الزخم وحفظه

(l)MIKE CLARKE/AFP/Getty Images, (r)Mikael Karlsson/Alamy

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

نظرة عامة على الوحدة

تناقش هذه الوحدة التغيرات في حركة جسم ما، وذلك بدراسة زخم الجسم قبل الدفع المؤثر فيه وبعده، إضافة إلى الشروط المطلوبة لحفظ زخم نظام ما.

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

- الحركة المتسارعة في بعد واحد
- إضافة المتجهات في بعد واحد
- إضافة المتجهات في بعدين
- الحركة الدائرية
- الكتلة والوزن
- قوانين نيوتن في الحركة
- الحركة المنتظمة في بعد واحد
- الكميات المتجهة والكميات القياسية

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

- تمثيل البيانات بيانيًّا
- الترميز العلمي
- الأرقام المعنوية
- جيب الزاوية وجيب تمام الزاوية وظل الزاوية
- حل المعادلات الخطية
- حل المعادلات التربيعية

تقديم الفكرة الرئيسة

كمية الحركة كان نيوتن ينظر إلى الزخم على أنه مفهوم أساسي وسماه "كمية الحركة". كيف يمكن تفسير هذه العبارة في الوقت الحالي؟ عندما يتحرك جسيمان متماثلان معًا بالسرعة المتجهة نفسها، تكون كمية الحركة لهما أكبر مما لو تحرك كل جسيم بمفرده.

نبذة عن الشكل

الزخم في الرياضة اطلب من الطلاب أن يتذكروا بعض المرات المميزة التي مارسوا فيها الرياضة، واطلب منهم أن يصفوها وفقًا للحركة في بعد واحد أو بعدين، بما في ذلك السرعة المتجهة والقوة والتسارع. وقد يساعد إنشاء رسم الطلاب على صياغة أسئلة يمكن الإجابة عنها باستخدام مفاهيم الزخم والدفع.

استخدام التجربة الاستهلالية

في الأجسام المتصادمة، يمكن للطلاب إجراء تحقيق بشأن تفاعل الكرات المتماثلة في الحجم والمختلفة في الكتلة بعد التصادم.

0157_0172_C10_718462.indd 157 8/19/2016 10:55:51 AM

1 التقديم

نشاط محفِّز

قوة التصادم أسقط جسمًا ثقيلًا، مثل هذا الكتاب، على مكتبك، ثم أعد المحاولة ولكن بوضع وسادة على المكتب، وأسقط الكتاب عليها. اطلب من الطلاب استخدام معرفتهم السابقة وتسجيل الأشياء التي يمكن تحديدها عن طبيعة التصادم وتلك التي لا يمكنهم تحديدها. يمكنهم إيجاد كتلة الجسم ويجب أن يكونوا قادرين على حساب سرعته المتجهة لحظة اصطدامه بالمكتب. ويمكنهم أيضًا ملاحظة أن السرعة المتجهة بعد التصادم تكون صفرًا. ولكن بدون معرفتهم للزمن الذي استغرقه الجسم للتوقف، لا يمكنهم تحديد تسارع الجسم قبيل توقفه، ولا القوة التي أثر بها المكتب في الجسم أو العكس. ض م مرئي – مكاني

الربط بالمعرفة السابقة

قوانين الحركة سيستخدم الطلاب قانون الحركة الثاني لنيوتن لاستكشاف العلاقة بين الزخم والدفع. قد يحتاج الطلاب إلى مراجعة السرعة الزاوية قبل أن يتعرفوا على الزخم الزاوي.

2 التدريس

نظرية الدفع – الزخم

استخدم الشكل 1

يمكن للطلاب أن يتعرفوا على العلاقة بين القوة والدفع من خلال دراسة منحنى الجرس الموضَّح في **الشكل 1**. اطلب منهم إيجاد القوة العظمى. 1.47×10^4 N اسأل: هل من الممكن تحديد المدة التي استغرقها التصادم؟ نعم كيف؟ لاحظ أن الفترة الزمنية التي أثرت خلالها القوة في كرة البيسبول غير صفرية ($t = -1.5$ ms خلال $t = 1.5$ ms أو 3.0 ms). اشرح لهم أن أحد القياسات المهمة تتمثل في تحديد الفترة الزمنية عندما تكون القوة أكبر من نصف قيمتها العظمى. اطلب من الطلاب استخدام الرسم البياني لحساب الفترة الزمنية. $\Delta t \approx 0.4\text{ ms} - (-0.4\text{ ms}) = 0.8$ ms اسأل الطلاب كيف يمكنهم تحديد قيمة تقريبية للدفع. المساحة أسفل المنحنى تمثل الدفع. ويمكن إيجادها بنسخ هذه المساحة على ورقة رسم بياني وعدّ المربعات، وإيجاد مساحة كل مربع وضرب الناتج في عدد المربعات. ويمكنهم أيضًا إيجاد مساحة المثلث الذي يكون رأسه عند القوة العظمى ويمس نقطتي منتصف القوة العظمى. اطلب من الطلاب مقارنة مساحة ذلك المثلث بالمساحة الصحيحة، 13.1 N•s. ستكون رأس المثلث عند (1.47×10^4 N, 0.0 ms) وسوف تكون نقاط قاعدته عند (0.0 N, 0.8 ms–) و(0.0 N, 0.8 ms). وسوف تكون مساحته (0.5)(القاعدة)(الارتفاع)، وهي (0.5)(0.0016 s)(14,700 N) = 12 N•s

مرئي – مكاني ض م

تطوير المفاهيم

الزخم والسرعة المتجهة ساعد الطلاب على فهم الفرق بين الزخم والسرعة المتجهة من خلال كتابة المعادلة $\boldsymbol{p} = m\boldsymbol{v}$ على السبورة واطلب من الطلاب تحليلها.

تطوير المحتوى

الفكرة الرئيسة للتمييز بين الزخم والتغير في الزخم (الدفع)، اكتب ما يلي على السبورة:

$F\Delta t = m\Delta \boldsymbol{v} = m(\boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i) = m\boldsymbol{v}_f - m\boldsymbol{v}_i = \boldsymbol{p}_f - \boldsymbol{p}_i$

. أكد أن الزخم والدفع كميتان متجهتان، أي أن لكل منهما مقدارًا واتجاهًا. اشرح أن نقاط الدفع تكون في نفس اتجاه التغير في الزخم.

استخدام تجربة الفيزياء

في التصادمات الملتحمة، يمكن للطلاب إجراء تحقيق بشأن ما يحدث لزخم الجسم في أثناء التصادم.

تطبيق الفيزياء

القوة المؤثرة على العدائين اطلب من الطلاب فحص أحذيتهم الرياضية لتحديد مقدار انضغاط النعل عندما تؤثر فيه قوة. اقترح تصميم آلية لفحص الأحذية بحيث تؤثر بقوة مقيسة على جسم بحجم الجزء المكور من القدم، وقس المسافة التي ينضغطها الحذاء بفعل تلك القوة. ويجب فحص القوى المقاربة لأربعة أمثال وزن الطالب. اطلب من الطلاب إجراء بحث حول نموذج الحذاء الذي يخفض كثيرًا من القوة المؤثرة في القدم عند الركض. يستطيع الطلاب جمع أحذية متنوعة لفحص أي نوع منها يعمل على تخفيض القوة المؤثرة في القدم كثيرًا.

