تقريبًا أمام أصابع قدميك ونصف جسمك الآخر خلفها. إذا كانت أصابع قدميك مقابلة للحائط، فلا يمكن أن يقع جزء ما من جسمك أمام أصابع قدميك.
72. يحرك مركز كتلته بالقرب من رأسه.
73. يقع مركز كتلة السيارة ذات العجلات الأكبر عند أعلى نقطة. ومن ثَمّ، ليس من الضروري أن تميل بعيدًا جدًا قبل أن تتحرك إلى الجانب الآخر.

### إتقان حل المسائل

74. a. سيرفع نصف الكتلة فقط، في الطرف المقابل. $F_{least} = 61\ \text{N}$
    b. سيرفع الكتلة بأكملها، عند مركز كتلة اللوح (الأوسط). $F_{الأكبر} = 120\ \text{N}$
75. 1.16 m من أمام السيارة
76. $F_{right} = 62\ \text{N}$ لأعلى. $F_{left} = 38\ \text{N}$ لأعلى

### تطبيق المفاهيم

77. تمتاز الأسنان بسرعات متجهة خطية متطابقة، لأن أنصاف الأقطار مختلفة وم$v = \omega$، تقل السرعة المتجهة الزاوية للترس الأكبر.
78. يمكنك بذل عزم معين وقياس التسارع الزاوي الناتج.
79. كلما زادت الكتلة التي تبعد عن المحور، زاد عزم القصور الذاتي. إذا كان العزم ثابتًا، فسيزيد عزم القصور الذاتي وسيقل التسارع الزاوي. ومن ثم يكون لدى العجلة التي تقع كتلتها في الغالب عند المحور أقل عزم قصور ذاتي وأكبر تسارع زاوي. ويكون لدى العجلة التي تقع كتلها في الغالب بالقرب من الحافة أكبر عزم قصور ذاتي وأقل تسارع زاوي.
80. لا يمكن أن يزيد معدل دورانها إلا في حالة بذل عزم عليها. تولد قوة احتكاك المر الضيق على الكرة هذه القوة. وعندما تلف الكرة بدون انزلاق، فليس هناك المزيد من قوة الاحتكاك الحركي ومن ثم لا يوجد المزيد من العزم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الإجابات



81. ضع أنبوب إطالة على طرف مفتاح الربط لزيادة ذراع الرافعة أو ابذل قوة على الزوايا القائمة مع مفتاح الربط أو ابذل قوة أكبر. ربما عن طريق قيام شخصين بالدفع على طرف مفتاح الربط.

82. تولّد هذه القوى عزمًا يساوي صفرًا لأن ذراع الرافعة يساوي صفرًا.

83. يزيد القطب عزم القصور الذاتي بسبب كتلته وطوله. تُقرّب أطراف القطب المتدلية مركز الكتلة من السلك، ومن ثم تقلل العزم المبذول على السائر. يقلل عزم القصور الذاتي الزائد والعزم الناقص التسارع الزاوي إذا أصبح السائر غير متوازنًا. يستطيع السائر أيضًا أن يستخدم القطب بسهولة لتحريك مركز الكتلة فوق السلك لتعويض عدم الاستقرار.

84. لديك سرعة متجهة مماسية أمامية. لذا سيسقط المفتاح من يديك بفعل تلك السرعة المتجهة. لذا، ينبغي أن تلقيه في وقت مبكر.

85. يجعل هذا العزم الذي تولّده تلك القوة يساوي صفرًا. الأمر الذي يقلل عدد قوى العزم التي يجب حسابها.

86. سيكون عزم القصور الذاتي للجسم الذي يشبه قرصًا أقل من عزم القصور الذاتي للجسم الذي يشبه طوقًا. لذا $D > A > C > B > E$.

## مراجعة عامة

87. a. $\alpha = \frac{3g}{2l}$

b. لا، حيث تتغير الزاوية بين الباب والوزن. ومن ثَمّ، يتغير التسارع.

88. $5.0\times10^{2}\ \text{rad/s}^2$

89. $F_{\text{يسار}} = 1.5\times10^{2}\ \text{N};\ F_{\text{يمين}} = 6.0\times10^{2}\ \text{N}$

90. تستطيع سوكي أن تتحرك 0.848 m من الدعامة أو $1.75 - 0.848 = 0.90\ \text{m}$ من الطرف.

91. $-1.3\times10^{-3}\ \text{m/s}$

92. a. يظل مركز الكتلة دائمًا فوق نقطة التلامس مع سطح الأسطوانة الثابتة. لذا تحرك مركز الكتلة 2.50 m.

b. 2.00 m/s

c. 8 rad/s

93. a. 21 rad/s

b. 16 rev

c. $1.0\times10^{2}\ \text{rad}$

94. a. $-2.2\ \text{rad/s}^2$

b. $-1.3\times10^{-2}\ \text{N·m}$

95. لأن زيادة نصف القطر تقلل السرعة المتجهة الزاوية، فإنها ستقلل أيضًا قراءة عداد السرعة.

