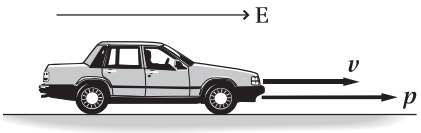
مسائل تدريبية

2–1 الدفع والزخم (صفحة 45–39)

صفحة 44

1. تتحرك سيارة صغيرة كتلتها 725 kg بسرعة 115 km/h في اتجاه الشرق. عبر عن حركة السيارة برسم تخطيطي.

a. احسب مقدار زخمها وحدد اتجاهه، وارسم سهما على رسم السيارة يعبر عن الزخم.



$$p = mv$$

$$= (725\ \text{kg})(115\ \text{km/h})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$

$$= 2.32\times10^{4}\ \text{kg.m/s}\ \text{شرقًا}$$

b. إذا امتلكت سيارة أخرى الزخم نفسه، وكانت كتلتها 2175 kg، فما سرعتها المتجهة؟

$$v = \frac{p}{m}$$

$$= \frac{(2.32\times10^{4}\ \text{kg.m/s})\left(\frac{3600\ \text{s}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right)}{2175\ \text{kg}}$$

$$= 38.4\ \text{km/h}\ \text{شرقًا}$$

2. إذا ضغط السائق في السؤال السابق على الكوابح بشدة لإبطاء السيارة خلال 2.0 s، وكان متوسط القوة المؤثرة في السيارة لإبطائها يساوي 5.0×10^{3} N،

$$\Delta t = 2.0\ \text{s}$$

$$F = -5.0\times10^{3}\ \text{N}$$

a. فما التغير في زخم السيارة؟ أي ما مقدار واتجاه الدفع على السيارة؟

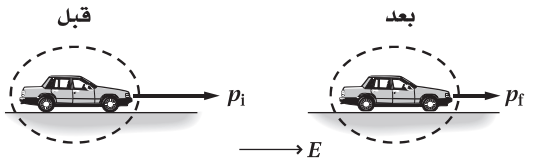
$$\text{الدفع} = F\Delta t$$

$$= (-5.0\times10^{3}\ \text{N})(2.0\ \text{s})$$

$$= -1.0\times10^{4}\ \text{N.s}$$

اتجاه الدفع نحو الغرب ومقداره 1.0×10^{4} N.s

b. أكمل الرسمين لما قبل الضغط على الكوابح وبعده، ثمّ حدّد الزخم والسرعة المتجهة للسيارة بعد الانتهاء من الضغط على الكوابح.



$$p_i = 2.32\times10^4\ \text{kg.m/s}\ \text{شرقًا}$$

$$F\Delta t = \Delta p = p_f - p_i$$

$$p_f = F\Delta t + p_i$$

$$= -1.0\times10^4\ \text{kg.m/s} + 2.32\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$= 1.3\times10^4\ \text{kg.m/s}\ \text{شرقًا}$$

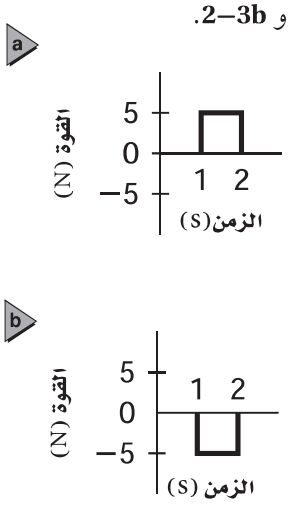
$$p_f = mv_f$$

$$v_f = \frac{p_f}{m} = \frac{1.3\times10^4\ \text{kg.m/s}}{725\ \text{kg}}$$

$$= 18\ \text{m/s}$$

$$= 65\ \text{km/h}\ \text{شرقًا}$$

3. تتدحرج كرة بولنج كتلتها 7.0 kg على ممر الانزلاق بسرعة متجهة مقدارها 2.0 m/s. احسب سرعة الكرة، واتجاه حركتها بعد تأثير كل دفع من الدفعين المبينين في **الشكلين 2–3a و 2–3b**.