عرض عملي سريع

الدفع

الوقت المقدَّر 5 دقائق

المواد غطاء سرير، بيضة نيئة

الإجراءات اصطحب طلابك إلى خارج البناية أو إلى مكان آمن يسهل تنظيفه. اطلب من اثنين من المساعدين إمساك غطاء السرير رأسيًا بينهما. واطلب من الطلاب أن يتوقعوا ما إذا كان باستطاعتك كسر البيضة بقذفها بكل ما أوتيت من قوة نحو غطاء السرير. ثم ارم البيضة النيئة بسرعة متجهة كبيرة في اتجاه مركز الغطاء. سيوقف غطاء السرير البيضة عادة دون أن يكسرها. اشرح أن غطاء السرير يوقف البيضة خلال فترة زمنية (Δt) أطول مما لو رميت البيضة على حائط من الطوب. وأكّد أن الفترة الزمنية الأطول Δt تعني أن القوة المؤثرة في البيضة تقل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 158 8/19/2016 10:55:51 AM

خلفية عن المحتوى

دالة القوة كيف يمكن لشخص أن يطور دالة رياضية لقوة متغيرة (مثل تلك الموجودة في **الشكل 1**)؟
إحدى هذه الطرق هي تقريب القوة والتعامل معها بوصفها قوة ثابتة. ورياضيًا، هذا مكافئ لعمل مستطيل مساحته مساوية للمساحة أسفل منحنى رسم F–t البياني، وبالطبع، فإن شكل المستطيل لا يغير الدفع. وأحد الاختيارات هو أخذ متوسط القوة مساويًا للقوة العظمى وضبط الفترة الزمنية للحصول على المساحة الصحيحة. أما الاختيار الثاني فهو اختيار الفترة الزمنية، وهو أفضل تمثيل للفترة الزمنية التي أثرت خلالها القوة، ومن ثم ضبط القوة للحصول على المساحة الصحيحة. وبدون قياسات مفصلة للقوة كدالة للزمن، فإنه لا توجد طريقة واحدة صحيحة.

تحديد المفاهيم الخاطئة

الزخم والسرعة المتجهة الزخم ليس السرعة المتجهة نفسها. ففي جميع الأمثلة يرتبط الزخم مع السرعة المتجهة بنسبة ثابتة هي الكتلة. ولهذا السبب لا يرى بعض الطلاب سببًا ليكون لديهم كمية أخرى، لذا فإنهم يتعاملون مع الزخم كما لو كان سرعة متجهة. وسوف يكون الاختلاف أكثر وضوحًا بعد دراسة التصادمات.

اثراء

المتجهات صمِّم بعض التمارين حول طرح المتجهات باستخدام متجهات الزخم الابتدائي والنهائي. وأكد أن الفرق الناتج سيكون الدفع، مضمنًا بعض التمارين زخمًا ابتدائيًا أو نهائيًا يساوي صفرًا ومتجهي زخم ابتدائي ونهائي في الاتجاه نفسه وفي عكس الاتجاه.

د م مرئي – مكاني

مثال إضافي للحل في الصف

استخدام مع مثال المسألة 1.

مسألة افترض أن مسافرًا كتلته 85 kg يجلس في المركبة الموصوفة في مثال المسألة 1. احسب الدفع ومتوسط القوة اللازم لإيقاف الشخص والمركبة معًا في حالة قيام السائق بالضغط على المكابح برفق والضغط عليها فجأة.

الإجابة $p_i = (85\ \text{kg})(26\ \text{m/s})$

$p_i = 2.2\times10^3\ \text{kg·m/s};\ p_f = 0.$

لذا $F\Delta t = -2.2\times10^3\ \text{kg·m/s}$

وعندما $\Delta t = 21\ \text{s}$، فإن $F = -1.0\times10^2\ \text{N}$

وعندما $\Delta t = 3.8\ \text{s}$، فإن $F = -5.8\times10^2\ \text{N}$

نشاط مشروع الفيزياء

أحزمة الأمان والوسائد الهوائية كتوسيع لما تعلمه الطلاب عن الدفع والزخم، يمكنهم أن يستكشفوا كيف تعمل الوسائد الهوائية على تقليل القوى المؤثرة في تصادمات السيارات. اطلب منهم البحث عن مقاطع فيديو تبيّن كيف أن انتفاخ الوسادة الهوائية "يخفف من حدة التصادم" على دمى اختبارات التصادم، وتنزيل هذه المقاطع. ويمكن للطلاب تطوير عروض توضيحية باستخدام عربة المختبر وراكب من الصلصال مع وضع استراتيجيات مختلفة لحماية الراكب عندما تصطدم العربة بحاجز. ويمكنهم تغطية الحافة الحادة للعربة بالمطاط لنمذجة لوحة عدادات مبطنة. ويمكن أن تمثل الأشرطة نماذج لأحزمة الأمان والبالونات نماذج للوسائد الهوائية. ويمكن لبعض الطلاب اختيار تزويد عرباتهم بمصدات مصنوعة من البوليسترين. ض م حسي حركي

نشاط مشروع الفيزياء

من معلم إلى معلم

فيزياء سقوط البيض اطلب من الطلاب أن يصمموا أوعية تحمي البيض الذي سيُسقَط من ارتفاع كبير من الكسر، من قمة مطلع الدرج في المدرسة مثلًا. نظِّم كتلة كل وعاء حتى يكون التغير في زخم التصادم أو دفعه هو نفسه لكل وعاء. إن الهدف هو تقليل قوة التصادم على البيضة لحمايتها من الكسر. ويمكن للطلاب أن يفعلوا ذلك بزيادة زمن التصادم للبيضة داخل الوعاء لإنقاص القوة. ض م حسي حركي

الزخم الزاوي

نشاط

الدفع الزاوي يمكنك أن توضح الزخم الزاوي باستخدام كرسي مستدير يدور بحرية أو باستخدام عجلة دوارة لدراجة لها إطار منفوخ ومحور ممتد لسهولة التعامل معها. إذا استخدمت الكرسي المستدير، فقد يكون من الأفضل أن تجلس عليه في أثناء تدويره. وفي كلتا الحالتين، اسأل الطلاب كيف يمكن تدويرك أو تدوير العجلة. استخدم عزمًا مثل دفع جانب من المكتب بيدك إذا كنت على الكرسي الدائري أو بدفع المحور في حالة العجلة. اسأل الطلاب ماذا سيفعلون لزيادة سرعة الدوران. استخدام عزمًا أكبر خلال فترة زمنية أطول، أي زيادة الدفع الزاوي. ض م منطقي – رياضي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 159 8/19/2016 10:55:51 AM

تطوير المفاهيم

الزخم الزاوي مقابل السرعة الزاوية اطلب من الطلاب تعريف كل من الزخم الزاوي والسرعة الزاوية. الزخم الزاوي، زخم الجسم الدائر حول محور يساوي حاصل ضرب عزْم القصور الذاتي للجسم في سرعته الزاوية. السرعة الزاوية هي معدل دوران الجسم حول المحور.

مناقشة

سؤال ما وجه الاختلاف بين الزخم الزاوي والسرعة الزاوية؟

الإجابة الزخم الزاوي للجسم يساوي حاصل ضرب السرعة الزاوية في عزْم القصور الذاتي للجسم. ض م

التفكير الناقد

الأنظمة الدوارة وجِّه الطلاب في عصف ذهني لتقديم أمثلة على الأنظمة الدوارة التي تحتوي على الزخم الزاوي. اطلب منهم رسم أمثلة من الحياة اليومية ومن الطبيعة، فكِّر في أمثلة من مجالات مثل الفلك وعلم الأرصاد الجوية والرياضة. تتضمن الأمثلة على الأنظمة الدوارة المجرات والأنظمة الشمسية والأرض وغيرها من الكواكب والعواصف مثل الأعاصير البحرية والأعاصير القمعية ومناطق الضغط العالي والمنخفض والدوامات ودوارات الهواء والكرات الدوارة والمضارب ولاعبي الجمباز والغطاسين والعجلات الدوارة والأبواب الدوارة والمثقاب وأنصال المنشار الدوارة. ف م

نشاط

تطبيقات الدوران يستطيع الطلاب ربط ما تعلموه عن الزخم الزاوي بالحياة اليومية من خلال البحث عن طُرز مختلفة من المركبات الرياضية وسيارات الجيب وغيرها من المركبات لتقييم سلامتها. اقترح أن يأخذوا في الاعتبار كيفية تعامل المركبات مع المنحنيات الحادة عند التحرك بسرعات عالية أو حتى متوسطة. اطلب من الطلاب اختيار المركبة التي يعتقدون أن تصميمها هو الأنسب للميل في الزوايا الكبيرة. يمكنهم أيضًا اختيار تصميم غير مناسب. اطلب منهم أن يحددوا الطُرز الأكثر عرضة للانقلاب. اطلب من الطلاب إعداد تقرير سلامة لأحد الطُرز، بحيث يوضح التقرير مركز كتلة المركبة وقاعدتها ونقطة الدعم ومحور الدوران. إذا كان الوقت يسمح بذلك، اطلب من الطلاب تقديم أبحاثهم إلى الصف وأن يشرحوا كيف صُمِّمت المركبة التي اختاروها بحيث تراعي السلامة وكيف تحافظ على ثباتها عند الانعطاف أو الميل.

