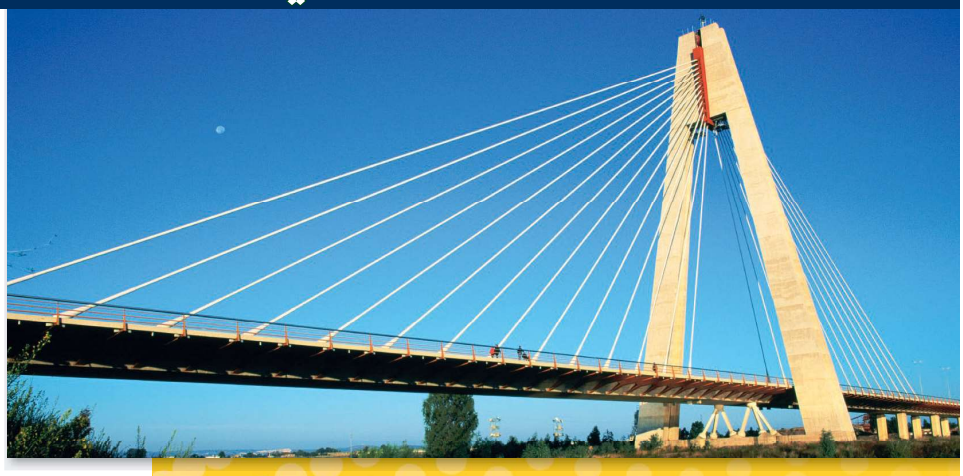
الوحدة 5

الإزاحة والقوة في بُعدين



نبذة عن الشكل

القوى التي تؤثر في الجسور اطلب من الطلاب إمعان النظر في الشكل وتحديد أجزاء الجسر التي تتأثر بالقوة. الإجابات المحتملة: قاعدة الطريق، الأبراج، الأسلاك
اطلب من الطلاب وصف كيف تتأثر قاعدة الطريق بالقوة في أكثر من بُعد. الإجابات المحتملة: تسحب الجاذبية قاعدة الطريق لأسفل وتعلق الأسلاك قاعدة الطريق من أعلى بزوايا غير رأسية وتوفر ركائز الدعم القوة العمودية الصاعدة.

استخدام التجربة الاستهلالية

في نشاط جمع المتجهات، سيلاحظ الطلاب طبيعة متجهات القوة وسيستخدمون ملاحظاتهم لجمع المتجهات.

نظرة عامة على الوحدة

توسع هذه الوحدة مناقشة قوانين نيوتن لتشمل بُعدين. يستعرض القسم الأول جمع المتجهات الأساسية في بُعد واحد ويوسعها لتشمل بُعدين. يقدم القسم الثاني الاحتكاك الحركي والاحتكاك السكوني ويوضح كيفية تناول الاحتكاك من منظور تحليلات نيوتن. وأخيرًا، ستتم مناقشة حالات البُعدين الإضافية التي تتضمن الأسطح المائلة كمفهوم لعامل الموازنة.

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

- التسارع في بُعد واحد
- جمع متجهات في بُعد واحد
- الكتلة والوزن
- قوانين نيوتن للحركة
- القوة العمودية
- الحركة المنتظمة في بُعد واحد

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

- الأرقام المعنوية
- حل المعادلات من الدرجة الأولى
- دوال الجيب وجيب التمام والظل
- الميل

عرض الفكرة الرئيسة

اطلب من الطلاب تحديد القوى، بما في ذلك الاتجاهات التي تؤثر في بهلوان يقف في منتصف حبل مرتخ (متراخ). تؤثر قوة الجاذبية لأسفل وتوثر قوة الشد في الحبل عند زاوية.
اشرح أن الحالات الفيزيائية تتطلب غالبًا قوى تؤثر في العديد من الاتجاهات المختلفة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

James Laurit/Digital Vision/Getty Images

uae_course@

0069_0086_C05_718462.indd 69 8/19/2016 10:53:57 AM

القسم 1 المتجهات

1 مقدمة

نشاط تحفيزي

إزاحة شخص اطلب من الطلاب التفكير في شخص يمشي مسافة 100 m شمالاً ثم يفقد الإحساس بالاتجاه تمامًا. من دون معرفة الاتجاه، يمشي الشخص مسافة 100 m أخرى. اسأل الطلاب عن مقدار الإزاحة بالنسبة إلى نقطة البداية الأصلية. يجب أن يأخذوا في الاعتبار المسافة التي قطعها في خط مستقيم من نقطة البداية. اقترح أن يرسم الطلاب أسهمًا لتمثيل المتجهين بطول 100–m أثناء تحليل المسألة. يمكن أن يكون مقدار إزاحة الشخص في نقطة ما بين 0 m و 200 m. ض م

الربط بالمعرفة السابقة

المتجهات والقوى والتسارع دَرَسَ الطلاب كيفية جمع المتجهات في بُعد وطرحها. دَرَسَ الطلاب أيضًا القوى وكيفية تطبيق قوانين نيوتن في بُعد واحد. رغم أن التركيز في هذا الدرس على القوة في بُعدين، إلا أن معرفة الإزاحة والسرعة والتسارع ضرورية أيضًا لتحليل بعض الحالات المطروحة.

2 التدريس

المتجهات في بُعدين

استخدام النماذج

العرض التوضيحي للمسطرة الأسطوانية لتساعد الطلاب على تصور وفهم الطرق المسموح بها لنقل المتجهات من دون تغييرها، استخدم مسطرة أسطوانية لتوضيح مجموعة فرعية من الطرق الصحيحة لنقل المتجهات. تتوفر هذه المساطر في المتاجر التي تبيع أدوات الرسم والتصميم.

تطوير المفاهيم

تعيين المتجهات اشرح الطريقة التي ستستخدمها لتوضيح الكميات المتجهة على السبورة أو الورق الشفاف والكتيبات. يتم ذلك عادة عن طريق وضع سهم على الرمز الذي يحدد الكمية.

اثراء

المقدار اطلب من الطلاب توضيح معنى المقدار في الفيزياء. في الفيزياء، يعني حجم كمية يمثلها غالبًا طول سهم. ناقش الحاجة الدائمة إلى تحديد كل من المقدار والاتجاه للكميات المتجهة.

ض م لغوي

استعن بالشكل 2

جمع المتجهات بيانيًا يوضح الشكل 2 إحدى طريقتين صحيحتين لجمع متجهين بيانيًا. ناقش مع الطلاب أن جمع المتجهات عملية تبادلية، ويعني هذا أنه يمكن جمع المتجهين بأي ترتيب في هذه الحالة. يمكنك توصيل نهاية المتجه الذي يتجه شرقًا برأس المتجه الذي يتجه شمالاً. ستكون المحصلة هي نفسها المحصلة الموضحة في **الشكل 2**، رغم أن الرسومات ستظهر بشكل مختلف. ض م

عرض عملي سريع

جمع المتجهات

الوقت المقدَّر 10 دقائق

المواد حبلان أو ثلاثة حبال بنجي برؤوس أسهم، لوحة بفتحات، مسطرة مترية

الإجراء استخدم اللوحة المزودة بفتحات وحبال بنجي لتوضيح جمع المتجهات. كوّن عددًا من مسائل جمع المتجهات. استخدم حبال بنجي لتمثيل متجهات مختلفة. يمكن أن تبدأ المتجهات من نقطة الأصل نفسها أو يمكن جمعها لتوضيح عملية الجمع بشكل مرئية. استخدم المسطرة لقياس طول كل "متجه" وكذلك المحصلة. بصري–مكاني

التدريس المتمايز

الطلاب دون المستوى يوضح النص جمع المتجهات باستخدام الطريقة المتتالية. إذا كانت هذه الطريقة لا تبدو واضحة لبعض الطلاب، فاطلب منهم استخدام طريقة متوازي الأضلاع لجمع المتجهات. في هذه الطريقة، يرسم الطلاب المتجهين (**A** و**B**) المراد جمعهما من نهايتهما من نقطة البداية نفسها. توضح هذه الطريقة للطلاب اتجاهي المتجهات ومقدارها. يرسم الطلاب بعد ذلك متوازي أضلاع يبدأ من المتجهين **A** و**B**. يرسم الطالب المتجه (**A′**) بنفس طول المتجه **A** من نهاية المتجه **B** وموازٍ للمتجه **A**. ثم يرسم الطالب النسخة (**B′**) من المتجه **B** من رأس المتجه **A** وموازٍ للمتجه **B**. ينتج عن ذلك متوازي أضلاع. وأخيرًا، يصل الطلاب النقطة المشتركة في قاعدتي المتجهين **A** و**B** بالنقطة المشتركة في نهايتي المتجهين **A′** و**B′** للحصول على متجه محصلة الإزاحة.

د م بصري–مكاني

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 70 8/19/2016 10:53:57 AM

مثال إضافي للحل داخل الفصل

استخدم مثال المسألة 1

المسألة أوجد مقدار مجموع قوتين، واحدة 20.0 N والأخرى 7.0 N عندما تكون الزاوية بينهما 30.0°.

الحل استخدم قانون جيب التمام:

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta$$
$$= (20.0\ \text{N})^2 + (7.0\ \text{N})^2 - 2(20.0\ \text{N})(7.0\ \text{N})\cos 150.0°$$
$$= 400\ \text{N}^2 + 49\ \text{N}^2 - 280\ \text{N}^2\,(-0.866)$$
$$= (400 + 49 + 242.49)\ \text{N}^2$$
$$= 691.49\ \text{N}^2$$
$$R = \sqrt{691.49}$$
$$= 26.3\ \text{N}$$

تتوافق هذه الإجابة مع رسم متجه هذه المسألة الذي يوضح أن المحصلة ينبغي أن تكون بالفعل أكبر قليلاً في المقدار من القوة 20.0-N.

لاحظ أن $\theta = 180.0° - 30.0° = 150.0°$.

قد يستنتج بعض الطلاب بسرعة جدًا أن θ تساوي 30.0°. ولكن يمكن أن يوضح رسم المتجه بالإضافة إلى بعض المعلومات الأساسية في الهندسة أن θ تساوي تكملة 30.0°. أي 150°.

تحديد المفاهيم الخاطئة

نظرية فيثاغورس قد يرغب الطلاب في تطبيق نظرية فيثاغورس عند جمع أي متجهين. في الواقع، لا تنطبق نظرية فيثاغورس إلا عند جمع متجهين بزاوية قائمة إلى بعضهما.