96. $F_{\text{الحبل}} = \frac{(0.86\ \text{m}^2/\text{s}^2)M}{h - 0.25\ \text{m}}$ لاحظ أنه عندما تسحب الصندوق عند ارتفاع مركز كتلته، تصبح قيمة المقام صفرًا. يعني هذا أنه يمكنك سحب مقدار قوة معين دون أن يُقلب الصندوق.

97. a. بما أن الكتل هي نفسها، إذن فالأوزان هي نفسها. ومن ثم يلزم نفس قوة الدفع لأعلى لرفع كل حمولة.

b. سيصبح من السهل منع قطعة الخشب الطويلة من الدوران لأنها تتسم بعزم قصور ذاتي أكبر.

98. a. 86 N

b. يتعين على فارس أن يرفع 2.0 m عن طرف اللوح الخاص بمراد.

## التفكير الناقد

99. $4.20\times10^{2}\ \text{N}$

100. a. 21 N·m

b. تساوي قوة الشد المبذولة في الحبل 64 N.

101. ستتنوع الإجابات. ولكن الصيغة الصحيحة للإجابة هي: "أن الحدافة تلف بسرعة متجهة زاوية مقدارها 20 rad/s عندما يُبذل تسارع زاوي ثابت مقداره $3.5\ \text{rad/s}^2$ لتبطئها. ما الزاوية التي لفت من خلالها بعد مرور 4 s؟"

102. ستختلف الإجابات. الصيغة المحتملة للإجابة الصحيحة هي: "يضع إحدى يديه على بُعد 20 cm أمام مركز السلم ويضع اليد الأخرى على بُعد 40 cm خلف مركز السلم. ما القوى التي تبذلها كل يد؟"

103. a. عندما $\omega = 0.0$

b. عندما $\alpha = 0.0$

c. عندما $\omega = 0.0$ لحظيًا، ولكن $\alpha$ لا تساوي صفرًا. ستظل $\omega$ في حالة تغيير.

d. نعم، طالما أن $\omega$ ثابتة ولا تساوي صفرًا.

104. يبذل الطريق قوة على الإطارات التي تُدخل السيارة في وضع سكون. ويكون مركز الكتلة فوق الطريق. ومن ثم يُبذل صافي العزم على السيارة، الأمر الذي يتسبب في تدويرها في الاتجاه الذي يجعل الجزء الأمامي ينزل لأسفل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## الكتابة في الفيزياء

105. بالنسبة إلى الكوكب والقمر ذوي الكثافات المتطابقة، فإن حد روش يساوي 2.446 ضعف نصف قطر الكوكب. يبلغ حد روش الأرض 18,470 km.

106. تعمل القوة التي تبذلها الأرض على الإطار على تسريع السيارة. يولّد المحرك هذه القوة. ويولّد هذه القوة عن طريق تدوير المحور. يساوي العزم القوة المبذولة على حافة الإطار مضروبة في نصف قطر الإطار. وقد تتسبب التروس الموجودة في ناقل الحركة في تغيير القوة ولكنها لا تغير العزم. ومن ثم يصل مقدار العزم الذي يولده المحرك إلى العجلات.

## مراجعة تراكمية

107.a. 24 N

b. $-2.0\ m/s^2$

108. 18.4°

109. 122 km/h عند 14.2° غرب الشمال

110. 972 N

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## تدريب على الاختبار المعياري

### اختيار من متعدد

1. C
2. B
3. C
4. D
5. B
6. C

### إجابات مفتوحة

7. 44 N·m

### معايير رصد الدرجات

يُعد سلم التقدير التالي أداة لتسجيل عينات الأسئلة التي تعتمد على الإجابات الحرة.

| النقاط | الوصف |
|---|---|
| 4 | يُظهر الطالب أن لديه فهمًا شاملًا للمبادئ الفيزيائية التي درسها. وقد تتضمن إجابته أخطاءً بسيطة لا تقلل من إظهار فهمه التام. |
| 3 | يُظهر الطالب أن لديه فهمًا للمبادئ الفيزيائية التي درسها. وتكون إجابته صحيحة في مجملها وتُظهر فهمًا أساسيًا وليس كاملًا لموضوعات الفيزياء. |
| 2 | يُظهر الطالب أن لديه فهمًا جزئيًا للمبادئ الفيزيائية التي درسها. وربما استخدم الطالب النهج الصحيح للتوصل إلى الحل أو ربما خرج بإجابة صحيحة، لكن عمله ينقصه فهم أساسي للمفاهيم الفيزيائية التي درسها. |
| 1 | يُظهر الطالب أن لديه فهمًا محدودًا للمبادئ الفيزيائية التي درسها. وتكون إجابته غير كاملة وبها أخطاء كثيرة. |
| 0 | يقدم الطالب إجابة غير صحيحة تمامًا أو لا يجيب على الإطلاق. |