ض م مرئي – مكاني

3 التقييم

تقييم الفكرة الرئيسة

ممثل بديل كتلته 100.0 kg سقط من سطح مبنى قبل الاصطدام بحشوة مملوءة بالهواء أوقفت سقوطه خلال 0.75 s. فإذا كانت سرعته المتجهة لحظة وصوله إلى الحشوة هي 14 m/s−، فما الدفع المؤثر عليه؟ 1400 N•s ما متوسط القوة التي أثرتها الحشوة في الممثل؟ 1900 N

التأكد من الفهم

دفع الارتداد ارمِ كرة نحو الأرض حتى ترتد عنها. اطلب من الطلاب عمل رسم تخطيطي للزخم الابتدائي والزخم النهائي والدفع. اسأل الطلاب عن الذي ينتج الدفع. الأرض اطلب من الطلاب مقارنة الدفع على كرتين مختلفتين في الكتلة. تصطدم الكرتان بالأرض بالسرعة المتجهة نفسها، ولكن الكرة الأكبر كتلة سوف يكون لها زخم أكبر، لذا سوف يكون لها دفع أكبر. ض م

توسع

الدفع النوعي أفسح المجال للطلاب المهتمين بالصواريخ ليوضحوا لأقرانهم كيف أن الدفع والزخم يدخلان في تشغيل الصواريخ.

الدفع النوعي لداسر الصاروخ هو مقياس تقريبي لسرعة خروج الداسر من الجزء الخلفي للصاروخ. يُعد التسارع عاملًا مهمًا في الرحلات الفضائية ويحدد التسارع من خلال الدفع؛ فكلما كانت سرعة العادم الغاز الخارج من العادم أكبر كان الدفع النوعي أكبر. وفي تصميم الصواريخ ذات الداسر الكيميائي، لا يكون الهدف هو تقليل كمية الوقود ولكن زيادة الدفع (ومن ثم القوة) لكل وحدة وقود محترق. ف م منطقي – رياضي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 160 8/19/2016 10:55:51 AM

التأكد من فهم النصوص والصور

التأكد من فهم الشكل، كتاب الطالب ص 241

عندما يمدد ذراعيه، يبعد كتلته عن محور الدوران. وهذا يؤدي إلى زيادة عزم القصور الذاتي ويقلل السرعة الزاوية حتى يقفز مباشرة في الماء.

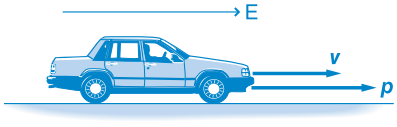
التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص 241

إن وضع انثناء الوركين والركبتين يزيد من السرعة الزاوية للغطاس من خلال تقريب كتلته من محور الدوران حتى يتناقص عزم القصور الذاتي.

مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص 239

1.

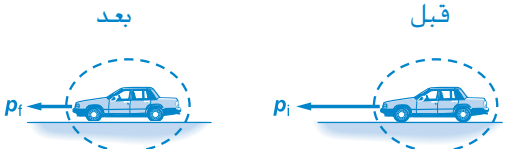


a. 2.32×10^{4} kg•m/s باتجاه الشرق

b. 38.4 km/h باتجاه الشرق

2. a. 1.0×10^{4} N•s باتجاه الغرب

b.



1.3×10^{4} kg•m/s باتجاه الشرق، 65 km/h باتجاه الغرب

3. a. 2.7 m/s في اتجاه السرعة المتجهة الأصلية نفسه

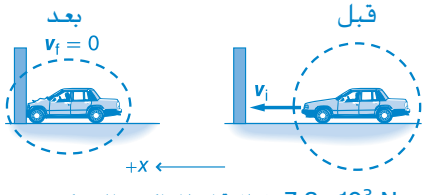
b. 1.3 m/s في اتجاه السرعة المتجهة الأصلية نفسه

4. a.

b. 5.28×10^{3} kg•m/s

c. 88.0 N

5.



a. 7.8×10^{3} N في الاتجاه المعاكس للحركة

b. 8.0×10^{2} kg؛ ومثل هذه الكتلة لا يمكن رفعها لأنها ثقيلة. لذا لا يمكنك إيقاف جسمك بأمان بواسطة ذراعيك.

مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص 243

6. 18 s

7. 63 rad/s; 0.033 N•m

8. 2.45 N•m•s; 1.02 N•m

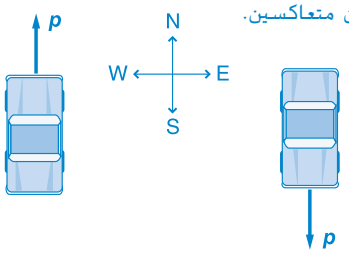
9. 31 rad/s; 1.9 N•m•s

القسم 1 مراجعة

كتاب الطالب ص 243

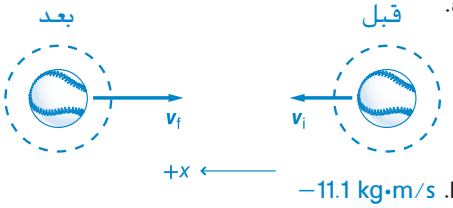
10. لقطرة المطر المتساقطة زخم أكبر، زخم الشاحنة يساوي صفرًا لأن سرعتها المتجهة تساوي صفرًا.

11. نعم، فالزخم كمية متجهة ويكون زخم السيارتين في اتجاهين متعاكسين.



12. لقد قللت القوة بزيادة الفترة الزمنية التي استغرقتها لإيقاف حركة جسمك.

13. a.

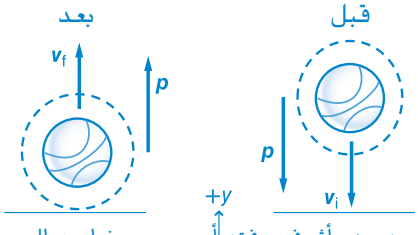


b. −11.1 kg•m/s

c. −11.1 N•s

d. -1.4×10^{4} N

14. لا، يكون التغيير في الزخم إلى أعلى؛ فقبل أن تصطدم الكرة بالأرض يكون متجه الزخم إلى أسفل، وبعد التصادم يكون متجه الزخم إلى أعلى.



15. لا يوجد عزم أثر فيه؛ فقد أدى سحب ذراعيه إلى تقليل عزم قصوره الذاتي؛ ولم يتغير الزخم الزاوي وازدادت سرعته الزاوية.

16. تنتج السهام المرتدة عن الهدف دفعًا أكبر، لأن لها زخمًا في الاتجاه المعاكس عند ارتدادها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 161 8/19/2016 10:55:52 AM

1 التقديم

نشاط محفِّز

كرات نيوتن المعلقة المهتزة أحضر أداة نيوتن التي تتكون من كرات معلقة قابلة للاهتزاز، على أن تحتوي على ست أو سبع كرات فولاذية معلقة على قضيبَين معدنيين متوازيين. اسحب الكرات إلى الخارج ما عدا كرتين، ثم اسحب واحدة من الكرتين ودعها تصطدم بالأخرى. اطلب من الطلاب وصف التصادم. كرر التجربة ولكن دع كرة واحدة تصطدم بثلاث كرات هذه المرة. قبل أن تترك الكرة اطلب من الطلاب أن يتوقعوا نتيجة التصادم على النظام. د م مرئي – مكاني

الربط بالمعرفة السابقة

قوانين نيوتن في الحركة يربط هذا القسم بين القانونين الأول والثالث لنيوتن في الحركة وبين حفظ الزخم؛ حيث تتطلب التصادمات في بعدين جمع المتجهات. وسيستخدم الطلاب ما تعلموه عن الحركة المتسارعة والسرعة الزاوية والزخم الزاوي وديناميكا الدوران لفهم قانون حفظ الزخم الزاوي.