الشكل 2 – 3 ■

a. $F\Delta t = p_f - p_i = mv_f - mv_i$

$$v_f = \frac{F\Delta t + mv_i}{m}$$

$$= \frac{(5.0\ \text{N})(1.0\ \text{s}) + (7.0\ \text{kg})(2.0\ \text{m/s})}{7.0\ \text{kg}}$$

$$= 2.7\ \text{m/s}\ \text{في اتجاه السرعة المتجهة الأصلية نفسها}$$

b.

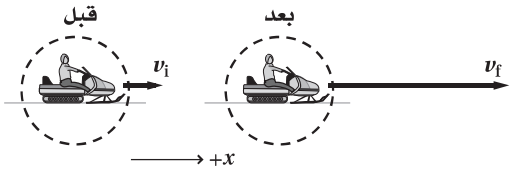
$$v_f = \frac{F\Delta t + mv_i}{m}$$

$$= \frac{(-5.0\ \text{N})(1.0\ \text{s}) + (7.0\ \text{kg})(2.0\ \text{m/s})}{7.0\ \text{kg}}$$

$$= 1.3\ \text{m/s}\ \text{في اتجاه السرعة المتجهة الأصلية نفسها}$$

4. سرّع سائق عربة ثلج كتلتها 240.0 kg، وذلك بالتأثير بقوة أدت إلى زيادة سرعتها من 6.0 m/s إلى 28.0 m/s خلال فترة زمنية مقدارها 60.0 s.

a. ارسم مخططًا يمثل الوضعين الابتدائي والنهائي للعربة.



b. ما التغير في زخم العربة؟ وما الدفع على العربة؟

$$\Delta p = F\Delta t$$

$$= m(v_f - v_i)$$

$$= (240.0\ \text{kg})(28.0\ \text{m/s} - 6.00\ \text{m/s})$$

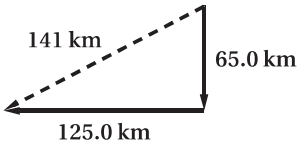
$$= 5.28\times10^3\ \text{kg.m/s}$$

c. ما مقدار متوسط القوة التي أثرت في العربة؟

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{5.28\times10^3\ \text{kg.m/s}}{60.0\ \text{s}}$$

$$= 88.0\ \text{N}$$

5. افترض أنَّ شخصًا كتلته 60.0 kg موجود في المركبة التي اصطدمت بالحائط الأسمنتي في المثال 1، حيث السرعة المتجهة للشخص مساوية للسرعة المتجهة للمركبة قبل التصادم وبعده، وتغيرت هذه السرعة المتجهة خلال 2.0 s. ارسم مخططًا يمثل المسألة.



a. ما متوسط القوة المؤثرة في الشخص؟

$$F\Delta t = \Delta p = p_f - p_i$$

$$F = \frac{p_f - p_i}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.0\ \text{kg.m/s}) - (60.0\ \text{kg})\ (94\ \text{km/h})}{0.20\ \text{s}}$$

$$\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$

$$= 7.8\times10^3\ \text{N}$$ **في عكس اتجاه الحركة**

b. يعتقد بعض الأشخاص أنّ بإمكانهم أن يوقفوا اندفاع أجسامهم إلى الأمام في مركبة ما عندما تتوقف فجأة، وذلك بوضع أيديهم على لوحة العدادات. احسب كتلة جسم وزنه يساوي القوة التي حسبتها في الفرع **a**. وهل تستطيع رفع مثل هذه الكتلة؟ وهل أنت قويّ بدرجة كافية لتوقف جسمك باستخدام ذراعيك؟

$$F_g = mg$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{7.8\times10^3\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 8.0\times10^2\ \text{kg}$$

ومثل هذه الكتلة لا يمكن رفعها لأنها ثقيلة؛ لذا لا يمكنك إيقاف جسمك بأمان بذراعيك.