التعزيز

جمع المتجهات قد يكون من الأسهل للطلاب فهم جمع المتجهات وطرحها عندما يطبق تطبيقًا مباشرًا على حركتها. اختر موقعًا مثل صالة ألعاب رياضية أو ملعب أو ساحة انتظار سيارات بحيث يمكن تمييز الحدود بمخطط شبكي. اطلب من الطلاب الانتقال من موقع إلى آخر باستخدام الشبكة لتساعدهم على تحديد موضعهم على السطح. ثم اطلب منهم تمثيل حركتهم على ورقة رسم بياني. عند الانتقال إلى الموضع الثاني ورسم هذه الحركة والموقع على ورقة رسم بياني، يمكنهم بعد ذلك قياس إزاحتهم من نقطة البداية إلى نقطة النهاية ومقارنة ذلك بالقياس على ورقة الرسم البياني. د م حسي حركي

نشاط التحدي في الفيزياء

عمليات المتجهات قد يسأل بعض الطلاب إذا كان من الممكن ضرب المتجهات وقسمتها. اطلب منهم الرجوع إلى كتاب الفيزياء الخاص بمرحلة الجامعة الذي يتناول ضرب المتجهات لتكوين حاصل ضرب قياسي (أو نقطي) وأنواع مختلفة من الضرب لتكوين حاصل ضرب متجهي (أو متقاطع). اطلب من الطلاب حل مسألة من مسائل الفيزياء الواردة في الكتاب المدرسي. اطلب من الطلاب مقارنة إجاباتهم وحلولهم مع بعضهم.

ف م منطقي-رياضي

التفكير الناقد

العمليات المسموح بها اسأل الطلاب عن العمليات الحسابية المسموح بها بين الكمية المتجهة والكمية القياسية. ليس من الممكن جمع مجموعة من الكميات المتجهة والكميات القياسية. من الممكن ضرب كمية متجهة في كمية قياسية. ناقش أنه عند ضرب كمية متجهة في كمية قياسية موجبة، فإن حاصل الضرب سيكون كمية متجهة بنفس اتجاه الكمية المتجهة المضروبة. اشرح أن العكس صحيح للكمية القياسية السالبة؛ إذ يكون حاصل ضربها في الاتجاه المعاكس. إذا كانت الكمية القياسية لها قيمة مطلقة تساوي 1، فإن حاصل الضرب سيكون كمية متجهة بنفس مقدار الكمية المتجهة المضروبة. ولكن إذا كانت الكمية القياسية لها قيمة مطلقة أكبر من 1، فإن مقدار حاصل الضرب سيكون أكبر من مقدار الكمية المتجهة المضروبة. وعندما تكون الكمية القياسية أقل من 1 ولكن أكبر من 0، سيكون مقدار حاصل الضرب أقل من الكمية المتجهة المضروبة. يحدث مثال الضرب في كمية قياسية سالبة في خطوة من الخطوات لإجراء طرح المتجهات، $\boldsymbol{A} - \boldsymbol{B}$، الموضح في هذا الكتاب المدرسي. لإجراء هذه العملية، تجمع الكمية المتجهة $\boldsymbol{A}$ مع الكمية المتجهة $-\boldsymbol{B}$ وهي الكمية المتجهة $\boldsymbol{B}$ مضروبة في الكمية القياسية -1. ض م

التعزيز

جمع المتجهات قد يجري الطلاب الجمع العادي عندما يأتي في المسائل اللفظية التي تتضمن متجهات. إذا حدث ذلك، فاطلب من الطلاب تخيل شخص في زاوية من حديقة تبلغ مساحتها 50-m مربعًا يريد أن يمشي إلى الزاوية المقابلة. اطلب من الطلاب تخيل الشخص يمشي على طول حدود حديقة يبلغ طولها 50-m إلى نهايتها، ثم يتجه بزاوية 90° ويمشي 50 m أخرى. اسأل عن مقدار المسافة التي يبعدها الشخص عن نقطة البداية. إذا كانت الإجابة 100 m، فاسأل عن أقصر طريق بين الزاويتين المتقابلتين. سيختصر الشخص الطريق وسيذهب من نقطة البداية إلى نقطة النهاية في مسار قطري. اسأل عن المسافة التي يبعدها الشخص وفقًا لجمع المتجهات.

71 m د م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 71 8/19/2016 10:53:57 AM

التدريس المتمايز

ضعاف البصر يمكن توضيح الجوانب النوعية لجمع المتجهات للطلاب ضعاف البصر باستخدام ورق مقوى أو أسهم بلاستيكية متفاوتة الأطوال. ويمكن استخدام مثبتات لوضع رأس سهمين متجهين على الذيل ويمكن استخدام سهم ثالث ليمثل الناتج. بدلاً من ذلك، يمكن لصق أقلام رصاص على سطح مستوٍ بحيث يمكن للطلاب أن يلاحظوا الأشكال الهندسية. وعند تحريك الأسهم أو الأقلام الرصاص، يمكنك نقلها (تحريكها لأعلى أو لأسفل أو لليمين أو لليسار) من دون تدويرها. حيث يمكن أن يغير التدوير قيمة المتجه بينما لا يغير النقل قيمته.

د م حسي حركي

التفكير الناقد

جمع ثلاثة متجهات ذكّر الطلاب بأنهم درسوا جمع متجهين. اسألهم كيف قد يحل ذلك مسألة تتضمن ثلاثة متجهات. اجمع متجهين، ثم اجمع المتجه الثالث إلى الناتج.

ض م

التدريس المتمايز

الطلاب الذين يواجهون صعوبة

الطلاب دون المستوى

إذا كان لمثلث قائم ضلعان متجهان فيكون وتره متجهًا يساوي محصلة هذين الضلعين. رغم أن المتجه c يساوي محصلة المتجهين a و b، (أي إن $c = a + b$)، فإن مقدار المتجه c، وهو طول وتر المثلث c، لا يساوي المجموع الجبري لمقداري المتجهين a و b، أي إن $c \neq a + b$.

ستحتاج لتأدية هذا النشاط إلى مساحة وافية، وشريط لاصق، وعصا مترية وآلة حاسبة. أفرغ مساحة كافية لرسم مثلث كبير نسبياً على الأرض بواسطة شريط لاصق.

اطلب من طالبين التدرب على خطو خطوات متساوية من حيث الطول (يكون ذلك أسهل على أرض مبلّطة). ثم اطلب منهما الوقوف على رأس إحدى الزاويتين الحادتين.

اطلب من طالب الانتقال على طول الوتر حتى الوصول إلى رأس الزاوية الحادة الأخرى، ومن الآخر أن ينتقل إلى الرأس نفسه على طول الضلعين. احرص على أن يعتمد كلّ من الطالبين خطوات متساوية بالطول وبالوتيرة نفسها. إنّ الطالب الذي يتنقل على طول الوتر سيصل أولاً. ذكّر الطلاب بأنّه يجب أن تكون المتجهات مرسومة بحسب طريقة "الرأس إلى الذنب" ليتمكنوا من تطبيق قاعدة جيوب التمام.

د م حسي حركي

مركبات المتجهات وجمع المتجهات جبريًا

التعزيز

التحقق من إشارة المركب قد يكون من المفيد تذكير الطلاب أو توجيههم إلى أنه إذا كانت مسألة الفيزياء تتطلب منهم حساب مركبات x أو y الخاصة بالمتجه، فعليهم التحقق من أن إشارة المركب ذات دلالة. إذا وجد طالب أن إشارة المركب بلا دلالة، فيشير هذا إلى أن الطالب ينبغي أن يتحقق من عمله.

على سبيل المثال، يتضمن الحل المقدم للمثال التالي الإضافي للحل داخل الفصل حسابات المركبتين x وy للمتجهات الثلاث، B، A، وناتجها، R. للتحقق مما إذا كانت إشارات المركبات الخمسة التي لها إشارات (مركبة واحدة تساوي صفرًا، ليست لها إشارة) لها دلالات أم لا. يمكن للطالب أن يرسم المتجهات الثلاث بالاتجاهات الصحيحة والأطوال النسبية وذيولها التي تتطابق مع نقطة أصل شبكة الإحداثيات x–y.

من خلال رسم المتجه، ينبغي أن يتمكن الطالب في لمحة من إدراك أن كل الإشارات ذات دلالات، في الواقع. ينبغي أن يدرك أيضًا أن كل الاتجاهات والمقادير المحسوبة ذات دلالات أيضًا.

مثال إضافي للحل داخل الفصل

استخدم مثال المسألة 2.

المسألة اجمع المتجهين التاليين بواسطة طريقة المركبات: A تساوي 4.0 m جنوبًا و B تساوي 7.3 m شمال غرب.

الحل استخدم للشرق الإشارة $+x$ وللشمال الإشارة $+y$.

$$A_x = (4.0\ \text{m}) \cos 270° = 0$$
$$B_x = (7.3\ \text{m}) \cos 135° = -5.16\ \text{m}$$
$$A_y = (4.0\ \text{m}) \sin 270° = -4.0\ \text{m}$$
$$B_y = (7.3\ \text{m}) \sin 135° = 5.16\ \text{m}$$
$$R_x = A_x + B_x = 0 + (-5.16\ \text{m}) = -5.16\ \text{m}$$
$$R_y = A_y + B_y = (-4.0\ \text{m}) + (5.16\ \text{m}) = 1.16\ \text{m}$$
$$R^2 = R_x^2 + R_y^2 = (-5.16\ \text{m})^2 + (-1.16\ \text{m})^2$$
$$\text{Direction: } \theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{1.16\,\text{m}}{-5.16\,\text{m}}\right)$$
$$= 167°, \text{ أو } 13° \text{ شمال غرب}$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 72 8/19/2016 10:53:58 AM

3 التقييم

تقييم الفكرة الرئيسة

مركبات المتجهات اطلب من الطلاب أن يتخيلوا أنفسهم وهم يسيرون في شوارع المدينة المبينة على شبكة. ويسيرون في اتجاه واحد على بُعد 4 مبانٍ ثم يحولون اتجاههم ويسيرون على بُعد 5 مبانٍ في شارع يقع على زوايا قائمة مع الشارع الأول. اسأل الطلاب كيف يمكنهم أن يوضحوا إزاحتهم بالمتجهات وشبكة الإحداثيات. استخدم شبكة الإحداثيات لتمثيل مسارهم على الشارعين وحساب المسار القطري من المكان الذي بدؤوا السير منه إلى المكان الذي توقفوا فيه.