2 التدريس

تصادم جسمين

تحديد المفاهيم الخاطئة

نظام الأجسام اسأل الطلاب عن صحة أن النظام يتكون من جسم واحد فقط. لا؛ فالنظام يمكن أن يحتوي على أكثر من جسم حتى لو لم تكن الأجسام متلامسة. صف لهم نظام الأرض – القمر وكيف يتحرك الجسمان في مدار حول الشمس كنظام واحد رغم أن الأرض والقمر ليسا مرتبطين ماديًا ويتحرك كل منهما بالنسبة إلى الآخر. ولا يُعد نظام الأرض – القمر نظامًا معزولًا بسبب الدور الذي تؤديه الشمس.

الزخم في نظام مغلق معزول

مناقشة

سؤال كيف ترتبط قوانين نيوتن في الحركة مع النظام المغلق المعزول لجسمين متصادمين؟

الإجابة يتبع الجسمان قانون الحركة الثالث لنيوتن عند تصادمهما، فكل جسم يؤثر في الآخر بقوة أثناء التصادم، وتكون القوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه. يستمر الجسمان في الحركة ملتحمين. وإذا استطعت تحديد مركز الكتلة في النظام، فسترى أنه يتحرك بسرعة متجهة ثابتة قبل التصادم وخلاله وبعده، وفقًا لقانون الحركة الأول لنيوتن. ض م

مثال إضافي للحل في الصف

استخدام مع مثال المسألة 3.

مسألة تتحرك سيارة كتلتها 1875 kg بسرعة 23 m/s فتصطدم بسيارة أخرى كتلتها 1025 kg متحركة بسرعة 17 m/s في اتجاه معاكس للسيارة الأولى. التحمت السيارتان وتحركتا على الجليد. ما سرعة السيارتين الملتحمتين بعد التصادم؟

الإجابة إذا كانت $v_{Di} = -17\ m/s$. فإن

$$v_f = \frac{(1875\ kg)(23\ m/s) + (1025\ kg)(-17\ m/s)}{1875\ kg + 1025\ kg} = 8.9\ m/s$$

. لاحظ أن هذه السرعة أبطأ من تلك التي يكون فيها التصادم عند الطرف الخلفي كما في المثال.

نشاط مشروع الفيزياء

من معلم إلى معلم

درع القوة ضع جسمًا كبيرًا في يدك، ثم اضربه بمطرقة صغيرة. وبيِّن للطلاب أن هذه الضربة لم تؤذِ يدك؛ وذلك بفعل حفظ الزخم؛ فكتلة الجسم الموضوع في يدك كبيرة مقارنة بكتلة المطرقة، مما يسبب تحول سرعة المطرقة المتجهة الكبيرة إلى سرعة متجهة صغيرة للجسم عند التصادم، لذا لا تضر يدك. ض م منطقي – رياضي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 162 8/19/2016 10:55:52 AM

الارتداد

استخدام تجربة الفيزياء

في تصادم العربات، يمكن للطلاب استخدام كاشف الحركة لدراسة ما سيحدث لزخمَي العربتين عند اصطدامهما.

استخدام التجربة المصغرة

في **ارتفاع الارتداد** يستطيع الطلاب ملاحظة كيف تؤثر الكتلة والسرعة المتجهة في زخم كرة مرتدة.

الفيزياء في الحياة اليومية

البقعة المثلى تُصمَّم مضارب التنس لزيادة السرعة المتجهة التي تكتسبها الكرة ومساعدة اللاعب على التحكم في اتجاه الكرة، ويساعد التصميم أيضًا على تقليل قوة المضرب المؤثرة في يد اللاعب. ويستخدم اللاعبون مصطلح البقعة المثلى للدلالة على الموقع الملائم لضرب الكرة بالمضرب. فضرْب الكرة عند البقعة المثلى، يقلل اهتزازات المضرب ذات التردد العالي. كما تمثل البقعة المثلى المنطقة التي يكون عندها معامل الارتداد (COR) مرتفعًا. ويُقاس معامل الارتداد من خلال إسقاط الكرة على مضرب محمول بثبات. ومعامل الارتداد هو النسبة بين مقدار سرعة الكرة المتجهة لحظة ارتدادها من المضرب إلى مقدار سرعتها قبل أن تصطدم به.

التدريس المتمايز

ضعاف البصر يمكن أن يشعر الطلاب بارتداد البالون. انفخ بالونًا وأعطه إلى أحد الطلاب. تأكد أن الطالب يمسك بفوهة البالون جيدًا حتى لا يخرج الهواء منه، ثم دعه يضع الجهة المعاكسة من البالون على راحة يده، واطلب منه أن يفتح فوهة البالون لينطلق الهواء منه. يجب أن يشعر الطالب بقوة الهواء الخارج من البالون على يده. حيث يندفع البالون إلى الأمام بفعل قوة الهواء على مقدمة البالون. ض م حسي حركي

الدفع في الفضاء

تحديد المفاهيم الخاطئة

دفع الصاروخ عندما بدأ روبرت غودارد تجاربه على الصواريخ، قالت صحيفة مشهورة آنذاك إن تجاربه محكوم عليها بالفشل، لأنه كما يعلم أي طالب في المرحلة الثانوية حينئذ، أن الصاروخ لا يتحرك إلا إذا قامت الغازات المقذوفة بدفع الهواء، وأنه لا يوجد هواء في الفضاء، فكيف ستتحرك الصواريخ إذًا؟ وقد كانت الصحيفة مخطئة تمامًا؛ فالغازات المقذوفة من الصاروخ لا تدفع الهواء، وإنما تدفع الصاروخ نفسه، فيتقدم الصاروخ إلى الأمام ويتسارع بدفع الغازات له.

مثال إضافي للحل في الصف

استخدام مع مثال المسألة 4.

مسألة ماذا لو كانت كتلة رائد الفضاء نفسه في مثال المسألة 4 تساوي 62 kg فقط؟ كم تصبح سرعته النهائية؟

الإجابة يمكن استخدام التحليل نفسه والمعادلة الأخيرة ولكن بكتلة مختلفة:

$$v_{Cf} = \frac{-m_p v_{Df}}{m_c}$$

$$= \frac{-(0.035\,kg)(-875\,m/s)}{62\,kg}$$

$$v_{Cf} = +0.49\ m/s$$

التصادمات في بعدين

التدريس المتمايز

الطلاب دون المستوى تقدم التصادمات في بُعدين للطلاب الذين يعانون مشكلة مع القوى في بُعدين فرصة ثانية ليتعلموا كيفية التعامل مع المتجهات. سيميل معظم الطلاب إلى جمع الزخم كما يتعاملون مع الكميات القياسية. وبعضهم سيجد أن التعامل مع الطرق الرسومية أسهل في الفهم، بينما يجد الذين لا يتعلمون مرئيًا أن التعامل مع الطرق الجبرية أسهل. اختر الطريقة التي تتناسب مع أسلوب تعلم الطلاب. كوِّن مجموعة ثنائية من طالبَين ذوي قدرات مختلفة واطلب منهما حل المسألة نفسها ومقارنة إجابتيهما وتعليم بعضهما كيف يحلان المسألة بأسلوبهما الخاص. تعلم تعاوني

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 163 8/19/2016 10:55:52 AM

استخدم الشكل 12

اطلب من الطلاب تصميم رسومات للجسم الحر عند التصادم. يمكنهم أن يحوّلوا الشكل إلى ورقة عمل، ثم يقيسوا أطوال وزوايا متجهات الزخم. اشرح لهم أنه يمكنهم تحريك المتجهات في أنحاء الصفحة ما دامت أطوالها واتجاهاتها لا تتغير. ثم اطلب منهم التحقق مما إذا كان مجموع المتجهين للزخم النهائي يساوي الزخم الابتدائي للكرة C (لأن الكرة D كانت ساكنة في البداية). ض م مرئي – مكاني

المهن

خبير تمثيل الحادث يتطلب التحقق في حوادث السيارات فهم التصادمات والاحتكاك وقوانين نيوتن في الحركة. فخبراء تمثيل الحوادث يعملون بطرق مختلفة لتحديد أسباب حوادث السيارات مستخدمين أدلة مثل أثر الإطارات على الطريق. تتضمن المسائل التدريبية في هذا القسم بعض تقنياتهم. وقد جرت العادة على استدعاء خبراء تمثيل الحوادث بصفتهم شهودًا وخبراء في المحاكم. وفي السنوات الأخيرة، ساهمت المعدات المتخصصة في جمع البيانات وبرامج الحاسب في تسهيل عملهم. ولقد شكّل هؤلاء الخبراء العديد من المنظمات المتخصصة تساعدهم على تحسين مهاراتهم وتبادل المعلومات. كما تعمل الكليات الأهلية والجامعات على تقديم برامج تدريب قصيرة للمحققين.