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

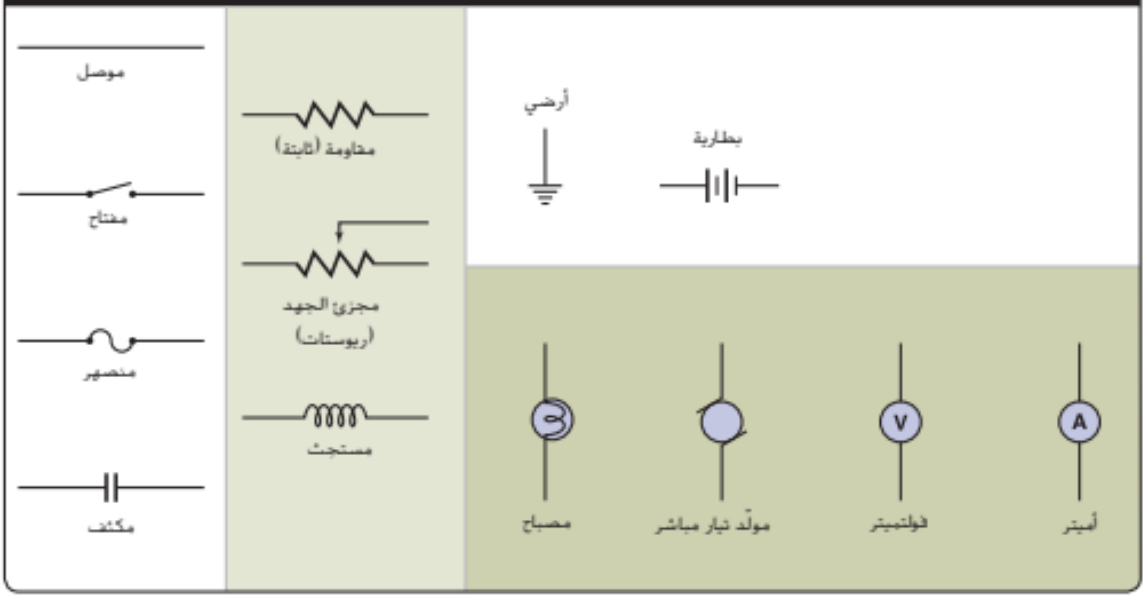
# الجداول المرجعية



## دليل الألوان

| | | | |
|---|---|---|---|
| متجه الإزاحة (x) | | شحنة سالبة | − |
| متجه السرعة المتجهة (v) | | شحنة موجبة | + |
| متجه التسارع (a) | | اتجاه التيار | |
| متجه القوة (F) | | إلكترون | |
| متجه كمية الحركة (p) | | بروتون | |
| شعاع ضوء | | نيوترون | |
| جسم | | محاور الإحداثيات | |
| شكل | | | |
| خط المجال الكهربائي (E) | | | |
| خط المجال المغناطيسي (B) | | | |

## رموز دائرة كهربائية




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



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات

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

## الوحدات المشتقة في النظام الدولي للوحدات

| الكمية | الوحدة | رمز الوحدة | الوحدة معبّر عنها بالوحدات الأساسية | الوحدة معبّر عنها بوحدات أخرى من النظام الدولي للوحدات |
|---|---|---|---|---|
| التسارع | متر للثانية المربعة | $m/s^2$ | $m/s^2$ | |
| المساحة | متر مربع | $m^2$ | $m^2$ | |
| السعة | فاراد | F | $A^2 \cdot s^4/(kg \cdot m^2)$ | |
| الكثافة | كيلوجرام للمتر المكعب | $kg/m^3$ | $kg/m^3$ | |
| شحنة كهربائية | كولوم | C | A·s | |
| المجال الكهربائي | نيوتن للكولوم | N/C | $kg \cdot m/(A \cdot s^3)$ | V/m |
| المقاومة الكهربائية | أوم | Ω | $kg \cdot m^2/(A^2 \cdot s^3)$ | V/A |
| القوة الدافعة الكهربائية (*EMF*) | فولت | V | $kg \cdot m^2/(A^2 \cdot s^3)$ | |
| الطاقة، الشغل | الجول | J | $kg \cdot m^2/s^2$ | N·m |
| القوة | نيوتن | N | $kg \cdot m/s^2$ | |
| التردد | هرتز | Hz | $s^{-1}$ | |
| الاستضاءة | لوكس | lx | $cd/m^2$ | |
| المجال المغناطيسي | تسلا | T | $kg/(A \cdot s^2)$ | N·s/(C·m) |
| فرق الجهد | فولت | V | $kg \cdot m^2/(A \cdot s^3)$ | W/A أو J/C |
| الطاقة | وات | W | $kg \cdot m^2/s^3$ | J/s |
| الضغط | باسكال | Pa | $(kg/m)s^2$ | $N/m^2$ |
| السرعة المتجهة | متر للثانية | m/s | m/s | |
| الحجم | متر مكعب | $m^3$ | $m^3$ | |