تأكد من فهمك

جمع المتجهات اطلب من الطلاب أن يحلوا مسألة تتضمن جمع متجهات في بُعد واحد. واطلب منهم أن يشرحوا طريقة حلها. ثم اطلب منهم أن يحلوا مسألة أخرى تتضمن جمع متجهات في بُعدين، حيث تقع المتجهات على زوايا قائمة، واطلب منهم أن يعرضوا خطوات الحل. وأخيرًا، اطلب منهم إيجاد مسألة تتضمن جمع متجهات في بُعدين من دون زوايا قائمة وشرح حلها.

ض م لغوي

إعادة التدريس

جمع المتجهات راجع طرق جمع المتجهات بيانيًا وجبريًا. أكّد على الحالات التي تُطبق فيها نظرية فيثاغورس والحالات التي لا تُطبق فيها. ارسم عددًا من مجموعات المتجهات على السبورة. واطلب من أحد الطلاب أن يستخدم عصا قياس ليقيس المتجهات ويحدد المتجه الناتج. ثم اطلب من الطلاب أن يحددوا الناتج لكل مجموعة باستخدام أحد قوانين حساب المثلثات.

ض م بصري–مكاني

@uae_course

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 73 8/19/2016 10:53:58 AM

القسم 1 الإجابات

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص *123*

تُجمع المتجهات من خلال إضافة ذيل المتجه الثاني إلى رأس المتجه الأول. يمثل المتجه المرسوم من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الثاني مجموع المتجهين.

مراجعة التعليقات التوضيحية، كتاب الطالب ص *125*

يُعرف المتجه الذي مركبته y تساوي صفرًا بالمتجه الأفقي.

التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص *126*

يقاس الاتجاه في عكس اتجاه عقارب الساعة من محور x الموجب.

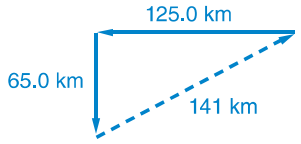
مراجعة التعليقات التوضيحية، كتاب الطالب ص *126*

يقع المتجه في الربع الرابع، لذا تكون المركبة x موجبة وتكون المركبة y سالبة.

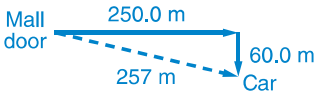
مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص *124*

1. $R = 141\ \text{km}$



2. $R = 257\ \text{m}$



3. $1.0 \times 10^{1}\ \text{km}$
4. $8.3\ \text{cm}$

مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص *129*

5. $0.87\ \text{km}$ عند $77°$ غرب شمال
6. $6.0\ \text{km}$
7. تكون المركبة x موجبة في الزوايا التي تقل عن $90°$ وللزوايا التي تزيد عن $270°$. وتكون سالبة في الزوايا التي تزيد عن $90°$ ولكنها أقل من $270°$.
8. لا يمكن للمتجه أن يكون أقصر من أحد مركباته، ولكنه إذا وقع على طول المحور x أو y، فسيساوي طوله إحدى مركباته.
9. ستتجه القوة لأعلى. نظرًا لأن الزوايا متساوية، فستكون القوى الأفقية متساوية ومتضادة وستكون محصلتها صفرًا. $4.4\ \text{N}$ لأعلى
10. محصلة القوة تساوي $0.8\ \text{N}$ في الاتجاه التصاعدي.

القسم 1 مراجعة

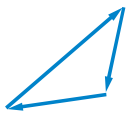
كتاب الطالب ص *129*

11. $M_x = 4.0$ إلى اليمين
$M_y = 3.0$ لأعلى
12. كلا المتجهين أفقيّ، لذا لا تحتوي أي منهما على المركبة y.
$K_x = -4.0, K_y = 0$
$L_x = 6.0,\ L_y = 0$
13. $R = 6.7$ عند $27°$
14. $6.0 - (-4.0) = 10.0$ إلى اليمين
15. a. تؤدي طريقتا الجمع M وL إلى المتجه R نفسه.
b. يُعد الجمع والضرب عمليتين تراكميتين.
الأمثلة: $3 + 4 = 4 + 3$
$2 + 5 = 5 + 2$

يُعد الطرح والقسمة عمليتين غير تراكميتين.

الأمثلة: $10 - 3 \neq 3 - 10$
$8 \div 2 \neq 2 \div 8$

16. على سبيل المثال ليس بالضرورة.أن تسير حول المبنى (واحد km لكل جانب). ستساوي إزاحتك صفرًا وستساوي المسافة التي تسيرها 4 km.
17. في حالة وجود إزاحتين، لا يمكن أن يكون الناتج صفرًا. وفي حالة وجود ثلاث إزاحات، يمكن أن يساوي المجموع صفرًا إذا كانت المتجهات الثلاث تكوّن مثلثًا عند وضع رأس المتجهات على ذيلها. ويمكن أن يساوي مجموع الإزاحات الثلاث صفرًا دون تكوين مثلث إذا كان مجموع الإزاحتين في اتجاه واحد يساوي الإزاحة الثالثة في الاتجاه المقابل.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 74 8/19/2016 10:53:58 AM

القسم 2 الاحتكاك

1 مقدمة

نشاط تحفيزي

الاحتكاك السطحي ادفع جسمًا يتسم باحتكاك منخفض، مثل الجليد، على طاولة. ثم ادفع جسمًا يتسم باحتكاك عالٍ، مثل كتاب، على السطح نفسه. اطلب من الطلاب أن يوضحوا الفرق في سلوكيات الجسمين ويشيروا إلى السبب المحتمل لهذا الفرق. من المحتمل أن يذكر الطلاب أن الاحتكاك كان عاملاً مؤثرًا. وجّه الطلاب إلى توضيح ماذا يقصدون بالاحتكاك، حتى تتمكن من توجيههم إلى التعريف العلمي في وقت لاحقٍ. د م بصري-مكاني

الربط بالمعرفة السابقة

القوى غير المتوازنة ادفع كتابًا على طاولة بقوة واسأل الطلاب كيف يعرفون القوة غير المتوازنة التي أثرت في الكتاب عندما وصل إلى نقطة سكون. زادت سرعته اشرح أن القوة غير المتوازنة هي الاحتكاك. اطلب من الطلاب أن يذكروا أمثلة أخرى يلاحظون فيها الاحتكاك الذي يؤثر على حركة جسم ما.

2 التدريس

الاحتكاك الحركي والسكوني

استخدام التشبيه

التحقق من الاحتكاك التشبيه البسيط لقوة الاحتكاك بين جسمين هو تفاعل قطعتين من شريط لاصق به أهداب وخطاطيف مع خطاطيف صغيرة للغاية. وعلى المستوى المجهري، يتداخل السطحان المتلامسان جزئيًا مع بعضهما البعض. اطلب من الطلاب أن يجروا بحثًا عن آلية عمل هذا الشريط اللاصق ويرسموا بعض الرسومات لتساعدهم على شرح ذلك. ض م

استعن بالشكل 10

الاحتكاك والقوة ارسم الصور الواردة في **الشكل 10** على السبورة. ارسم متجهات القوى التي توضح القوة المبذولة ومقاومة الاحتكاك في كل حالة. اشرح أن الاحتكاك الثابت سيتناسب مع القوة المبذولة لمقاومة الحركة كما هو مبين في الشكل اليسرى. سيتحرك الجسم فقط عندما تتجاوز القوة المبذولة قوة المقاومة كما هو مبين في الشكل اليمنى.

التفكير الناقد

الاحتكاك العالي أو المنخفض اسأل الطلاب هل من الأفضل أن يكون لديك احتكاك عالٍ أم منخفض بين الأسطح. يعتمد ذلك على الحالة. اطلب من الطلاب أن يقدموا أمثلة لكل حالة. من أمثلة الحالات ذات الاحتكاك المنخفض المكابس في المحركات والزلاجات على الثلج. ومن أمثلة الحالات التي يفضل الاحتكاك العالي فيها المحاة على الورق أو قفاز ماسك العَلَم الذي يحكم القبض على السارية. ض م منطقي-رياضي

استخدام تجربة الفيزياء

في معامل الاحتكاك، سيحدد الطلاب معامل الاحتكاك السكوني والحركي.

مثال إضافي للحل داخل الفصل

استخدم مثال المسألة *3*.

المسألة يجر طفل حذاءً ثقيلاً نعله مطاطي من أربطته على رصيف بسرعة ثابتة تصل إلى 0.35 m/s. إذا كانت كتلة الحذاء تساوي 1.56 kg ومعامل الاحتكاك الحركي يساوي 0.65، فما المركبة الأفقية للقوة التي يبذلها الطفل؟ (افترض أن النعل يلامس الرصيف ولا يتحرك حوله).

الحل $F_{net} = ma = 0$

$ma = 0 \quad F_{net} = F_x - F_f$

بتعويض النواتج. $F_x = F_f$

$F_x = \mu F_n = \mu mg = (0.65)(1.56\ kg)$
$(9.8\ N/kg) = 9.9\ N$

المناقشة

المسألة ما الحالات التي يفضل فيها استخدام معامل احتكاك عالٍ بين الأسطح؟

الحل الأمثلة المحتملة هي أحذية الركض على المضمار وورق الصنفرة على الخشب وفرامل السيارات على العجلات وإطارات السيارات على الطرق. ض م

عرض عملي سريع

الاحتكاك

الوقت المقدَّر 10 دقائق

المواد ورقة كعك غير لاصقة، قالب خشبي مغطى باللباد مقاس (6 in × 3 in × 1 in)

الإجراء اطلب من الطلاب أن يتوقعوا جانب القالب الذي سيتطلب قوة أكبر لدفعه على ورقة الكعك بسرعة ثابتة. ثم اطلب من بعض الطلاب أن يحركوا أكبر جانب من القالب المغطى باللباد بسلاسة على طول ورق الكعك غير اللاصق. كرر ذلك مع الجانب الأصغر من القالب. اطلب من الطلاب تلخيص نتائجهم أمام طلاب الفصل.