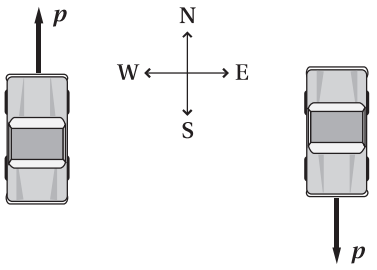
مراجعة القسم

1–2 الدفع والزخم (صفحة 45–39)

صفحة 45

6. الزخم هل يختلف زخم سيارة تتحرك جنوبًا عن زخم السيارة نفسها عندما تتحرك شمالاً، إذا كان مقدار السرعة في الحالتين متساويًا؟ ارسم متجهات الزخم لتدعم إجابتك.

نعم؛ فالزخم كمية متجهة، ويكون زخما السيارتين في اتجاهين متعاكسين.



7. الدفع والزخم عندما تقفز من ارتفاع معين إلى الأرض فإنك تثني رجليك لحظة ملامسة قدميك الأرض. بيّن لماذا تفعل هذا اعتمادًا على المفاهيم الفيزيائية التي تعلمتها في هذا الفصل.

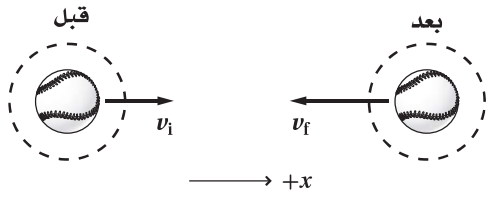
لقد قلّلت القوة بزيادة الفترة الزمنية التي استغرقتها لإيقاف حركة جسمك.

8. الزخم أيّهما له زخم أكبر، ناقلة نفط راسية بثبات في رصيف ميناء، أم قطرة مطر ساقطة؟

لقطرة المطر الساقطة زخم أكبر؛ لأنّ ناقلة النفط في وضع السكون لها زخم يساوي صفرًا.

9. الدفع والزخم قذفت كرة بيسبول كتلتها 0.174 kg أفقيًّا بسرعة 26.0 m /s. وبعد أن ضُربت الكرة بالمضرب تحركت في الاتجاه المعاكس بسرعة 38.0 m /s.

a. ارسم متجهات الزخم للكرة قبل ضربها بالمضرب وبعده.



b. ما التغير في زخم الكرة؟

$$\Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$= (0.174\ \text{kg})(38.0\ \text{m/s} - (-26.0\ \text{m/s}))$$

$$= 11.1\ \text{kg.m/s}$$

c. ما الدفع الناتج عن المضرب؟

$$F\Delta t = p_f - p_i$$

$$= \Delta p$$

$$= 11.1\ \text{kg.m/s}$$

$$= 11.1\ \text{N.s}$$

d. إذا بقي المضرب متصلاً بالكرة مدة 0.80 ms فما متوسط القوة التي أثر بها المضرب في الكرة؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

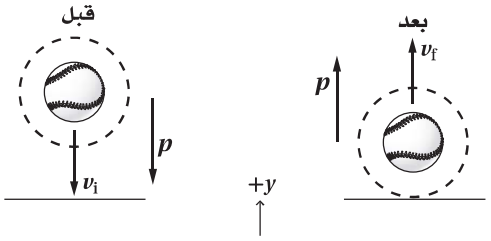
$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.174\ \text{kg})\ (38.0\ \text{m/s} - (-26.0\ \text{m/s}))}{(0.80\ \text{ms})\left(\frac{1\ \text{s}}{1000\ \text{ms}}\right)}$$

$$= 1.4 \times 10^4\ \text{N}$$

10. الزخم إنّ مقدار سرعة كرة السلة لحظة اصطدامها بالأرض هو نفسه بعد التصادم مباشرة. هل يعني ذلك أن التغير في زخم الكرة يساوي صفرًا عند اصطدامها بالأرض؟ إذا كان الجواب بالنفي ففي أيّ اتجاه يكون التغير في الزخم؟ ارسم متجهات الزخم لكرة السلة قبل أن تصطدم بالأرض وبعده.