## تحويلات مفيدة

| | | |
|---|---|---|
| 1 in = 2.54 cm | 1 kg = $6.02 \times 10^{26}$ u | 1 atm = 101 kPa |
| 1 mi = 1.61 km | 1 oz = 28.4 g | 1 cal = 4.184 J |
| $1 mi^2$ = 640 acres | 1 oz = 2.21 lb | 1 eV = $1.60 \times 10^{-19}$ J |
| 1 gal = 3.79 L | 1 lb = 4.45 N | 1 kWh = 3.60 MJ |
| $1 m^3$ = 264 gal | 1 atm = 14.7 $lb/in^2$ | 1 hp = 746 W |
| 1 عقدة = 1.15 mi/h | 1 atm = $1.01 \times 10^5$ $N/m^2$ | 1 mol = $6.02 \times 10^{23}$ جسيمات |

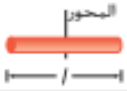
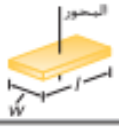
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الجداول المرجعية



| ثوابت فيزيائية | | | |
|---|---|---|---|
| الكمية | الرمز | القيمة | القيمة التقريبية |
| وحدة الكتل الذرية | u | $1.660538782\times10^{-27}$ kg | $1.66\times10^{-27}$ kg |
| عدد أفوجادرو | $N_A$ | $6.02214179\times10^{23}$ $mol^{-1}$ | $6.022\times10^{23}$ $mol^{-1}$ |
| ثابت بولتزمان | k | $1.3806504\times10^{-23}$ $Pa\cdot m^3/K$ | $1.38\times10^{-23}$ $Pa\cdot m^3/K$ |
| ثابت كولوم | K | $8.987551788\times10^{9}$ $N\cdot m^2/C^2$ | $9.0\times10^{9}$ $N\cdot m^2/C^2$ |
| الشحنة الأساسية | e | $1.60217653\times10^{-19}$ C | $1.602\times10^{-19}$ C |
| ثابت الغاز | R | 8.314472 $Pa\cdot m^3/mol\cdot K$ | 8.31 $Pa\cdot m^3/mol\cdot K$ |
| ثابت الجاذبية | G | $6.67428\times10^{-11}$ $N\cdot m^2/kg^2$ | $6.67\times10^{-11}$ $N\cdot m^2/kg^2$ |
| كتلة الإلكترون | $m_e$ | $9.10938215\times10^{-31}$ kg | $9.11\times10^{-31}$ kg |
| كتلة البروتون | $m_p$ | $1.672621637\times10^{-27}$ kg | $1.67\times10^{-27}$ kg |
| كتلة النيوترون | $m_n$ | $1.674927211\times10^{-27}$ kg | $1.67\times10^{-27}$ kg |
| ثابت بلانك | h | $6.62606896\times10^{-34}$ J·s | $6.63\times10^{-34}$ J·s |
| سرعة الضوء في الفراغ | c | $2.99792458\times10^{8}$ m/s | $3.00\times10^{8}$ m/s |

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

**كثافة بعض المواد الشائعة**

| المادة | الكثافة ($g/cm^3$) |
|---|---|
| الألمنيوم | 2.70 |
| الكادميوم | 8.65 |
| النحاس | 8.92 |
| الجرمانيوم | 5.32 |
| الذهب | 19.32 |
| الهيدروجين | $8.99\times10^{-5}$ |
| الإنديوم | 7.31 |
| الحديد | 7.87 |
| الرصاص | 11.34 |
| الزئبق | 13.534 |
| الأكسجين | $1.429\times10^{-3}$ |
| السيليكون | 2.33 |
| الفضة | 10.5 |
| الماء (4°C) | 1.000 |
| الخارصين | 7.14 |

**درجات الانصهار والغليان**

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

**الحرارة النوعية**

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

**الحرارة الكامنة للانصهار والتبخر**

| المادة | الحرارة الكامنة للانصهار، $H_f$ (J/kg) | الحرارة الكامنة للتبخر، $H_v$ (J/kg) |
|---|---|---|
| النحاس | $2.05\times10^5$ | $5.07\times10^6$ |
| الذهب | $6.30\times10^4$ | $1.64\times10^6$ |
| الحديد | $2.66\times10^5$ | $6.29\times10^6$ |
| الرصاص | $2.04\times10^4$ | $8.64\times10^5$ |
| الزئبق | $1.15\times10^4$ | $2.72\times10^5$ |
| الميثانول | $1.09\times10^5$ | $8.78\times10^5$ |
| الفضة | $1.04\times10^5$ | $2.36\times10^6$ |
| الماء (متجمد) | $3.34\times10^5$ | $2.26\times10^6$ |