تصبح قوة الاحتكاك هي نفسها في كلتا الحالتين. بغض النظر عن مساحة الأسطح المتلامسة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 75 8/19/2016 10:53:58 AM

تطوير المفاهيم

عرض توضيحي للاحتكاك والقوة العمودية اطلب من أحد الطلاب أن يدفع قفصًا أو صندوقًا فارغًا بسرعة ثابتة على أرضية مستوية. ثم ضع حملاً ثقيلاً في الحاوية. اطلب من الطالب أن يدفع الصندوق على الأرضية مرة أخرى. واطلب من الطالب أن يعبر عن التغير النوعي في القوة المطلوبة. اطلب من الطلاب أن يشرحوا السبب في كون القوة المطلوبة أكبر في الحالة الثانية. تزيد القوة المطلوبة لأن القوة العمودية الزائدة تنتج احتكاكًا زائدًا. ض م حسي حركي

التعزيز

عرض توضيحي للاحتكاك السكوني مقابل الاحتكاك الحركي استخدم ميزانًا زنبركيًا بحجم نموذج العرض التوضيحي بحيث يستطيع طلاب الفصل قراءة الميزان بينما تسحب كتابًا على طاولة. وضّح أن الأمر يستغرق قوة أكثر بكثير ليُسحب الكتاب مقارنة بالقوة المبذولة لإبقائه متحركًا. اطلب من الطلاب أن يشرحوا ملاحظاتهم في ضوء قوى الاحتكاك السكوني والحركي. يمكن القيام بهذا النشاط أيضًا في مجموعات صغيرة باستخدام مقاييس زنبركية أصغر. ض م بصري-مكاني

تطبيق الفيزياء

الأسطح بما أن الاحتكاك السطحي مختلف، فإن قدرة مواد معينة على الالتصاق بالسطح مختلفة أيضًا. لمنع الكتابة على الجدران في الأماكن العامة، غالبًا ما تُطلى الجدران بمادة يحول سطحها دون الكتابة عليها بقلم جاف أو قلم تحديد دائم أو قلم رصاص.

الفيزياء في الحياة اليومية

التزحلق على الماء تُعد معاملات الاحتكاك بين الإطارات المطاطية وخرسانة الطريق أقل بكثير عندما يكون الطريق مبللاً مقارنة بحالته عندما يكون جافًا. وفي حالة وجود برك مياه على سطح الطريق، يمكن أن يكون هناك طبقة مياه كافية بين الطريق والإطارات، ولا يوجد تلامس تقريبًا بين الإطارات والطريق، بحيث تُحمل الإطارات بشكل أساسي على طبقة المياه.

مثال إضافي للحل داخل الفصل

استخدم مثال المسألة 4

المسألة إذا سحب الطفل في المثال السابق الإضافي للحل داخل الفصل بنصف القوة المبذولة من قبل فقط، فماذا سيحدث؟

الحل إذا كانت القوة الجديدة نصف القوة الأصلية (5.0 N)، فستتطابق مع قوة الاحتكاك السكوني ولن يتحرك الحذاء.

المسألة إذا سحب الطالب بقوة إضافية مقدارها 2.0 N في الاتجاه الأفقي، فكم سيبلغ تسارع الحذاء؟

الحل

$$a = \frac{F_{net}}{m}$$
$$= \frac{2.0\,N}{1.56\,kg}$$
$$= 1.3 m/s^2$$

3 التقييم

تقييم الفكرة الرئيسة

الاحتكاك اطلب من الطلاب أن يصفوا القوة التي تؤثر في صندوق الكتب الذي يوجد في نقطة سكون على الأرضية بينما يبذل شخص ما قوة أفقية عليه. يؤثر الاحتكاك الثابت على الصندوق في الاتجاه المقابل للقوة المبذولة؛ تسحب قوة الجاذبية لأسفل على الصندوق؛ تدفع القوة الأرضية لأعلى على الصندوق. اسأل الطلاب كيف تتغير القوى على الصندوق عندما يبدأ في الحركة. لا تتغير كل من قوة الجاذبية التي تدفع لأسفل والقوة الأرضية التي تدفع لأعلى؛ تؤثر قوة الاحتكاك الحركي في الاتجاه المقابل للقوة المبذولة.

التأكد من الفهم

معاملات الاحتكاك اعرض مسألة تتطلب استخدام معامل احتكاك واحد فقط لحلها، ولكن يجب عليك أن تقدم كلا المعاملين. وبعدما يحل الطلاب المسألة، اسألهم ما المعامل الذي استخدموه ولماذا. ض م منطقي-رياضي

إعادة التدريس

الاحتكاك السكوني راجع مع الطلاب أن قوة الاحتكاك السكوني يمكن أن تتنوع ويعطي معامل الاحتكاك السكوني أقصى قوة ممكنة للاحتكاك السكوني. اسحب جسمًا ثقيلاً بميزان زنبركي مختلف القوى واطلب من الطلاب أن يصفوا الاختلاف في القوى. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 76 8/19/2016 10:53:58 AM

القسم 2 الإجابات

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

مراجعة التعليقات التوضيحية

يؤثر الاحتكاك الحركي في الأريكة عندما تكون في حالة حركة.

التأكد من فهم النص

تنزلق المواد عن بعضها البعض وتؤثر القوة العمودية بين الجسمين في قوى الاحتكاك.

مراجعة التعليقات التوضيحية

الأسطح في معامل الاحتكاك الحركي الزائد:
طاولة مصقولة بدرجة كبيرة > طاولة خشنة > ورقة صنفرة.

مسائل تدريبية

18. 0.69
19. 74 N
20. 78 N
21. 0.39

مسائل تدريبية

22. 0.13
23. 0.15
24. 0.50 s
25. 66 m، لذا يرتطم بالفرع قبل أن يتوقف.
26. 6.7 m، سيتوقف القرص في الجزء المكون من 10 نقاط.

القسم 2 مراجعة

27. ينتج كلاهما من سطحين يحك أحدهما في الآخر. ويعتمد كلاهما على القوة العمودية بين هذين السطحين. يبذل الاحتكاك السكوني عندما لا توجد حركة نسبية بين السطحين. يُعد الاحتكاك الحركي نوعًا من الاحتكاك عندما توجد حركة نسبية. يكون معامل الاحتكاك السكوني بين السطحين أكبر من معامل الاحتكاك الحركي بين هذين السطحين نفسيهما.
28. 37 N
29. 1.3 m/s
30. 1.7×10^2 N
31. كل ما تستطيع أن تستنتجه عن معامل الاحتكاك السكوني هو أنه يقع بين 0.16 و 0.20.
32. يزيد الاحتكاك بين الخزانة والشاحنة من سرعة الخزانة إلى الأمام. إذا تجاوزت قوة الشاحنة على الخزانة $\mu_s mg$، فستنزلق الخزانة إلى الخلف.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 77 8/19/2016 10:53:58 AM

1 مقدمة

نشاط تحفيزي

القوى في زاوية اربط خيطًا بين دعامتين بحيث يكون أفقيًا تقريبًا. علّق كتلة صغيرة من مركز الخيط بحيث يسقط الخيط بشكل ملحوظ. اطلب من الطلاب أن يحددوا القوى التي تؤثر في الكتلة. تؤثر قوة الجاذبية لأسفل وتؤثر قوة الشد الموجودة في الخيط على طول اتجاه الخيط وليس في الاتجاه الرأسي أو الأفقي تمامًا اسأل الطلاب كيف يعرفون أن محصلة القوة على الكتلة تساوي صفرًا. لا تزيد سرعته يجب أن يكون هناك مركبة رأسية لقوة الشد لتوازن قوة الجاذبية لأسفل. اطلب من الطلاب أن يصفوا حالات أخرى تؤثر فيها عدة قوى في جسم ما ولكن الجسم يحتفظ باتزانه.

ض م بصري–مكاني

الربط بالمعرفة السابقة

الاتزان ينبغي أن يكون الطلاب على دراية بمفهوم الاتزان من خلال المعلومات الدراسية السابقة. ومع ذلك، فقد طبقوها في بُعد واحد فقط حتى الآن.

2 التدريس

إعادة النظر في الاتزان

استعن بالشكل 15

إلغاء القوة توضح ال ثلاث قوى أضيفت للحصول على الناتج صفر. يمكن الحصول على النتيجة نفسها عن طريق إلغاء F_A والمركبة الرأسية F_B، ثم إلغاء F_C والمركبة الأفقية F_B. ض م

تطوير المفاهيم

عرض توضيحي للاتزان اربط جسمًا بميزانين زنبركيين باستخدام خيوط متساوية الطول. ارفع الجسم باستخدام الميزانين الزنبركيين. وضّح للطلاب أنه يمكن بلوغ الاتزان بعدة طرق مختلفة عن طريق ترتيب الموازين الزنبركية بحيث تختلف الزاوية بين الخيوط وكذلك القوى التي يبذلها كل خيط.

تحديد المفاهيم الخاطئة

الاتزان في محاولة من الطلاب لإيجاد الاتزان بين قوتين، غالبًا ما سيحسبون ناتج المتجهين فقط ويطلقون عليه عامل التوازن. ولمساعدة الطلاب على تجنب هذا الخطأ، اسألهم ما الاتجاه الذي يؤثر فيه عامل التوازن، وذكّرهم بأن هذه القوة تُعد متجهًا له المقدار الناتج نفسه ولكن في الاتجاه المضاد. ض م

استخدام التجربة المصغّرة

في نشاط الاتزان، سيجد الطلاب عامل التوازن بين قوتين باستخدام قوى الخيط والشد على ميزان زنبركي معلق.