مثال إضافي للحل في الصف

استخدام مع مثال المسألة 5.

مسألة تحركت سيارة C كتلتها 975 kg جنوبًا بسرعة 22.5 m/s، فاصطدمت بشاحنة D كتلتها 2165 kg متحركة غربًا بسرعة 17.5 m/s. فالتحمتا معًا. في أي اتجاه بالنسبة إلى الجنوب وبأي سرعة ستتحركان بعد التصادم؟

الإجابة $m_C = 975\ \text{kg}, m_D = 2165\ \text{kg}$

$v_{Ci,y} = -22.5\ \text{m/s}, v_{Di,x} = -17.5\ \text{m/s}.$

$p_{f,y} = p_{i,y} = m_C v_{Ci,y} = (975\ \text{kg})(-22.5\ \text{m/s})$

$= -2.19 \times 10^4\ \text{kg·m/s}$

$p_{f,x} = p_{i,x} = m_D v_{Di,x} = (2165\ \text{kg})(-17.5\ \text{m/s})$

$= -3.79 \times 10^4\ \text{kg·m/s}$

$p_f = 4.38 \times 10^4\ \text{kg·m/s}, v_f = p_f/(m_C + m_D)$

$= 13.9\ \text{m/s}$

$\theta = \tan^{-1}(p_{f,x}/p_{f,y})$

$= \tan^{-1}\left(\frac{-3.79 \times 10^4\ \text{kg·m/s}}{-2.19 \times 10^4\ \text{kg·m/s}}\right)$

$\theta = 60.0^\circ$ غرب الجنوب

استخدام التجربة المصغرة

في الزخم، يمكن للطلاب أن يستخدموا قانون حفظ الزخم لتحديد السرعة المتجهة لجسم ما بعد التصادم.

تطوير المفاهيم

الفكرة الرئيسة تُمثل "فرضية السديم" نموذجًا يحاول شرح تكوين النظام الشمسي ويلقى قبولًا واسع نطاق. ففي هذا النموذج، تنهار سحابة غازية ضخمة من تلقاء نفسها بفعل الجاذبية. ولأن الزخم الزاوي محفوظ، فإن السرعة الزاوية الكلية للسحابة الغازية تزداد أثناء انكماشها. في الواقع، يقتضي حفظ الزخم الزاوي أن معظم الأجسام الكونية، بما فيها النجوم والمجرات والثقوب السوداء، في حالة دوران مستمر.

عرض عملي سريع

تغير عزم القصور الذاتي

الوقت المقدَّر 10 دقائق

المواد كرسي دوار، قالبان ثقيلان

الإجراءات اجلس على كرسي حاملًا القالبين على مقربة من جسدك. واطلب من أحد الطلاب أن يُديرك بلطف. مُدَّ ذراعيك وأعدهما. ناقش ما يحدث في ما يتعلق بحفظ الزخم الزاوي والتغيرات في عزم القصور الذاتي. كيف يؤثر هذا في ω، السرعة الزاوية؟ عندما يقلّ عزم القصور الذاتي (I) – الذراعان في وضع قريب – تزيد السرعة الزاوية (ω) وتدور أنت بشكل أسرع. يزيد عزم القصور الذاتي عند امتداد الذراعين وتقل السرعة الزاوية وتدور أنت ببطء أكثر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 164 8/19/2016 10:55:52 AM

خلفية عن المحتوى

الأجسام الدوارة مقابل الأجسام المغزلية الحركة يمثل الزخم الزاوي إحدى الخصائص التي تُستخدم لوصف الجسم المتحرك حول محوره. ولأن الزخم الزاوي يعتبر كمية متجهة، فإن الوصف الكامل يتضمن كلًا من المقدار والاتجاه. يُرمز للزخم الزاوي لجسم دوار بالرمز mvr، حيث m كتلة الجسم وv مقدار سرعته الخطية وr المسافة بين المركز والمدار. يمكن التعبير عن الزخم الزاوي باستخدام $I\omega$ حيث $I = mr^2$ و$\omega = v/r$. كما يمثل الزخم الزاوي للجسم مغزلي الحركة بالرمز $I\omega$.

اثراء

حفظ الزخم الزاوي اطلب من الطلاب كتابة وصف للزخم الزاوي بأسلوبهم الخاص. يجب أن تربط أوصافهم الزخم الزاوي بعزْم القصور الذاتي والسرعة الزاوية. كما يجب أن تشرح أوصافهم كيفية حفظ الزخم الزاوي. مثال للإجابة: يعتمد الزخم الزاوي على السرعة الزاوية وعزْم القصور الذاتي. يكون الزخم الزاوي محفوظًا في ظل انعدام محصلة العزوم الخارجية على الجسم في النظام. د م

لغوي

التفكير الناقد

إضافة كتلة إلى النظام الدوار اطلب من الطلاب أن يتخيلوا أنهم يجرون تجربة مختبرية لحفظ الزخم. هب أنهم يستخدمون قرصًا يدور بسرعة 25 rad/s وعزْم قصوره الذاتي يساوي $2.5\ kg{\cdot}m^2$. ثم يقومون بإسقاط حلقة معدنية على القرص الدوار ليتوافق مركزها مع مركز القرص الدوار، بعدها يلاحظون أن السرعة النسبية الجديدة أصبحت 18 rad/s. افترض أن الزخم الزاوي محفوظ وأن الحلقة المعدنية لم تكن تدور في البداية، واسأل الطلاب عن مقدار عزْم القصور الذاتي. الزخم الزاوي الابتدائي والنهائي $= (2.5\ kg{\cdot}m^2)(25\ rad/s)$ $= 63\ kg{\cdot}m^2/s$. وحيث إنك تعرف السرعة المتجهة النهائية، فستجد أن $I = L/\omega = (63\ kg{\cdot}m^2/s)/(18\ rad/s) = 3.5\ kg{\cdot}m^2$. ومن ثم يكون مقدار عزْم القصور الذاتي المضاف $1.0\ kg{\cdot}m^2$. ف م

مرئي – مكاني

3 التقويم

تقويم الفكرة الرئيسة

حفظ الزخم تخيل أن متزلجَين على الجليد تصادما على حلبة تزلج جليدية. فما الظروف التي يجب أن تتوفر قبل التصادم لكي تتوقف حركة كل منهما بعد التصادم؟ يجب أن يكون للمتزلجَين زخمين متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه. وإذا كان لكلا المتزلجَين الكتلة نفسها، فيجب أن يتحركا بالسرعة نفسها في اتجاهين متعاكسين.
هل يمكن أن تتوقف حركة أحد المتزلجَين قبل التصادم؟ لا، ففي هذا الحالة، سيتحرك أحدهما أو كلاهما بعد التصادم.

التأكد من الفهم

تناسب الزخم اطلب من الطلاب استخدام مبدأ حفظ الزخم لتقدير مقدار الزخم الخطي الذي تكتسبه الأرض عندما يقفز شخص في الهواء. نموذج الإجابة: إذا قفز شخص إلى أعلى مسافة 0.80 m، فإن سرعته المتجهة عندما يترك الأرض ستكون 4.0 m/s. وإذا كانت كتلة الشخص 60.0 kg، فسيكون زخمه $240\ kg{\cdot}m/s$.
اطرح على الطلاب الأسئلة التالية. ما التغير الذي سيحدث لسرعة الأرض المتجهة؟ إن كتلة الأرض تساوي 6.0×10^{24} kg، لذا يجب أن تكون سرعتها المتجهة 4.0×10^{-23} m/s. ما التغير الذي سيحدث لسرعة الأرض المتجهة لو أن مليون شخص في مدينة نيويورك قفزوا معًا؟ سيكون التغير في السرعة 4.0×10^{-17} m/s.