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

| معاملات التمدد الحراري عند 20°C | | |
|---|---|---|
| المادة | معامل التمدد الطولي $\alpha\ (°C^{-1})$ | معامل التمدد الحجمي $\beta\ (°C^{-1})$ |
| **المادة الصلبة** | | |
| الألمنيوم | $23\times10^{-6}$ | $69\times10^{-6}$ |
| النحاس الأصفر | $19\times10^{-6}$ | $57\times10^{-6}$ |
| الخرسانة | $12\times10^{-6}$ | $36\times10^{-6}$ |
| النحاس | $17\times10^{-6}$ | $51\times10^{-6}$ |
| الزجاج (عادي) | $9\times10^{-6}$ | $27\times10^{-6}$ |
| الزجاج (مقاوم للحرارة) | $3\times10^{-6}$ | $9\times10^{-6}$ |
| حديد، صلب | $12\times10^{-6}$ | $35\times10^{-6}$ |
| بلاتينيوم | $9\times10^{-6}$ | $27\times10^{-6}$ |
| **السوائل** | | |
| البنزين | | $950\times10^{-6}$ |
| الزئبق | | $180\times10^{-6}$ |
| الميثانول | | $1200\times10^{-6}$ |
| الماء | | $210\times10^{-6}$ |
| **الغازات** | | |
| الهواء (ومعظم الغازات الأخرى) | | $3400\times10^{-6}$ |

| سرعة الصوت في أوساط متنوعة | |
|---|---|
| الوسط (0°C) | السرعة (m/s) |
| الهواء (0°C) | 331 |
| الهواء (20°C) | 343 |
| الهيليوم (0°C) | 972 |
| الهيدروجين (27°C) | 1310 |
| الماء (25°C) | 1497 |
| ماء البحر (25°C) | 1533 |
| المطاط | 1600 |
| النحاس (25°C) | 3560 |
| الحديد (25°C) | 5130 |
| زجاج مقاوم للحرارة | 5640 |
| ألماس | 12,000 |

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

| ثابت العزل الكهربائي، $k$ (20°C) | |
|---|---|
| الفراغ | 1.0000 |
| الهواء (1 atm) | 1.00059 |
| النيون (1 atm) | 1.00013 |
| الزجاج | 4–7 |
| الكوارتز | 4.3 |
| كوارتز منصهر | 3.75 |
| الماء | 80 |

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

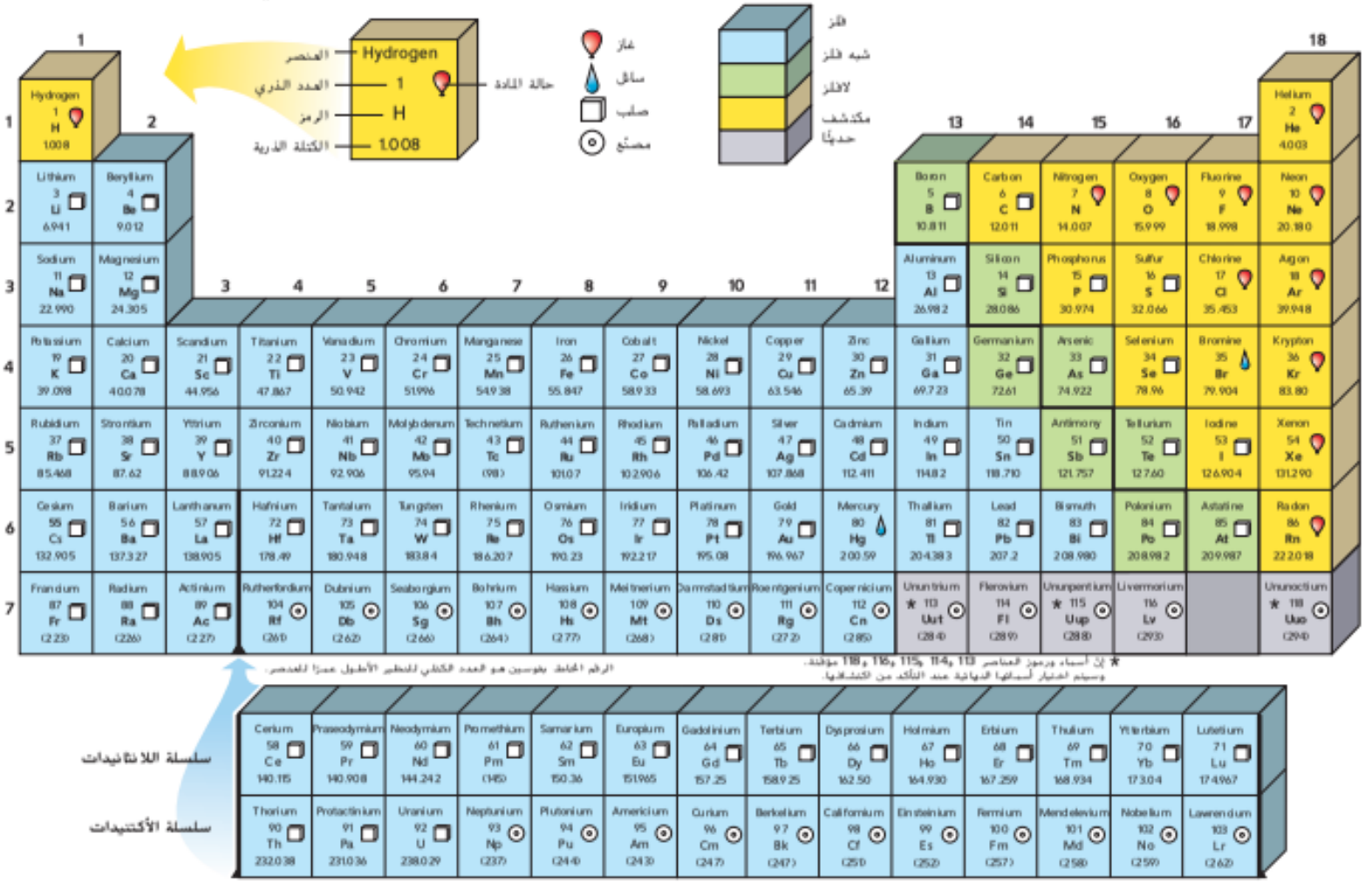
تشير R إلى الحركة العكسية.