التفكير الناقد

مركبات القوى اطلب من الطلاب أن ينظروا إلى صور أو مقاطع فيديو رافعي الأثقال ويحددوا كيف تتعلق المادة الواردة في هذا الجزء بالأسلوب الناجح لرفع الأثقال. قد يساعدهم رسم رسوم القوى على توضيح تفسيراتهم. يمكن للقوة التي تبذلها الرافعة عموديًا على العارضة أن ترفع العارضة بالفعل. سيستخدم رافعو الأثقال قبضة معينة تمكّنهم من الاستفادة من هذه القوة العمودية. ض م بصري–مكاني

خلفية عن المحتوى

المبنى القباني وعوامل التوازن يستخدم شعب الإنويت عوامل توازن لبناء مبانٍ قبانية. المبنى القباني عبارة عن هيكل على شكل قبة مبنية من كتل الجليد. كلما سحبت الجاذبية الكتل بالقرب من بعضها البعض، دُفعت كل كتلة تجاه الكتل الموجودة على أحد الجانبين وأعلاه وأسفله. تُعد الكتلة الوسطى العلوية أهم كتلة. ولكي تستقر الكتلة الوسطى في مكانها، سيتحرك الصف العلوي للكتل (بصفة خاصة) نظرًا لعدم وجود كتل في حالة اتزان. ومع ذلك، فبمجرد وضع الكتلة العلوية، تظل كل الكتل في المبنى القباني في مكانها لأن مجموع القوى يؤدي إلى محصلة قوى مقدارها صفر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 78 8/19/2016 10:53:58 AM

الفيزياء في واقع الحياة

الاتزان والتوازن السكوني أحد أهم تطبيقات متجهات القوة التي يستخدمها المهندسون المعماريون والمصمّمون في تحقيق الاتزان في الهياكل التي يصمّمونها وتُعرف باسم التوازن السكوني. يُعد الاتزان عنصرًا حيويًا سواء أكان الهيكل جسرًا أو مبنى أو طريقًا سريعًا. ينبغي تشييد مبانٍ بأسطح ذات قمم بحيث تكون القوة الخارجية في المكان الذي يلتحم فيه السطح بالحائط متوازنة. يمكن القيام بذلك عن طريق دعامة خارجية أو كتيفة داخلية. وفي كل حالة، تُبذل قوة داخلية أفقية لتوازن المركبة الخارجية لمتجه السطح.

الأسطح المائلة

المناقشة

المسألة إذا انزلق جسم لأسفل سطح مائل، فهل يعتمد تسارعه على كتلته؟ أم على معامل الاحتكاك الحركي بين السطحين؟ أم على زاوية الميل؟

الحل يعتمد على الزاوية ومعامل الاحتكاك، لكنه لا يعتمد على كتلة الجسم.

$A = g\,(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$. لأن θ كبير لدرجة أنه يسمح بحدوث انزلاق. ض م

استخدام التجربة المصغّرة

في القوى على السطح، سيقيس الطلاب مقدار القوة اللازمة لسحب جسم ما بسرعة ثابتة أعلى سطح مائل.

استخدام تجربة الفيزياء

في الاحتكاك على السطح، سيحقق الطلاب في تسارع جسم ما ينزلق أسفل منحدر. وسيقارنون هذا بقيمتهم المحددة من واقع التجربة لمقدار التسارع.

استخدام تجربة الفيزياء

في القوى العمودية، يحدد الطلاب بالتجربة كيف تسرع قوتان مختلفتان، عندما تعملان بشكل منفصلة، جسمًا معينًا.

مثال إضافي للحل داخل الفصل

استخدم مثال المسألة *5*.

المسألة يجلس جيف، الذي يزن 640.0 N، على منحدر تل ينحدر بزاوية مقدارها 35.0° من الاتجاه الأفقي. فما مركبات وزنه الموازية لسطح التل والعمودية عليه؟

الحل إن اختيار محاور مثل $+y$ الذي يوجد أسفل المنحدر ويكون عموديًا عليه و$+x$ الذي يوجد أسفل المنحدر، يؤدي إلى:

$F_{gx} = (640.0\ \text{N})(\sin 35.0°) = 367\ \text{N}$

$F_{gy} = (640.0\ \text{N})(\cos 35.0°) = 524\ \text{N}$

مثال إضافي للحل داخل الفصل

استخدم مثال المسألة *6*.

المسألة ينزلق طفل من نقطة سكون أعلى زلاقة في ملعب. إذا كانت الزلاقة تميل بزاوية 30.0° وكان معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاقة وسروال الطفل يساوي 0.18، فكم يبلغ تسارع الطفل؟

الحل $F_{gx} - F_{fx} = ma_x$

$mg(\sin\theta) - \mu mg(\cos\theta) = ma_x$

$a_x = g(\sin\theta) - \mu g(\cos\theta)$

$= (9.80\ \text{N/kg})(\sin 30.0°)$

$- 0.18(9.80\ \text{N/kg})(\cos 30.0°)$

$= 3.4\ \text{m/s}^2$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 79 8/19/2016 10:53:58 AM

3 التقويم

تقويم الفكرة الرئيسة

الحركة على لوح منحدر اسأل الطلاب كيف سيصمّمون محاور لحركة انزلاق صندوق أدوات أسفل لوح منحدر. ضع المحور *y* عموديًا على اللوح والمحور *x* موازيًا لسطحه. اطلب من الطلاب أن يصفوا كيف ترتبط القوة العمودية بزاوية اللوح. كلما زادت الزاوية، قلت القوة العمودية ($F_N = mg \cos \theta$).

التأكد من الفهم

عوامل التوازن اسأل كيف يمكن بذل قوتين بمقدار 6.0 N و8.0 N على جسم لتحصل على قوة ناتجة مقدارها 10.0 N. يمكن بذل القوتين بزاوية مقدارها 90° مع بعضهما البعض. ارسم القوتين. ثم اسأل كيف يمكن إضافة قوة ثالثة لتحقيق الاتزان. ينبغي أن يصل مقدار القوة الثالثة إلى 10.0 N وتتجه في الاتجاه المقابل لهذه القوة الناتجة التي مقدارها 10.0 N–. ذكّر الطلاب أن هذه القوة الثالثة تعد عامل توازن.

ض م منطقي–رياضي

إعادة التدريس

تحليل المتجهات أحد تحليلات المتجهات الأكثر شيوعًا هو تحليل وزن جسم على سطح مائل. كرّر هذا التحليل خطوة بخطوة، مع التأكيد على السبب الذي يجعل كل مركبة تقع في المكان الذي توجد فيه، ولا يمكن أن تكون المركبة أكبر من الوزن الإجمالي للجسم. لاحظ أن رسم مثلث كبير سيساعد الطلاب.

@uae_course

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 80 8/19/2016 10:53:58 AM

القسم 3 الإجابات

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

مراجعة التعليقات التوضيحية
المركبة الرأسية F_A متساوية في المقدار لكنها مضادة في الاتجاه من وزن الكتلة المعلقة من الحلقة.

التأكد من فهم النص
تُعد القوة الموازنة متساوية في المقدار ولكنها مضادة في الاتجاه من المتجه الناتج.

مراجعة التعليقات التوضيحية
كلما زادت الزاوية، زادت أيضًا مركبة وزن الفتاة الموازية للميل.

التأكد من فهم النص
سيكون التسارع موازيًا للميل، لذا يعني اختيار الاتجاه *x* ليصبح موازيًا للميل أن السرعة المتجه والتسارع سيكونان في الاتجاه *x* دون مزج الاتجاهين *x* و*y*. سيجعل هذا الحل سهلاً.

مسائل تدريبية

33. انظر دليل الحلول عبر الإنترنت للاطلاع على رسم الجسم الحر.

34. $F_{g,\text{موازٍ}} = 1.1\text{ N}$ ؛ $F_{g,\text{عمودي}} = 4.2\text{ N}$

35. 345 N

36. 26.6° بالنسبة إلى الاتجاه الأفقي

مسائل تدريبية

37. 4.90 m/s²; 19.6 m/s

38. 0.75

39. 5.2 m/s²

40. أ.

$$\phi_{\text{average}} = \frac{21° + 17° + 21° + 18° + 19°}{5} = 19°$$

b. 0.34

c. 0.20

التحدي في الفيزياء

$F_{1x} = 58.3\text{ N}$
$F_{1y} = 17.8\text{ N}$
$F_{2x} = 16.7\text{ N}$
$F_{2y} = 34.2\text{ N}$
$F_{3x} = -7.52\text{ N}$
$F_{3y} = 53.5\text{ N}$
$F_{4x} = -74.3\text{ N}$
$F_{4y} = 56.0\text{ N}$
$F_{5x} = -60.7\text{ N}$
$F_{5y} = -23.3\text{ N}$
$F_{6x} = -26.4\text{ N}$
$F_{6y} = -98.5\text{ N}$
$F_{7x} = 0.0\text{ N}$
$F_{7y} = -26.0\text{ N}$
$F_{8x} = 28.8\text{ N}$
$F_{8y} = -71.4\text{ N}$
$F_{9x} = 27.8\text{ N}$
$F_{9y} = -42.8\text{ N}$
$F_{10x} = 81.7\text{ N}$
$F_{10y} = -7.15\text{ N}$
$F_x = 44.38\text{ N}$
$F_y = -107.65\text{ N}$

$$F_R = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2} = \sqrt{(44.38\text{ N})^2 + (-107.65\text{ N})^2} = 116\text{ N}$$

$$\theta_R = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-107.65\text{ N}}{44.38\text{ N}}\right) = -67.6°$$

يجب أن تكون زاوية عامل التوازن مقابلة لزاوية الناتج، لذا أضف 180°:

F عامل التوازن = 116 N عند 112°

القسم 3 مراجعة

41. 3.2 m/s² أعلى الميل

42. انظر دليل الحلول عبر الإنترنت للاطلاع على الرسم. توضح المتجهات المبينة في رسم الجسم الحر أن القوة الصغيرة، أيضًا، العمودية على الحبل يمكن أن تزيد قوة الشد في الحبل (F_T) بدرجة تكفي للتغلب على قوة الاحتكاك. بما أن $F = 2F_T \sin\theta$ (حيث θ هي الزاوية التي تقع بين الموقع الأصلي للحبل وموقع إزاحته)، إذن

$$F_T = \frac{F_{\text{الشخص على الحبل}}}{2\sin\theta}$$

بالنسبة إلى القيم الأصغر لـ θ، ستزيد قوة الشد، (F_T) إلى حد كبير.

43. 1.31×10^3 kg

44. مجموع المتجهات يساوي صفرًا. إذا كانت المتجهات تمثل قوى، فإن الجسم يكون في حالة اتزان. يعني هذا أن الجسم لا يتسارع.

45. يصغر F_T عندما يكبر θ، ويكون θ كبيرًا في الشكل السفلية.