ض م

منطقي – رياضي

توسع

الأرض المتباطئة اطلب من الطلاب إجراء بحث حول كيفية تغير الزخم الزاوي للأرض بسبب دورانها مع مرور الزمن وسبب هذا التغير. عليك أن تدرك أن هذه المسألة معقدة جدًا. تحدث التغيرات بسبب التفاعلات مع الغلاف الجوي والمحيطات والثلوج المنصهرة والتوهج الشمسي. ينبغي على الطلاب أيضًا أن يأخذوا بعين الاعتبار عوامل أخرى تؤثر في تباطؤ الأرض؛ منها على سبيل المثال، تناقص البروز عند خط الاستواء، ودوران لب الأرض المنصهر بسرعة أكبر قليلًا من الأرض. ف م

لغوي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 165 8/19/2016 10:55:53 AM

التأكد من فهم النصوص والصور

التأكد من فهم الشكل

يتبيَّن من الرسم أن القوتين اللتين تؤثر بهما الكرتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. وحيث إن الدفع يساوي حاصل ضرب القوة في الفترة الزمنية، ولأن الفترتين الزمنيتين متساويتان، لذا يجب أن يكون الدفعان متساويين في المقدار ومتعاكسين في الاتجاه أيضًا.

التأكد من فهم النص

لا يكتسب النظام المغلق كتلة ولا يفقدها. يكون النظام معزولًا إذا كانت محصلة القوى الخارجية التي تؤثر فيه تساوي صفرًا.

التأكد من فهم الشكل

بالرغم من أن القوى المؤثرة في الصبي الأطول وصديقه متساوية في المقدار، فإن للصبي الأكبر تسارعًا أقلّ؛ وهو ما يعني، وفقًا لقانون الحركة الثاني لنيوتن، أن كتلته هي الأكبر.

التأكد من فهم الشكل

ستتحرك الكرة الأكبر في الكتلة مسافة أقلّ، وستتحرك الكرة الأقل في الكتلة مسافة أطول.

التأكد من فهم الشكل

لا يوجد عزم غير متوازن يؤثر في النحلة إلا إذا دارت بميل.

التأكد من فهم النص

أثناء دوران الأرض، تؤثر الشمس فيها بعزم، مما يسبب دورانها حول محورها.

مسائل تدريبية

17. 1.1 m/s
18. 0.034 m/s
19. 1.2×10^3 m/s
20. 2.8 m/s
21. 6.7 m/s
22. 2.0 m/s في الاتجاه المعاكس

مسائل تدريبية

23. 7.91 m/s
24. 9.0 cm/s نحو اليمين
25. 2.8 m/s في الاتجاه المعاكس

مسائل تدريبية

26. 11.2 m/s، بزاوية 36.6° شمال غرب
27. 18.1 m/s، بزاوية 15.9° جنوب شرق
28. 22.1 m/s؛ نعم، لقد كانت متجاوزة لحد السرعة.
29. 3.5 m/s، بزاوية 30.0° نحو اليمين، و2.0 m/s، بزاوية 60.0° نحو اليسار

مسألة تحفيزية في الفيزياء

1. 2.0×10^1 m/s
2. 3.0×10^1 m/s؛ لم تتجاوز الصديقة حد السرعة 22 m/s، بينما تجاوزته السيارة الأخرى.

القسم 2 مراجعة

30. تتمركز معظم كتلة القرص في الحافة الخارجية، والتي بموجبها يزداد عزم القصور الذاتي. ولذا، عندما يدور القرص بحركة مغزلية، يكون زخمه الزاوي أكبر منه إذا ما زاد تمركز الكتلة بالقرب من مركز القرص. وبزيادة الزخم الزاوي، يتطاير القرص في الهواء بثبات أكبر.
31. a. 3.13 m/s
    b. 1.25 m/s
32. لا، لأن كتلة المضرب أكبر كثيرًا من كتلة الكرة، ويتطلب تغيرًا صغيرًا في سرعته المتجهة. بالإضافة إلى أن المضرب محمول بكتلة كبيرة وهي الذراع المتحركة المرتبطة مع الجسم المتصل بالأرض. لذا، فإن المضرب والكرة لا يشكلان نظامًا معزولًا.
33. يأتي الزخم الرأسي من قوة دفع الأرض للزانة. تكتسب الأرض زخمًا رأسيًا متساويًا في المقدار ومتعاكسًا في الاتجاه.
34. لأن زخمهما النهائي يساوي صفرًا، فإن زخميهما الابتدائيين متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه.
35. a. في الحالة الأولى، تكوّن أنت والكرة ولوح التزلج نظامًا معزولًا، وفي الحالة الثانية، تدخل الأرض في النظام.
    b. في الحالة الأولى، يكون الزخم مشتركًا، وفي الحالة الثانية، تدخل كتلة الأرض الضخمة في النظام، بينما يتم إهمال التغير في السرعة المتجهة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 166 8/19/2016 10:55:53 AM

حريق في السماء

الخلفية

بالنسبة إلى الأجرام القريبة من الأرض، يكون لحجمها أهمية كبيرة؛ فالجرم الذي عرضه أقل من 40 m، يكون من المرجح احتراقه في الجو دون أن يشكِّل خطرًا محتملًا. وأما ما يصل عرضه إلى 1 km، فسيكون له زخم كافٍ عند التصادم ليسفر عن دمار محلي هائل. وأما الأجسام التي يزيد قطرها عن 2 km، فقد تسبب مشكلات كبيرة عبر أنحاء العالم. فعندما يحترق حطامها في الجو يتغير المناخ العالمي. وقد يؤدي "الشتاء المظلم" إلى حدوث مجاعة حيث تموت كافة المحاصيل في جميع أنحاء العالم بسبب فقد ضوء الشمس الكافي.

استراتيجيات التدريس

- لإعطاء الطلاب فكرة عن الحجم، اطلب منهم البحث عن مقدار نصف قطر الأرض (حوالي 12,700 km). ثم اطلب منهم حساب حجم النموذج الحجمي لكويكب كروي قطره 10 km إذا كان نموذج الأرض يتمثل في كرة سلة (قطرها حوالي 24 cm). سيكون قطر نموذج الكويكب حوالي 0.02 cm.
- اشرح أنه سواء أكان انقراض الديناصورات قد حدث أثناء اصطدام تشيكسولوب أم لا، فإن ثمة شيء مؤكد، ألا وهو حدوث التصادم الذي أسفر بشكل كبير عن دمار شامل. ويقدر العلماء تأثير اصطدام الكويكب بالأرض بما يعادل تأثير انفجار 300 مليون سلاح نووي.

لمزيد من التعمق >>>

النتائج المتوقعة تُعد فرضية "الاصطدام العملاق" لتكوُّن القمر هي الفرضية الأكثر قبولًا بشكل عام، ولكن توجد غيرها. ففرضية الانشطار التي تنص على أن المادة المكوِّنة للقمر انفصلت عن قشرة الأرض نفتها حقيقة أن القمر لا يدور حول الأرض تمامًا في مستواها المداري. وتشير الدراسات الخاصة بتكوين القمر إلى أن عمره أصغر من عمر الأرض بحوالي 100 مليون سنة. لذلك فإن فرضية الاصطدام هي المرجحة أكثر. كما يدعم ارتفاع الزخم الزاوي لنظام الأرض – القمر وحقيقة أن القمر يتحرك ببطء بعيدًا عن الأرض فرضية الاصطدام العملاق.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 167 8/19/2016 10:55:53 AM

القسم 1

إتقان المفاهيم

36. نعم، لكي يكون للرصاصة زخم الشاحنة نفسه، يجب أن تكون سرعتها أكبر كثيرًا من سرعة الشاحنة لأن الكتلتين غير متساويتين.

$m_{\text{الشاحنة}}v_{\text{الشاحنة}} = m_{\text{الرصاصة}}v_{\text{الرصاصة}}$

37. a. يؤثر ضارب الكرة وملتقطها بمقدار الدفع نفسه في الكرة ولكن في اتجاهين متعاكسين.

b. يؤثر ملتقط الكرة بقوة أكبر في الكرة لأن الفترة الزمنية التي تؤثر فيها القوة أصغر.