| القمر | |
|---|---|
| الكتلة | $0.073\times10^{24}$ kg |
| نصف القطر الاستوائي | 1738 km |
| متوسط الكثافة | 3340 $kg/m^3$ |
| الوضاءة | 0.11 |
| متوسط المسافة من الأرض | $384\times10^{3}$ km |
| مدة الدورة المدارية | 27.3 يومًا من أيام الأرض |
| الدورة الاقترانية (الشهرية) | 29.53 يومًا من أيام الأرض |
| الميل المداري | 5.1° |
| الانحراف المداري | 0.055 |
| فترة دوران الكوكب حول محوره | 655.7 h |
| قوة مجال الجاذبية بالقرب من السطح | 1.6 N/kg |

| الشمس | |
|---|---|
| الكتلة | $1.99\times10^{30}$ kg |
| نصف القطر الاستوائي | $6.96\times10^{8}$ m |
| متوسط الكثافة | 1408 $kg/m^3$ |
| القدر المطلق | +4.83 |
| الضياء | $3.846\times10^{26}$ J/s |
| نوع الطيف | G2 V |
| فترة دوران الكوكب حول محوره (استوائي) | 609.12 h |
| متوسط إنتاج الطاقة | $0.1937\times10^{-3}$ J/kg |
| متوسط درجة الحرارة على السطح | 5778 K |