46. لا، لأن الطفل إذا تسلق الزلاقة، فستنتج كل من قوة الاحتكاك المقابلة لحركة الطفل ومركبة جاذبية سطح الأرض الموازية للمنحدر أسفل الزلاقة وليس أعلاها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 81 8/19/2016 10:53:59 AM

أثناء العمل

المجازفة

الخلفية

تتضمن الهندسة المعمارية توازنًا دقيقًا بين القوى لضمان وجود هيكل آمن ومستقر. وفي معظم المباني، توفر العتبات الساندة القوة الصاعدة اللازمة لتوازن قوة الجاذبية الهابطة. ينبغي أن يتأكد المهندسون المعماريون من أن العتبات يمكنها أن تدعم ليس فقط ثقل مواد البناء بل وثقل الأثاث والأفراد والأجسام الأخرى داخل المبنى أيضًا وذلك بمجرد تشييد المبنى.

استراتيجيات التدريس

- قد يسمع الطلاب عن مصطلح "الحامل" الذي يستخدم لوصف أعمدة أو جدران معينة مستخدمة في المباني. اشرح كيف توضح هذه التسمية أن هذه الهياكل مسؤولة بصفة رئيسة عن توازن قوة الجاذبية في الأرضيات والهياكل التي تعلوها. كما أن إزالة الحائط الحامل يزيل الهيكل الذي يوفر قوة صاعدة، وبعد ذلك تصبح القوى غير متوازنة وسينهار المبنى.
- يمكن أن يعتقد الطلاب أن القوى الصاعدة وقوة الجاذبية الهابطة بطاقتان مائلتان على بعضهما البعض. وبإزالة إحدى البطاقتين يحدث تسارع، وعندما توضع كلتا البطاقتين في أماكنهما، فإنهما توازنان بعضهما البعض وتصبح محصلة القوة صفرًا.

لمزيد من التعمق >>>

النتائج المتوقعة تعد الهياكل القوسية الأكثر استقرارًا والقائمة بذاتها أقواسًا تسلسلية، وسميت بهذا الاسم لاحتوائها على منحنى تماثل لسلسلة معلقة، على الرغم من كونها مقلوبة. تُدفع الكتل الفردية في أحد الأقواس لأسفل وللخارج نتيجة للثقل الذي تصنعه الكتل التي تعلوها.

وتُدفع أيضًا كل كتلة لأعلى وللداخل عن طريق القوة العمودية التي تبذلها الكتلة التي أسفلها. ليصبح القوس مستقرًا، يجب أن يساوي مجموع هذه القوى صفرًا.

تزيد القوة المبذولة على إحدى الكتل، من أعلى، الحركة إلى أسفل القوس، حيث لا تمتلك كل كتلة ثقلها الخاص فقط وإنما وزن الكتل التي تعلوها أيضًا. يكمن المصدر الرئيس لاستقرار المنحنى التسلسلي في الحقيقة التي تفيد بأن تكون القوة الخارجية على كل كتلة ثابتة. يتحقق ذلك عن طريق وضع كل كتلة في القوس بحرص بحيث تصبح القوة العمودية رأسية بشكل متزايد نحو الجزء السفلي من القوس.

ويكون إجمالي القوة العمودية التي تبذلها الأرض مساويًا لإجمالي وزن القوس.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 82 8/19/2016 10:53:59 AM

الوحدة 5 الإجابات

القسم 1

إتقان المفاهيم

47. ارسم رسومًا بمقاييس رسم للأسهم التي تمثل كميات متجهة. ضع أسهمًا للكميات المراد جمعها من الرأس إلى الذيل. ارسم سهمًا من ذيل الكمية الأولى إلى رأس الكمية الأخيرة. قِس طول ذلك السهم وأوجد اتجاهه.

48. مسموح: يمكن تحريك المتجه دون تغيير طوله أو اتجاهه

49. يمثل الناتج إجمالي متجهين أو أكثر. ويمثل الكمية التي تنتج من جمع المتجهات.

50. لا يتأثر.

51. اعكس اتجاه المتجه الثاني ثم اجمعهما.

52. ***A*** رمز يشير إلى الكمية المتجهة. A مقدار (طول) المتجه.

53. يمثل a وb طولي متجهين بزوايا قائمة مع بعضهما البعض. c تمثل طول مجموع المتجهين.

54. تقاس الزاوية في عكس اتجاه عقارب الساعة من المحور x.

إتقان المسائل

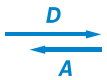
55. 2.0×10^{1} km شرقًا

56. a. $E_x = 3.5,\ E_y = 3.5$

b. $F_x = -3.5,\ F_y = -3.5$

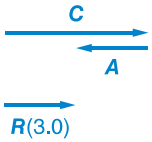
c. $A_x = -3.0,\ A_y = 0.0$

57. a.

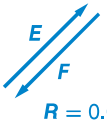


b.

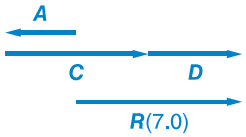
c.



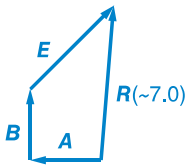
d.



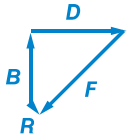
58. a.



b.



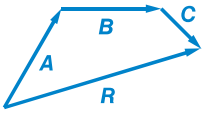
c.



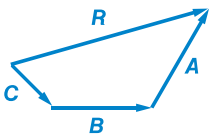
59. A < D < E < B < C

60. 40 m. 45° شرق جنوب

61. a.



b.



c. دائمًا ما تكون الإزاحات الناتجة هي نفسها. يُعد جمع المتجهات عملية تراكمية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 83 8/19/2016 10:53:59 AM

الإجابات

62. تساوي محصلة القوة 640 N عند 101°.

63. a. 6.5 m/s

b. 58° من الاتجاه الأفقي، والتي تكون مقدارها 32° من الاتجاه الرأسي

c. 42 s

64. تساوي محصلة القوة 79 N عند 54°.

65. 509.9 km. 78.69° جنوب غرب

66. 5 km. 53° جنوب شرق

القسم 2

إتقان المفاهيم

67. تصبح قوة الاحتكاك أكبر من القوة العمودية. ويمكنك سحب الجسم على طول السطح، مع قياس القوة اللازمة لتحريكه بسرعة ثابتة. قِس أيضًا وزن الجسم.

68. لن يكون هناك أي فارق. لا يعتمد الاحتكاك على مساحة السطح.

إتقان المسائل

69. 0.255

70. 1.2 m/s^2

71. a. 8.0 m/s^2

b. 1.0×10^1 N

c. 0.20

72. 180 N

73. 0.400

القسم 3

إتقان المفاهيم

74. يكون محور واحد رأسيًا، ويكون الاتجاه الموجب لأعلى أو لأسفل.

75. يجب أن يقع المحوران في زوايا قائمة. يتجه محور *y* الموجب 30 درجة بعيدًا عن الاتجاه الرأسي بحيث يقع على زوايا قائمة مع المحور *x*.

76. بالنسبة إلى الحركة على التل، عادة ما يتم وضع محور (*y*) الرأسي عموديًا على سطح التل.

77. محصلة القوة التي تؤثر في الكتاب تساوي صفرًا.

78. نعم، يسمح قانون نيوتن الأول بالحركة طالما أن السرعة المتجهة للجسم ثابتة. ولا يمكن تسريعها.

79. a. ضع المحور *y* عموديًا على سطح الطاولة واجعل المحور *x* متجهًا لأعلى التل وموازيًا للسطح.

b. تُوازي إحدى المركبات السطح المائل وتكون المركبة الأخرى عمودية عليه.

80. a. عندما تزيد الزاوية التي كونتها الطاولة أفقيًا، تزيد مركبة وزن الكتاب على طول الطاولة.

b. عندما تزيد الزاوية، تقل مركبة الوزن العمودية على الطاولة وتقل قوة الاحتكاك.

إتقان المسائل

81. 74.4 N, 253°

82. 34 N, 223°

83. 433 N، يمينًا

84. a. 1.5×10^2 N

b. 1.1×10^2 N

85. 123 N

86. a. معامل الاحتكاك الثابت بين المريض وملاءات السرير.

b. 1.00

87. a. 4.0 m/s^2

b. 93 N

88. $F=\left(\frac{g}{\mu_s}\right)(m+M)$

تطبيق المفاهيم

89. 15 km

90. 10 mm

91. الأكبر يساوي 7 m، الأصغر يساوي 1 m. انظر دليل الحلول عبر الإنترنت.

92. يزيد الناتج.

93. a. *A* أطول.

b. *B* أطول

c. *A* و*B* متساويان في الطول.

94. مركبة (*y*) المتجهة شمالاً أطول.

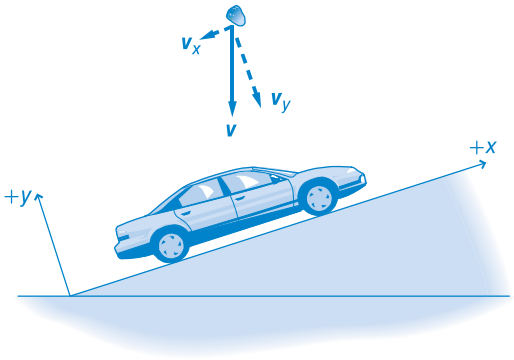
95. يمكن استخدام نظرية فيثاغورس فقط إذا كان المتجهان المراد جمعهما في زوايا قائمة مع بعضهما البعض.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 84 8/19/2016 10:53:59 AM

الإجابات

96. انظر دليل الحلول عبر الإنترنت. تقع مركبة واحدة في اتجاه x السالب، وتقع المركبة الأخرى في اتجاه y السالب. مع الافتراض بأن الاتجاه الموجب يتجه لأعلى ويكون عموديًا على التل.



97. تؤثر القوى المتساوية في المقدار والمتضادة في الاتجاه، المشار إليها في قانون نيوتن الثالث، في أجسام مختلفة. سيجر الحصان العربة وستجذب العربة الحصان. توجد محصلة قوة غير متوازنة على العربة (مع تجاهل قوة الاحتكاك) ومن ثَمَّ ستزيد سرعتها.

98. عند فرد الشبكة بين العمودين، لن يعود هناك مركبة عمودية صاعدة لتوازن وزن الشبكة. وتكون كل القوة المبذولة على الشبكة أفقية. يتطلب فرد الشبكة للتخلص من آخر جزء من الارتخاء قوة هائلة لتقليل مرونة الشبكة وزيادة القوى الداخلية التي تربطها معًا.