38. إذا لم تكن هناك قوة محصلة على النظام فهذا يعني أنه لا يوجد دفع محصل على النظام ولا تغير محصل في الزخم. لكن قد يكون لأجزاء منفردة من النظام تغير في الزخم طالما كان التغير المحصل في الزخم يساوي صفرًا.

39. تزود السيارات بماص صدمات ينضغط في أثناء التصادم لزيادة زمن التصادم مما يقلل القوة.

40. a. بتطبيق عزم خارجي

b. بتغير عزم القصور الذاتي

إتقان حل المسائل

41. 0.013 s

42. a. $-14\ \text{kg·m/s}$

b. $-3.2\times10^{4}\ \text{N}$

43. 25 m/s

44. $74\ \text{kg·m/s};\ 1.0\times10^{1}\ \text{m/s}$

45. a. $-7.1\ \text{kg·m/s}$

b. $-1.4\times10^{4}\ \text{N}$

46. a. $2.0\times10^{4}\ \text{kg·m/s}$

b. $1.3\times10^{3}\ \text{N}$

47. $-1.2\times10^{3}\ \text{N}$

48. $-6.0\times10^{1}\ \text{N}$

49. a. $-1.0\times10^{2}\ \text{kg·m/s}$

b. $-5.0\times10^{2}\ \text{kg·m/s}$

50. a. $-5.1\ \text{kg·m/s}$

b. $-1.0\times10^{2}\ \text{N}$

c. $-1.0\times10^{1}\ \text{N}$

51. D < A < B < C = E

52. 4.8 N·s

53. $3.5\times10^{2}\ \text{kg·m/s}$

54. 42 m/s

55. a. $+5.2\times10^{-23}\ \text{N·s}$

b. +7.8 N

56. 1.3×10^{3} s، أو 22 min

57. $8.9\times10^{2}\ \text{kg·m/s}$ بزاوية 44°

58. a. $-2.00\times10^{2}\ \text{kg·m/s}$

b. $-4.0\times10^{3}\ \text{N}$

c. $4.1\times10^{2}\ \text{kg}$

d. لا

e. لن تتمكن من حماية الطفل في حضنك في حالة حدوث تصادم.

59. ستختلف الإجابات، لكن النموذج الصحيح للإجابة هو "في لعبة الكروكيت، ضُربت كرة كتلتها 1.3 kg بمضرب لامسها مدة 0.55 s، فأصبحت سرعة الكرة التي كانت في حالة سكون في البداية 20.0 cm/s، ما متوسط القوة التي أثَّر بها المضرب في الكرة؟"

القسم 2

إتقان المفاهيم

60. النظام المعزول هو النظام الذي لا تؤثر فيه قوى خارجية.

61. لأن الزخم محفوظ، التغير في زخم الغازات في اتجاه واحد يجب أن يوازن بتغير مساو له في زخم المركبة الفضائية في الاتجاه المعاكس.

62. إذا اعتبرت أن الكرتين تكونان نظامًا، فيجب أن تتحرك الكرة التي تحمل الرقم 8 بالسرعة المتجهة نفسها لكرة البلياردو قبل أن تصدمها.

63. a. لا يكون زخم الكرة الساقطة محفوظًا لأنه توجد قوة محصلة خارجية تؤثر فيها وهي قوة الجاذبية الأرضية.

b. يكون الزخم الكلي محفوظًا إذا كان النظام مكوَّنًا من الكرة والأرض.

64. a. تُعد الأرض خارج النظام، لذا فهي تؤثر بقوة خارجية ومن ثَمَّ تؤثر بدفع في الكرة.

b. يكون الزخم محفوظًا في النظام المكوَّن من الكرة والأرض.

65. يمكن للقوة الخارجية لمكابح السيارة أن تُوقف السيارة بوقف العجلات والسماح لقوة الاحتكاك الخارجية للطريق الموجودة في اتجاه الإطارات بإيقاف السيارة. ولكن إذا لم توجد قوة احتكاك – عندما يكون الطريق جليديًا مثلًا – فعندئذ لا توجد قوة خارجية ولا تتوقف السيارة.

66. يجب على الطفل أن يؤثر بعزم فيها. فيمكن أن يقف بجانبها ويؤثر بقوة تماسية في الدائرة الموجودة على المقابض عند مرورها. ويمكنه أيضًا الجري بجانبها والقفز على متنها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

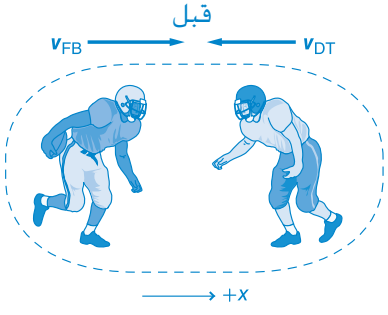
0157_0172_C10_718462.indd 168 8/19/2016 10:55:53 AM

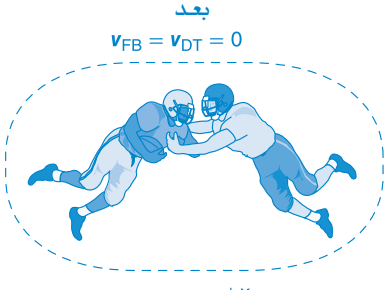
67. ستختلف الإجابات. يمثل ما يلي نموذجًا محتملًا للإجابة الصحيحة. ". . . وأثناء تزلجه بسرعة 4.3 m/s، اصطدم مباشرة بغابي الذي كان يتزلج في الاتجاه المعاكس بسرعة 2.7 m/s وكتلته 50.0 kg. التصق الاثنان ببعضهما. إذا اعتبرنا أن أرماندو وغابي يمثلان نظامًا مغلقًا معزولًا، فما سرعتهما المتجهة النهائية بعد الاصطدام؟"

إتقان حل المسائل

68. 0.37 m/s

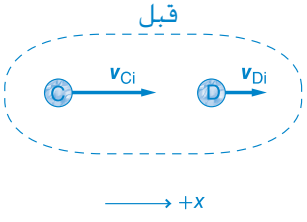
69. a. قبل: $m_{FB} = 95\ kg$
$v_{FB} = 8.2\ m/s$
$m_{DT} = 128\ kg$
$v_{DT} = ?$
بعد: $m = 223\ kg$
$v_f = 0\ m/s$

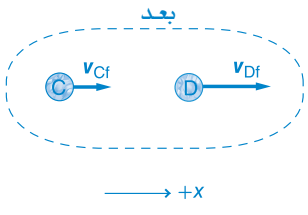




b. $7.8\times10^{2}\ kg\cdot m/s$
c. $-7.8\times10^{2}\ kg\cdot m/s$
d. $+7.8\times10^{2}\ kg\cdot m/s$
e. $-7.8\times10^{2}\ kg\cdot m/s$
f. $-6.1\ m/s$

70. a. قبل: $m_C = 5.0\ g$
$m_D = 10.0\ g$
$v_{Ci} = 20.0\ cm/s$
$v_{Di} = 10.0\ cm/s$
بعد: $m_C = 5.0\ g$
$m_D = 10.0\ g$
$v_{Cf} = 8.0\ cm/s$
$v_{Df} = ?$





b. $p_{Ci} = 1.0\times10^{-3}\ kg\cdot m/s$, $p_{Di} = 1.0\times10^{-3}\ kg\cdot m/s$
c. $4.0\times10^{-4}\ kg\cdot m/s$
d. $1.6\times10^{-3}\ kg\cdot m/s$
e. 16 cm/s

71. −0.30 m/s

72. −4.94 m/s أو 4.94 m/s إلى الخلف

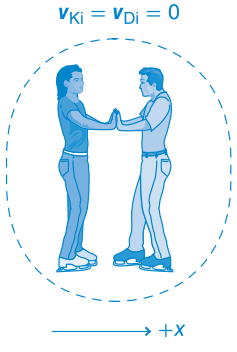
73. 1.26 m/s في الاتجاه نفسه الذي كان يتحرك فيه

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

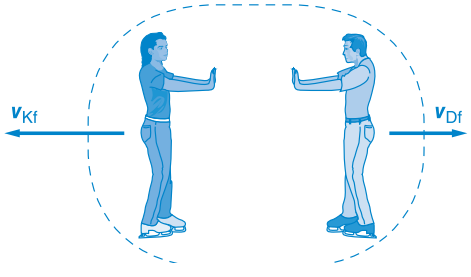
0157_0172_C10_718462.indd 169 8/19/2016 10:55:53 AM

74. a. قبل: $m_K = 60.0\ kg$
$m_D = 90.0\ kg$
$v_i = 0.0\ m/s$
بعد: $m_K = 60.0\ kg$
$m_D = 90.0\ kg$
$v_{Kf} = ?$
$v_{Df} = ?$

قبل



بعد



b. −1.50

c. أحمد، الذي لديه الكتلة الأصغر، لديه السرعة الأكبر.

d. إن القوتين متساويتان ومتعاكستان.