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



11. التفكير الناقد يصوّب رام سهامه في اتجاه هدف، فتنغرز بعض السهام في الهدف، ويرتد بعضها الآخر عنه. افترض أن كتل السهام وسرعاتها المتجهة متساوية، فأيّ السهام ينتج دفعًا أكبر على الهدف؟ *تلميح: ارسم مخططًا تبيّن فيه زخم السهام قبل إصابة الهدف وبعدها في الحالتين.*

تنتج الأسهم المرتدة عن الهدف دفعًا أكبر؛ لأن لها زخمًا في الاتجاه المعاكس عند ارتدادها، وهذا يعني أن لديها تغيرًا كبيرًا في الزخم.

مسائل تدريبية

2–2 حفظ الزخم (صفحة 55–46)

صفحة 48

12. اصطدمت سيارتا شحن كتلة كل منهما $3.0\times10^5\ \text{kg}$، فالتصقتا معًا، فإذا كانت سرعة إحداهما قبل التصادم مباشرة $2.2\ \text{m/s}$، وكانت الأخرى ساكنة، فما سرعتهما النهائية؟

$$p_i = p_f$$

$$mv_{Ai} + mv_{Bi} = 2mv_f$$

$$v_f = \frac{v_{Ai} + v_{Bi}}{2}$$

$$= \frac{2.2\ \text{m/s} + 0.0\ \text{m/s}}{2}$$

$$= 1.1\ \text{m/s}$$

13. يتحرك قرص لعبة هوكي كتلته $0.105\ \text{kg}$ بسرعة $24\ \text{m/s}$، فيمسك به حارس مرمى كتلته $75\ \text{kg}$ في حالة سكون، ما السرعة التي ينزلق بها حارس المرمى على الجليد؟

$$p_{i,\text{قرص الهوكي}} + p_{i,\text{حارس المرمى}} = p_{f,\text{قرص الهوكي}} + p_{f,\text{حارس المرمى}}$$

$$m_{\text{قرص الهوكي}} v_{i,\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{حارس المرمى}} v_{i,\text{حارس المرمى}} = m_{\text{قرص الهوكي}} v_{f,\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{حارس المرمى}} v_{f,\text{حارس المرمى}}$$

وبما أن:

$$v_{i,\text{حارس المرمى}} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

فإن:

$$m_{\text{قرص الهوكي}} v_{i,\text{قرص الهوكي}} = (m_{\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{حارس المرمى}}) v_f$$

حيث إن

$v_{f,\text{حارس المرمى}} = v_{f,\text{قرص الهوكي}} = v_f$ **هي السرعة النهائية المشتركة لحارس المرمى وقرص الهوكي**

$$v_f = \frac{m_{\text{قرص الهوكي}} v_{i,\text{حارس المرمى}}}{(m_{\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{حارس المرمى}})}$$

$$= \frac{(0.105\ \text{kg})(24\ \text{m/s})}{(0.105\ \text{kg} + 75\ \text{kg})} = 0.34\ \text{m/s}$$

تابع الفصل 2

14. اصطدمت رصاصة كتلتها 35.0 g بقطعة خشب ساكنة كتلتها 5.0 kg، فاستقرت فيها، فإذا تحركت قطعة الخشب والرصاصة معًا بسرعة 8.6 m/s فما السرعة الابتدائية للرصاصة قبل التصادم؟

$$m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{i,الرصاصة}} + m_{\text{قطعة الخشب}} v_{\text{i,قطعة الخشب}} = (m_{\text{الرصاصة}} + m_{\text{قطعة الخشب}}) v_{\text{f}}$$

حيث إن v_{f} هي السرعة النهائية المشتركة للرصاصة وقطعة الخشب.

لما كانت

$$v_{\text{i,قطعة الخشب}} = 0.0 \text{ m/s},$$

فإن

$$v_{\text{i,الرصاصة}} = \frac{(m_{\text{الرصاصة}} + m_{\text{قطعة الخشب}})\, v_{\text{f}}}{m_{\text{الرصاصة}}}$$

$$= \frac{(0.0350 \text{ kg} + 5.0 \text{ kg})(8.6 \text{ m/s})}{0.0350 \text{ kg}}$$

$$= 1.2 \times 10^{3} \text{ m/s}$$

15. تحركت رصاصة كتلتها 35.0 g بسرعة 475 m/s، فاصطدمت بكيس من الطحين كتلته 2.5 kg موضوع على أرضية ملساء في حالة سكون، فاخترقت الرصاصة الكيس، انظر إلى **الشكل 5–2**، وخرجت منه بسرعة 275 m/s، ما سرعة الكيس لحظة خروج الرصاصة منه؟