99. a. $45°$

b. $0°$

100. تصبح المركبة العمودية على الأرض أكبر لأن الزاوية بين سلك التثبيت والاتجاه الأفقي أكبر من $45°$.

مراجعة شاملة

101. 284 N

102. a. 166 N

b. 3.6 km

103. a. $-4.9\ m/s^2$

b. 24 m

التفكير الناقد

104. 49 m

انظر دليل الحلول عبر الإنترنت للاطلاع على الحل الكامل.

105. a. $a = g\,(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$. لذا يكون التسارع مستقلاً عن الكتلة. سيرتبطان معًا، لذا فإن كاكو محق.

b. سيصلان إلى الجزء السفلي في الوقت نفسه.

106. الصيغة المحتملة للإجابة الصحيحة هي، "...يحرك البطاقة شمالاً مسافة قدرها 125 cm، حيث يضعها على رف يرتفع عن الأرض بمقدار 115 cm. ما إجمالي إزاحة البطاقة؟"

107. الصيغة الصحيحة للإجابة هي، "يُدفع الكرتون بقوة 10 N على الأرضية عن طريق بذل قوة مقدارها 10 N بزاوية $20°$ أسفل الاتجاه الأفقي. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي يساوي 0.13، فكم يبلغ التسارع الناتج للكرتون؟"

اكتب في موضوع الفيزياء

108. ستتنوع الإجابات وقد تتضمن مواد تزليق وتقليلاً للقوة العمودية من أجل تقليل قوة الاحتكاك.

109. تتضمن الموضوعات المحتملة أزياء العدَّائين ومايوهات تغطي الجسم بالكامل ومايوهات منخفضة الاحتكاك وخوذات هوائية للمتزلجين ونظارات واقية وسارية.

مراجعة تراكمية

110. a. 90.0 g

b. 1.68 km

c. 128.6 kg

d. 12 N

e. 2 m/s

111. 10 km/h

112. $13\ m/s^2$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0069_0086_C05_718462.indd 85 8/19/2016 10:53:59 AM

الإجابات

تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

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

الحل الحر

9. 5.5×10^2 m
10. 1.8×10^2 N

سلم التقرير

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

0069_0086_C05_718462.indd 86 8/19/2016 10:53:59 AM

الوحدة 6

الحركة في بُعدين

نبذة عن الشكل

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.

استخدام التجربة الاستهلالية

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

نظرة عامة على الوحدة

في هذه الوحدة، تُوسَّع 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.

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

0087_0102_C06_718462.indd 87 8/19/2016 4:26:47 PM

القسم 1 حركة المقذوف

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

استعن بالشكل 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 على الحافة، 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

@uae_course

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0087_0102_C06_718462.indd 88 8/19/2016 4:26:47 PM

المقذوفات التي أُطلقت أفقيًا

استخدام التجربة الفيزيائية

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

استخدام التجربة الفيزيائية

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 الخاطئة

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. وضِّح 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

استخدم مثال المسألة 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

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

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

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

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

a. عند السقوط، $y = 0$

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

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

b.

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

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

$$= 0.86\ \text{m}$$

c.

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0087_0102_C06_718462.indd 89 8/19/2016 4:26:47 PM

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 صفرية. 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

استعن بالشكل 6

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

3 التقييم

تقييم 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

0087_0102_C06_718462.indd 90 8/19/2016 4:26:48 PM

القسم 1 الإجابات

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

مراجعة التعليقات التوضيحية، كتاب الطالب ص *153*

$-9.8\ m/s$

التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص *153*

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

مراجعة التعليقات التوضيحية، كتاب الطالب ص *154*

$-9.8\ m/s^2$

التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص *154*

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.

مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص *156*

1. a. $4.0\ s$
   b. $2.0 \times 10^1\ m$
   c. $v_x = 5.0\ m/s,\ v_y = 39\ m/s$
2. $1.1\ m/s$
3. $0.60\ cm$

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص *156*

في الجزء العلوي

مسائل تدريبية

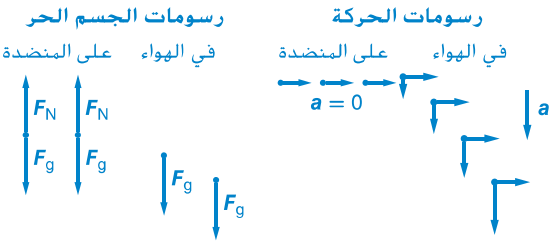
كتاب الطالب ص *157*

4. a. $2.8\ s$
   b. $9.3\ m$
   c. $65\ m$
5. الزمن المستقطع = 4.8 s، المسافة = 65 m، أقصى ارتفاع = 28 m
6. 32 m/s عند 82° فوق أفقي

القسم 1 مراجعة

كتاب الطالب ص *158*

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

0087_0102_C06_718462.indd 91 8/19/2016 4:26:48 PM

القسم 2 الحركة الدائرية

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 ذَكِّر الطلاب أن السرعة المتجهة والتسارع كميتان متجهتان لأن كليهما له مقدار واتجاه.

2 التدريس

وصف الحركة الدائرية

تحديد المفاهيم الخاطئة

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

استعن بالشكل 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 $v_f = \Delta v + v_i$. ض م

تطوير المفاهيم

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

استخدام التجربة الفيزيائية

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 الخاطئة

الفكرة 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 صعبًا، 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

0087_0102_C06_718462.indd 92 8/19/2016 4:26:48 PM

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

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

ف م **منطقي-رياضي**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0087_0102_C06_718462.indd 93 8/19/2016 4:26:48 PM

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

0087_0102_C06_718462.indd 94 8/19/2016 4:26:48 PM

القسم 2 الإجابات

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

مراجعة التعليقات التوضيحية، ص *159*

متجهات السرعة المتجهة لها نفس الطول.

مراجعة التعليقات التوضيحية، ص *161*

التسارع الأفقي سيساوي صفرًا والسرعة المتجهة الأفقية ستظل ثابتة.

مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص *162*

12. $3.1\ m/s^2$، الاحتكاك

13. 8.1 km

14. 1.2×10^2 N

15. 0.24 N

16. $8.6\ m/s^2$، 0.88

القسم 2 مراجعة

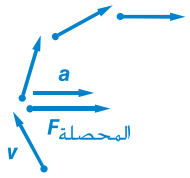
كتاب الطالب ص *163*

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. $0.55\ m/s^2$، 15 m/s

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

0087_0102_C06_718462.indd 95 8/19/2016 4:26:48 PM

القسم 3 السرعة المتجهة النسبية

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) سِر 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 الخاطئة

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

استخدم مثال المسألة 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

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

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

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

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

$$= 0.16\ m/s$$

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

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

$$= 18°\ \text{شمال غرب}$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0087_0102_C06_718462.indd 96 8/19/2016 4:26:49 PM

خلفية عن المحتوى

التيارات النفاثة والسفر جوًا تتدفق 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. لذلك ($v_{p/c,i} + v_{c/g} = v_{p/g,i} \Rightarrow v_{p/c,i} = 0$) 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

0087_0102_C06_718462.indd 97 8/19/2016 4:26:49 PM

القسم 3 الإجابات

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

مراجعة التعليقات التوضيحية

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.

مراجعة التعليقات التوضيحية

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.

مسائل تدريبية

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. 1.7×10^2 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. 1.0×10^1 m/s

36. 3.8 m/s، 9.3° شمال شرق

37. 1.9×10^2 km/h، 64° جنوب شرق

38. 2.9×10^2 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

0087_0102_C06_718462.indd 98 8/19/2016 4:26:49 PM

أثناء العمل

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

0087_0102_C06_718462.indd 99 8/19/2016 4:26:49 PM

الوحدة 6 الإجابات

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

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 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. 2.1×10^2 m

50. 31 m/s عند 45°

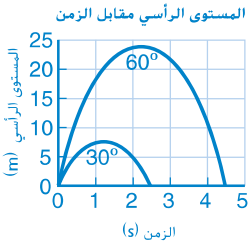
51. a. 14 s

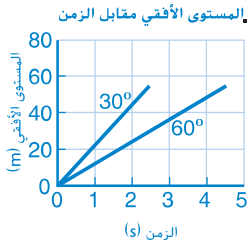
b. 5.0×10^2 m

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 المسائل

58. a. 9.65 m/s^2

b. 5.94×10^3 N

59. A < C < B = D < E

60. 71 m/s^2; 5.0×10^2 N

61. a. 2.64×10^7 m/s^2

b. 2.6×10^4 N

62. 13 m/s

63. 1.5×10^3 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 المسائل

65. فاز عليّ.

66. a. 5.0 m/s، 53° من الشاطئ

b. 3.0 m/s, 4.0 m/s

67. 1.6×10^2 km/h، 18° غرب الجنوب

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0087_0102_C06_718462.indd 100 8/19/2016 4:26:49 PM

الإجابات

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 الخيط، 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 جامعة

80. a. 464 m/s

b. 3.3 N

c. 9.5×10^2 N

d. 9.5×10^2 N

81. 1157 m/s

82. −1.50 km/s

83. 24 N

84. 3.0×10^2m

85. 35°, 49°

86. a. 15 N

b. 0.69 m/s

87. 53 m أو 4.0×10^1 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. 3.0×10^8 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 الخيط أكبر أيضًا.

اكتب في موضوع 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

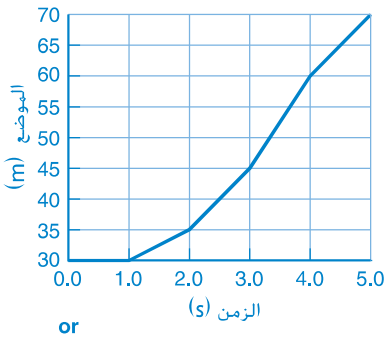
0087_0102_C06_718462.indd 101 8/19/2016 4:26:49 PM

الإجابات

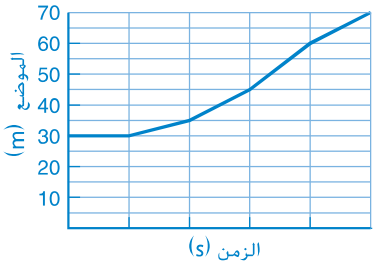
مراجعة تراكمية

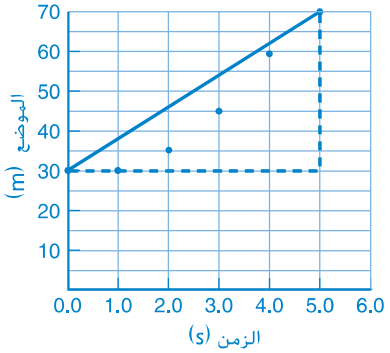
95. a. $2\times10^{16}\ m^2$
b. $1.4\times10^{-7}\ km^2$
c. $2.8\ kg/m^3$
d. $1.7\times10^{-3}\ m/s$

96. 8 m/s



or





97. a. 5.9 N
b. 3.4 N

تدريب على الاختبار المعياري

كتاب الطالب ص *175*

اختيار من متعدد

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

الحل الحر

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 جزئيًّا 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

0087_0102_C06_718462.indd 102 8/19/2016 4:26:50 PM

الوحدة 7

الجاذبية

NASA

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 بيانيًّا
- 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.