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# الجدول الدوري للعناصر




الجداول المرجعية

## العناصر

| العنصر | الرمز | العدد الذري | الكتلة الذرية | العنصر | الرمز | العدد الذري | الكتلة الذرية |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الأكتينيوم | Ac | 89 | (227) | الموليبديوم | Mo | 42 | 95.96 |
| الألمنيوم | Al | 13 | 26.982 | النيوديميوم | Nd | 60 | 144.24 |
| الأمريسيوم | Am | 95 | (243) | النيون | Ne | 10 | 20.180 |
| الأنتيمون | Sb | 51 | 121.760 | النبتونيوم | Np | 93 | (237) |
| الأرجون | Ar | 18 | 39.948 | النيكل | Ni | 28 | 58.693 |
| الزرنيخ | As | 33 | 74.922 | النيوبيوم | Nb | 41 | 92.906 |
| الأستاتين | At | 85 | (210) | النيتروجين | N | 7 | 14.007 |
| الباريوم | Ba | 56 | 137.327 | النوبليوم | No | 102 | (259) |
| البركيليوم | Bk | 97 | (247) | الأوزميوم | Os | 76 | 190.23 |
| البريليوم | Be | 4 | 9.012 | الأكسجين | O | 8 | 15.999 |
| البزموت | Bi | 83 | 208.980 | البالاديوم | Pd | 46 | 106.42 |
| البوريوم | Bh | 107 | (272) | الفوسفور | P | 15 | 30.974 |
| البورون | B | 5 | 10.811 | البلاتينيوم | Pt | 78 | 195.078 |
| البروم | Br | 35 | 79.904 | البلوتونيوم | Pu | 94 | (244) |
| الكادميوم | Cd | 48 | 112.411 | البولونيوم | Po | 84 | (209) |
| الكالسيوم | Ca | 20 | 40.078 | البوتاسيوم | K | 19 | 39.098 |
| كاليفورنيوم | Cf | 98 | (251) | البراسيوديميوم | Pr | 59 | 140.908 |
| الكربون | C | 6 | 12.011 | البروميثيوم | Pm | 61 | (145) |
| السيريوم | Ce | 58 | 140.116 | البروتكتينيوم | Pa | 91 | 231.036 |
| السيزيوم | Cs | 55 | 132.905 | الراديوم | Ra | 88 | (226) |
| الكلور | Cl | 17 | 35.453 | الرادون | Rn | 86 | (222) |
| الكروم | Cr | 24 | 51.996 | الرينيوم | Re | 75 | 186.207 |
| الكوبلت | Co | 27 | 58.933 | الروديوم | Rh | 45 | 102.906 |
| الكومرنيسيوم | Cn | 112 | (285) | الرونتجينيوم | Rg | 111 | (280) |
| النحاس | Cu | 29 | 63.546 | الروبيديوم | Rb | 37 | 85.468 |
| الكوريوم | Cm | 96 | (247) | الروثينيوم | Ru | 44 | 101.07 |
| الدارمشتاتيوم | Ds | 110 | (281) | الرذرفورديوم | Rf | 104 | (265) |
| الدبنيوم | Db | 105 | (262) | السمريوم | Sm | 62 | 150.36 |
| الدسبروزيوم | Dy | 66 | 162.500 | السكانديوم | Sc | 21 | 44.956 |
| آينشتاينيوم | Es | 99 | (252) | السيبورجيوم | Sg | 106 | (271) |
| الأربيوم | Er | 68 | 167.259 | السيلينيوم | Se | 34 | 78.96 |
| الأوروبيوم | Eu | 63 | 151.964 | السيليكون | Si | 14 | 28.086 |
| الفيرميوم | Fm | 100 | (257) | الفضة | Ag | 47 | 107.868 |
| الفلور | F | 9 | 18.998 | الصوديوم | Na | 11 | 22.990 |
| الفرانسيوم | Fr | 87 | (223) | الإسترانشيوم | Sr | 38 | 87.62 |
| الغادولينيوم | Gd | 64 | 157.25 | الكبريت | S | 16 | 32.065 |
| الغاليوم | Ga | 31 | 69.723 | التنتالوم | Ta | 73 | 180.948 |
| الجرمانيوم | Ge | 32 | 72.63 | التكنيشيوم | Tc | 43 | (98) |
| الذهب | Au | 79 | 196.967 | التيلوريوم | Te | 52 | 127.60 |
| الهفنيوم | Hf | 72 | 178.49 | التربيوم | Tb | 65 | 158.925 |
| الهاسيوم | Hs | 108 | (270) | الثاليوم | Tl | 81 | 204.383 |
| الهيليوم | He | 2 | 4.003 | الثوريوم | Th | 90 | 232.038 |
| الهولميوم | Ho | 67 | 164.930 | الثليوم | Tm | 69 | 168.934 |
| الهيدروجين | H | 1 | 1.008 | القصدير | Sn | 50 | 118.710 |
| الإنديوم | In | 49 | 114.81 | التيتانيوم | Ti | 22 | 47.867 |
| اليود | I | 53 | 126.904 | التنجستن | W | 74 | 183.84 |
| الإيريديوم | Ir | 77 | 192.217 | اليورانيوم | U | 92 | 238.029 |
| الحديد | Fe | 26 | 55.847 | الفاناديوم | V | 23 | 50.942 |
| الكريبتون | Kr | 36 | 83.798 | الزينون | Xe | 54 | 131.293 |
| اللانثانوم | La | 57 | 138.906 | الإيتربيوم | Yb | 70 | 173.04 |
| اللورنسيوم | Lr | 103 | (262) | الإيتريوم | Y | 39 | 88.906 |
| الرصاص | Pb | 82 | 207.2 | الخارصين | Zn | 30 | 65.38 |
| الليثيوم | Li | 3 | 6.941 | الزركونيوم | Zr | 40 | 91.224 |
| اللوتيشيوم | Lu | 71 | 174.967 | العنصر *113 | Uut | 113 | (284) |
| الماغنسيوم | Mg | 12 | 24.305 | العنصر *114 | Uuq | 114 | (289) |
| المنجنيز | Mn | 25 | 54.938 | العنصر *115 | Uup | 115 | (288) |
| الماينتريوم | Mt | 109 | (276) | العنصر *116 | Uuh | 116 | (293) |
| المندليفيوم | Md | 101 | (258) | العنصر *118 | Uuo | 118 | (294) |
| الزئبق | Hg | 80 | 200.59 | | | | |