75. كرة البلياردو: 2.8 m/s؛ الكرة التي تحمل الرقم 8: 2.8 m/s

76. 11 m/s

77. 0.22 m/s في الاتجاه الأصلي

تطبيق المفاهيم

78. الدفع هو أن تؤثر قوة F في جسم ما خلال فترة زمنية Δt، مسببة تغيرًا في زخمه بمقدار $F\Delta t$.

79. من 4 إلى 6 s، يتحرك الجسم بسرعة متجهة ثابتة موجبة. من 8 إلى 10 s، يكون الجسم في وضع السكون. بعد 11 s، يتحرك الجسم بسرعة متجهة ثابتة سالبة.

80. نعم، إذا أثرت قوة صغيرة لفترة زمنية طويلة فإنها تنتج دفعًا أكبر.

81. يجب عليك تحريك يديك في اتجاه حركة الكرة نفسه وذلك لتزيد الفترة الزمنية للتصادم ومن ثَمَّ تقلل القوة.

82. تستغرق الرصاصة الخارجة من البندقية زمنًا أطول لذا تكتسب زخمًا أكبر.

83. عندما يطلق رائد الفضاء الغاز من المسدس في الاتجاه المعاكس للسفينة، يولِّد المسدس دفعًا يعمل على تحريك الرائد في اتجاه السفينة.

84. نعتبر النظام يتكون من الكرة والحائط والأرض، فيكتسب الحائط والأرض بعض الزخم خلال التصادم.

85. اعتبر أن الشاحنتين تمثلان نظامًا معزولًا. إذا تساوت كتلتا الشاحنتين فسوف تتحركان بنصف سرعة الشاحنة المتحركة بعد التصادم. لذا لا بد أن تكون حمولة الشاحنة المتحركة أكبر.

86. في كل حالة، اعتبر أن الرصاصة والقالب الخشبي يمثلان نظامًا معزولًا. يكون الزخم محفوظًا، لذا فإن زخم القالب والرصاصة بعد التصادم يكون مساويًا لزخمهما قبل التصادم. للرصاصة المطاطية زخم سالب بعد التصادم بالقالب، لذا يجب أن يكون زخم القالب الذي ارتدّت عنه الرصاصة المطاطية أكبر.

مراجعة جامعة

87. 60.0 kg·m/s؛ 20.0 m/s

88. a. 2.12×10^4 kg·m/s

b. 313 N

89. a. دارت لاعبة الجمباز حول مركز كتلة جسدها، في البداية وهي في وضع الانثناء، ثم عند اعتدالها.

b. التأرجح الكبير (A)، الاعتدال (C)، الانثناء (B)

c. الانثناء (الأكبر)، الاعتدال، التأرجح الكبير (الأصغر)

90. a. 2.35×10^4 kg·m/s

b. 2.6×10^4 N

c. تولدت هذه القوة من خلال الاحتكاك مع المضمار.

91. 8.39 m/s

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 170 8/19/2016 10:55:53 AM

92. a. قبل: $m_w = 50.0\ kg$
$m_c = 10.0\ kg$
$v_i = 5.0\ m/s$
بعد: $m_w = 50.0\ kg$
$m_c = 10.0\ kg$
$v_{wf} = 7.0\ m/s$
$v_{cf} = ?$
راجع دليل الحلول لمشاهدة الرسم.

b. $-5.0\ m/s$ أو $5.0\ m/s$ غربًا

93. a. $1.5\times10^2\ kg\cdot m/s$ أسفل

b. $-1.5\times10^2\ kg\cdot m/s$ أعلى

c. $3.0\times10^3\ N$

d. $5.88\times10^2\ N$؛ تساوي قوته حوالي خمسة أضعاف وزنه.

التفكير الناقد

94. اعتبر أن الكرتين تمثلان نظامًا معزولًا. توضح الخطوط المنقطة أن التغيرات في الزخم لكل كرة متساوية ومتعاكسة: $\Delta(m_A v_A) = \Delta(-m_B v_B)$.
نظرًا لأن الكتلتين تساويان النسبة 3:2، فإن النسبة 2:3 للتغير في السرعة المتجهة ستكافئهما.

95. ستدور الطالبة والكرسي ببطء في الاتجاه المعاكس لتلك العجلة. وبدون احتكاك لن يكون هناك عزم دوران خارجي. ولذا، لا يتغير الزخم الزاوي للنظام. ويجب أن يكون الزخم الزاوي للطالبة والمقعد مساويًا للزخم الزاوي للعجلة الدوارة ومعاكسًا له.

96. a. قبل: $m_A = 92\ kg$
$m_B = 75\ kg$
$m_C = 75\ kg$
$v_{Ai} = 5.0\ m/s$
$v_{Bi} = -2.0\ m/s$
$v_{Ci} = -4.0\ m/s$
بعد: $m_A = 92\ kg$
$m_B = 75\ kg$
$m_C = 75\ kg$
$v_f = ?$
راجع دليل الحلول لمشاهدة الرسم.

b. $0.041\ m/s$

c. نعم. السرعة المتجهة موجبة، لذا ستعبر كرة القدم خط المرمى لتُسجِّل هدفًا.

الكتابة في الفيزياء

97. لا يعتمد التغير في زخم السيارة على الفترة الزمنية التي تستغرقها السيارة للتوقف. وهكذا، فإن الدفع أيضًا لا يتغير. ولتقليل القوة، يجب زيادة الفترة الزمنية التي تستغرقها السيارة للتوقف. ويعمل استخدام الحواجز على زيادة الفترة الزمنية اللازمة لتوقف السيارة لذا تقل القوة. وتستخدم عادة الحاويات البلاستيكية المرنة المملوءة بالرمل.

98. توجد طريقتان لكي تعمل الوسائد الهوائية على تقليل الإصابات. أولًا، تنتفخ الوسائد الهوائية طوال فترة تأثير الدفع ومن ثم تقل القوة. ثانيًا، أن تنشر الوسادة الهوائية القوة فوق مساحة أكبر لذا يقل الضغط. وهكذا فإن الإصابات الناجمة عن القوى الناتجة عن الأجسام الصغيرة تقلّ. إن معظم أخطار الوسائد الهوائية تنجم عن أن هذه الوسائد يجب أن تنتفخ بسرعة كبيرة. يمكن لسطح الوسادة الهوائية أن يقترب من الراكب بسرعة تصل إلى $322\ km/h$ (200 mph). وتحدث الإصابات عندما تصطدم الوسادة الهوائية المتحركة بالراكب. وما زالت هذه الأنظمة تتطور حتى ينضبط معدل امتلاء الوسادة الهوائية بالغازات لتطابق حجم الراكب.

مراجعة تراكمية

99. $-6.0\ N$

100. $4.3\times10^7\ m$

101. $\alpha = 8.33\ rad/s^2$; $\omega = 16.7\ rad/s$; $I = 1.44\ kg\cdot m^2$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

0157_0172_C10_718462.indd 171 8/19/2016 10:55:53 AM

تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

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

الإجابة المفتوحة

9. $F\Delta t = m\Delta v = (12.0\ \text{kg})(20.0\ \text{m/s} - 0.00\ \text{m/s})$

$= 2.40 \times 10^2\ \text{kg·m/s}$

$= 2.40 \times 10^2\ \text{N·s}$. يساوي دفع الصخرة على الأرض $2.40 \times 10^2\ \text{N·s}$. ولذا، يساوي تأثير الأرض على الصخرة $-2.40 \times 10^2\ \text{N·s}$.

سلم التقدير

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

0157_0172_C10_718462.indd 172 8/19/2016 10:55:54 AM