نبذة عن الشكل

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

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

0103_0120_C07_718462.indd 103 8/19/2016 10:54:28 AM

1 التقديم

نشاط محفِّز

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 مرئي – 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 قسِّم 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 الخاطئة

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.

استخدام تجربة 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 مرئي – 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 مرئي – مكاني

تحديد المفاهيم الخاطئة

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. وضِّح 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

0103_0120_C07_718462.indd 104 8/19/2016 10:54:28 AM

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). عتِّم 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، وبُني 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 وضوحًا. 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

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

$$r_E = 6.6 \text{ وحدات}$$

إثراء

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 مكوِّن تسارع مواز للسرعة المتجهة للكوكب (ومن ثَمَّ تزيد سرعة الكوكب أو تقل).

د م مرئي – مكاني

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

0103_0120_C07_718462.indd 105 8/19/2016 10:54:28 AM

قانون نيوتن في الجذب الكوني

التفكير الناقد

تناسب التربيع العكسي يتضمن قانون نيوتن في الجاذبية أمثلة على التناسب الطردي وتناسب التربيع العكسي. وضِّح للطلاب باستخدام الأرقام كيف تتغير القوة المحسوبة بواسطة قانون الجذب الكوني، 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 في الجذب الكوني

الوقت 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 الكوني: $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ والمقارنة بين القوتين المؤثرتين في الكرتين. القوتان متساويتان تقريبًا لأن r تُقاس بحساب البعد عن مركز الأرض.

تطوير المفاهيم

قانون نيوتن في الجذب الكوني لم يكن واضحًا من خلال قانون الجذب الكوني 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 مرئي – مكاني

مثال إضافي للحل في الصف

مسألة اصنع شُفافة 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 $3.3\times10^3\ kg/m^3$. 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 الكوني، 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

0103_0120_C07_718462.indd 106 8/19/2016 10:54:28 AM

خلفية عن المحتوى

قوة الجاذبية اطلب من الطلاب التفكير في الأسئلة التالية: ما مدى شمولية قانون نيوتن في الجذب الكوني؟ 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 التقييم

تقييم 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، F_g 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 **مرئي – 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

0103_0120_C07_718462.indd 107 8/19/2016 10:54:28 AM

القسم 1 الإجابات

التأكد من فهم النصوص والصور

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.

مسائل تدريبية

1. 11 وحدة
2. 2.8 y
3. $0.724r_E$
4. $19r_E$
5. 684 يومًا
6. a. 89 min
   b. 3.2×10^2 km
7. 4.3×10^4 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

   خُقِّق 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. 1.2×10^{-7} N; 8.4×10^3 جزء في البليون من الوزن.
9. 6.02×10^4 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

0103_0120_C07_718462.indd 108 8/19/2016 10:54:29 AM

القسم 2 استخدام قانون الجذب الكوني

1 التقديم

نشاط محفِّز

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 مرئي – 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. وضِّح 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 6.37×10^3 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 $\tan\theta = 1.3\times10^{-3}$ و $y = 5$ m. 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 مرئي – 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

0103_0120_C07_718462.indd 109 8/19/2016 10:54:29 AM

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: $h = 4.50\times10^{5}\ \text{m}$

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

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

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

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

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

احسب السرعة.

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

احسب الزمن الدوري.

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

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. استُخدم 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 يمكّنهم 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 يَرْنَدْ 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 الخاطئة

انعدام الوزن يظن كثير من الناس أن جاذبية الأرض تتوقف عند نهاية الغلاف الجوي، ويُعزز هذا المفهوم الخاطئ الاستخدامُ غير الصحيح لمصطلحَي انعدام الوزن والجاذبية الميكروية. عند مناقشة التسارع الناتج عن الجاذبية بعيدًا عن الأرض، وضِّح 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 الناتجة عن الماء والمؤثرة فيه إلى أعلى. ويمكن للشخص أن يُجرِّب 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 فوريًّا. 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 سيتسرب أو لن يتسرب 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

0103_0120_C07_718462.indd 110 8/19/2016 10:54:29 AM

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

الوقت 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 مسألة تحفيزية في الفيزياء

المقاييس والموازين اجمع أكبر عدد ممكن من الأدوات التي يمكن استخدامها لقياس وزن جسم ما. ثم حدد طريقة عمل كل منها. مثلًا، 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

استخدام تجربة الفيزياء

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

استخدام تجربة 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 ثَمَّ، 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

0103_0120_C07_718462.indd 111 8/19/2016 10:54:29 AM

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 مرئي – مكاني

نظرية إينشتاين في الجاذبية

تطوير المفاهيم

الزمكان وانحناؤه قد يرغب الطلاب في مواصلة مناقشة بعض الأفكار الواردة في كتاب الطالب.

الزمكان: 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 الزمكان، 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 الزمكان، 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

0103_0120_C07_718462.indd 112 8/19/2016 10:54:29 AM

القسم 2

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 تخيُّل 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، تخيُّل 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 وضِّح للطلاب الطرق التي يكون فيها تشبيه انحناء الشبك المطاطي بانحناء الزمان المكاني الموضَّح 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. (ذكِّر 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 تلامس أو قوة طبيعية في الكرة، مع اتجاه مكوِّن 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

0103_0120_C07_718462.indd 113 8/19/2016 10:54:30 AM

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. ستحد 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

0103_0120_C07_718462.indd 114 8/19/2016 10:54:30 AM

القسم 2 الإجابات

التأكد من فهم النصوص والصور

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 F_g 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.

مسائل تدريبية

14. a. 7.75×10^3 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 أرضيًّا
16. a. 7.8×10^3 m/s
    b. 5.3×10^3 s أو 88 min
17. a. 2.86×10^3 m/s
    b. 1.65 h

القسم 2 مراجعة

18. a. $\frac{g_S}{g_E} = 2.2$
    b. 8.5×10^{19} N/kg
19. نعم. الكراسي منعدمة الوزن ولكنها ليست منعدمة 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 ثَمَّ، سيكون للقمر الذي على بعد 160 km الزمن الدوري الأكبر.
    b. القمر الذي على بُعد 150 km، حيث كلما قلَّ 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

0103_0120_C07_718462.indd 115 8/19/2016 10:54:30 AM

الحدود في **الفيزياء**

لا شيء يستطيع الإفلات

هل الثقب الأسود عبارة عن ثقب حقيقي؟

الغرض

يصف هذا المقال 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

0103_0120_C07_718462.indd 116 8/19/2016 10:54:30 AM

الوحدة 7 الإجابات

القسم 1

إتقان المفاهيم

26. ستختلف الإجابات. يمثل ما يلي نمطًا محتملاً للإجابة الصحيحة: " . . إذا كان متوسط نصف القطر المداري لكوكب ما 9.50×10^{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،

قلّت القوة إلى الربع.

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

فستنخفض النسبة إلى النصف.

إتقان حل المسائل

34. 12 y

35. 246 y

36. 4.16×10^{23} N

37. 9.11×10^{-31} kg

38. 6.5×10^{-8} N

39. 6.1×10^{-9} N

40. a. 489 N

b. 4.90×10^{2} N

41. a. 6.0×10^{24} kg

ب. 5.5×10^{3} kg/m^3

42. 5.84×10^{-10} N

43. 8.0×10^{-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. 5.65×10^{26} kg

51. 18 AU

52. a. 2.2×10^{15} m^2/s

b. 2.0×10^{11} m^2/s

53. 79 يومًا

القسم 2

إتقان المفاهيم

54. سرعته؛ حيث إنه يسقط طوال الوقت.

55. تعتمد السرعة فقط على b، البعد عن الأرض. وc، 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 يسببه 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

0103_0120_C07_718462.indd 117 8/19/2016 10:54:30 AM

الإجابات

إتقان حل المسائل

61. a. 3.07×10^{3} m/s أو 3.07 km/s

b. 8.66×10^{4} s أو 24.1 h

62. a. 0.2 N/m

b. 20 N

63. a. 2.03×10^{20} N

b. 2.80×10^{-3} N/kg

64. ستختلف الإجابات. لكن النموذج الصحيح للإجابة هو "قمر صناعي يدور في مدار دائري حول الأرض. فإذا كان يتحرك بسرعة 8.3×10^{3} m/s، فكم سيكون نصف قطره المداري؟"

65. a. 1.80×10^{3} N

b. 8.00×10^{2} N

c. 2.92×10^{2} N

66. 2.64×10^{3} km

67. a. 1.6×10^{3} kg

b. 1.3×10^{-10} m/s^2

68. 8.3×10^{-9} N

69. 7.3×10^{22} kg

70. 1.60 N/kg

71. 3.0×10^{-47} N

72. a. 1.7×10^{-10} N

b. 1.7×10^{-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

0103_0120_C07_718462.indd 118 8/19/2016 10:54:30 AM

مراجعة جامعة

90. 2.01×10^{30} kg

91. **a.** 1.7×10^{3} m/s

b. 6.5×10^{3} s

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

93. **a.** 1.2×10^{2} min

b. 1.6×10^{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.** $F_{Sm} = (5.90\times10^{-3}\ \text{N})m$; $F_{Mm} = (3.40\times10^{-5}\ \text{N})m$

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

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

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

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 الإجاباتُ 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. 4.0×10^{2} km

103. 610 N

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0103_0120_C07_718462.indd 119 8/19/2016 10:54:30 AM

تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

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

الإجابة المفتوحة

6. 8×10^5 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

0103_0120_C07_718462.indd 120 8/19/2016 10:54:30 AM