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

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

**سلامة العين**
يجب دائمًا ارتداء نظارة واقية عند إجراء الأنشطة العلمية أو مراقبتها.

**وقاية الملابس**
يظهر هذا الرمز عندما يحتمل أن تسبب المواد بقعًا أو حرقًا للملابس.

**نشاط إشعاعي**
يظهر هذا الرمز عند استخدام المواد المشعة.

**غسل اليدين**
بعد كل تجربة، اغسل يديك بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# شكر و تقدير

## نسخة الطلاب

vii (t)McGraw-Hill Education, (bl) McGraw-Hill Education, (br) McGraw-Hill Education; x Glow Images; xi Roberto Caucino/ Shutterstock.com; xii Wavebreak Media Ltd/123RF; xiii NASA GSFC image by Robert Simmon and Reto Stöckli; xviii (t)Fuse/Getty Images, (b)Jiro Mochizuki/Image of Sport/Newscom; xix (tr)I Dream Stock/SuperStock, (tr)Heinz Hemken/iStock/Getty Images, (tr) xiaoke ma/Getty Images, (tr) Casey Lee/E+/Getty Images, (tr)Howard Lipin/ZUMApress/ Newscom, (cl)Ryan McVay/ Getty Images, (cl)McGraw-Hill Education, (cl)Image Source/ Alamy, (cl)Richard Hutchings/ Digital Light Source, (cl)C Squared Studios/Getty Images, (cl)Ryan McVay/Getty Images, (cl)Dja65/ Shutterstock.com, (cl)Darren Pullman/Shutterstock.com, (cl) Stockbyte/Getty Images, (cl) Dmitry Naumov/Shutterstock. com, (cl)Ingram Publishing/ Alamy Stock Photo, (cl)C Squared Studios/Getty Images, (cl)Ken Karp/McGraw-Hill Education, (cr) Methanon/Shutterstock.com, (br) Vit Kovalcik/iStock/Getty Images, (br)Ingram Publishing/SuperStock; xx James Lauritz/Digital Vision/ Getty Images; xxi Dynamic Graphics/SuperStock, 001-002 Gustoimages/Photo Researchers; 4 (t)Visual Ideas/Camilo Morales/ Getty Images, (c)Hutchings Photography/Digital Light Source, (b)Hutchings Photography/Digital Light Source; 5 Matt Meadows/ McGraw-Hill Education; 10 (t) Hutchings Photography/Digital Light Source, (c)Hutchings Photography/Digital Light Source, (b)Hutchings Photography/Digital Light Source; 11 Marvin Dembinsky Photo Associates/Alamy; 13 BERND THISSEN/EPA/Newscom; 16 Dave and Les Jacobs/Blend Images; 26 Jupiterimages/Getty Images; 028-029 NASA; 30 (t) StockTrek/Getty Images, (bl) Newberry Library/SuperStock, (br)Newberry Library/SuperStock; 32 agf photo/SuperStock; 37 NASA GSFC image by Robert Simmon and Reto Stöckli; 39 StockTrek/Getty Images; 41 (t) Science and Society/SuperStock, (b)Zero-G; 43 Stephen Frisch/ McGraw-Hill Education; 44 Ted Kinsman/Photo Researchers; 46 (b)Reto Stöckli, Nazmi El Saleous, and Marit Jentoft-Nilsen, NASA GSFC, (bkgd)NASA/JPL-Caltech; 50 McGraw-Hill Education; 054-055 Dennis MacDonald/Alamy; 56 Don Mason/Getty Images; 59 Jill Braaten/McGraw-Hill Education; 60 Ryan McVay/Photodisc/ Getty Images; 62 Hutchings Photography/Digital Light Source; 63 Stephen Markeson/ Alamy; 71 (t)Rubberball/Erik Isakson/Getty Images, (b) Berenice Abbott/Science Source; 78 (inset)Vit Kovalcik/iStock/ Getty Images, (bkgd)Ingram Publishing/SuperStock; 82 Rosemarie Stennull/Alamy; MS-00 Photodisc/Getty Images; vii (t)McGraw-Hill Education, (bl) McGraw-Hill Education, (br) McGraw-Hill Education; x Glow Images; xi Roberto Caucino/ Shutterstock.com; xii Wavebreak Media Ltd/123RF; xiii NASA GSFC image by Robert Simmon and Reto Stöckli; xix (tr)I Dream Stock/SuperStock, (tr)Heinz Hemken/iStock/Getty Images, (tr) xiaoke ma/Getty Images, (tr) Casey Lee/E+/Getty Images, (tr)Howard Lipin/ZUMApress/ Newscom, (cl)Ryan McVay/ Getty Images, (cl)McGraw-Hill Education, (cl)Image Source/ Alamy, (cl)Richard Hutchings/ Digital Light Source, (cl)C Squared Studios/Getty Images, (cl)Ryan McVay/Getty Images, (cl)Dja65/ Shutterstock.com, (cl)Darren Pullman/Shutterstock.com, (cl) Stockbyte/Getty Images, (cl) Dmitry Naumov/Shutterstock. com, (cl)Ingram Publishing/ Alamy Stock Photo, (cl)C Squared Studios/Getty Images, (cl)Ken Karp/McGraw-Hill Education, (cr) Methanon/Shutterstock.com, (br) Vit Kovalcik/iStock/Getty Images, (br)Ingram Publishing/SuperStock; xviii (t)Fuse/Getty Images, (b) Jiro Mochizuki/Image of Sport/ Newscom; xx James Lauritz/ Digital Vision/Getty Images; xxi Dynamic Graphics/SuperStock,

حقوق الطبع و التأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

# شكر وتقدير

نسخة الطلاب

viii McGraw-Hill Education; xiii Roberto Caucino/Shutterstock.com; xiv Andrew Barker/Shutterstock.com; xvii John Giustina/Photodisc/Getty Images; 001 Gustoimages/Photo Researchers; 017 NASA; 035 Dennis MacDonald/Alamy.

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

نرحب لكم في

منتديات صقر الجنوب التعليمية

قسم الامارات العربية المتحدة

الصف الأول جميع المواد | الصف الثاني جميع المواد | الصف الثالث جميع المواد

الصف الرابع جميع المواد | الصف الخامس جميع المواد | الصف السادس جميع المواد

الصف السابع جميع المواد | الصف الثامن جميع المواد | الصف التاسع جميع المواد

الصف العاشر جميع المواد | الصف الحادي عشر جميع المواد | الصف الثاني عشر جميع المواد

www.jnob-jo.com