■ **الشكل 5–2**

$$m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{i,الرصاصة}} + m_{\text{الكيس}} v_{\text{i,الكيس}} = m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{f,الرصاصة}} + m_{\text{الكيس}} v_{\text{f,الكيس}}$$

حيث إن

$$v_{\text{i,الكيس}} = 0.0 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{f,الكيس}} = \frac{(m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{i,الرصاصة}} - m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{f,الرصاصة}})}{m_{\text{الكيس}}}$$

$$v_{\text{f,الكيس}} = \frac{m_{\text{الرصاصة}} (v_{\text{i,الرصاصة}} + v_{\text{f,الرصاصة}})}{m_{\text{الكيس}}}$$

$$= \frac{(0.0350 \text{ kg})(475 \text{ m/s} - 275 \text{ m/s})}{2.5 \text{ kg}}$$

$$= 2.8 \text{ m/s}$$

تابع الفصل 2

16. إذا اصطدمت الرصاصة المذكورة في السؤال السابق بكرة فولاذية كتلتها 2.5 kg في حالة سكون، فارتدت الرصاصة عنها بسرعة مقدارها 5.0 m/s، فكم تكون سرعة الكرة بعد ارتداد الرصاصة؟

النظام يمثل الرصاصة والكرة

$$m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{i,الرصاصة}} + m_{\text{الكرة}} v_{\text{i,الكرة}} = m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{f,الرصاصة}} + m_{\text{الكرة}} v_{\text{f,الكرة}}$$

بما أن

$$v_{\text{i,الكرة}} = 0.0\ \text{m/s}\ ,\ v_{\text{f,الرصاصة}} = -5.0\ \text{m/s}$$

فإن

$$v_{\text{i,الكرة}} = \frac{m_{\text{الرصاصة}} \left(v_{\text{i,الرصاصة}} - v_{\text{f ,الرصاصة}}\right)}{m_{\text{الكرة}}}$$

$$= \frac{(0.0350\ \text{kg})\ (475\ \text{m/s} - (-5.0\ \text{m/s}))}{2.5\ \text{kg}}$$

$$= 6.7\ \text{m/s}$$

17. تحركت كرة كتلتها 0.50 kg بسرعة 6.0 m/s فاصطدمت بكرة أخرى كتلتها 1.00 kg تتدحرج في الاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها 12.0 m/s. فإذا ارتدت الكرة الأقل كتلة إلى الخلف بسرعة مقدارها 14 m/s بعد التصادم فكم يكون مقدار سرعة الكرة الأخرى بعد التصادم؟

افترض أن الكرة الأولى هي الكرة C تتحرك ابتدائيًا في الاتجاه الموجب (نحو الأمام).

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

$$v_{Df} = \frac{m_C\, v_{Ci} + m_D\, v_{Di} - m_C\, v_{Cf}}{m_D}$$

$$= \frac{(0.50\ \text{kg})\ (6.0\ \text{m/s}) + (1.00\ \text{kg})\ (-12.0\ \text{m/s}) - (0.50\ \text{kg})\ (-14\ \text{m/s})}{2.5\ \text{kg}}$$

$$= -2.0\ \text{m/s},$$

أو في الاتجاه المعاكس 2.0 m/s

صفحة 52

18. أطلق نموذج لصاروخ كتلته 4.00 kg، بحيث نفث 50.0 g من الوقود المحترق من العادم بسرعة مقدارها 625 m/s، ما سرعة الصاروخ المتجهة بعد احتراق الوقود؟ *تلميح: أهمل القوتين الخارجيتين الناتجتين عن الجاذبية ومقاومة الهواء.*

$$p_{\text{i ,الصاروخ}} + p_{\text{i ,الوقود}} = p_{\text{f,الصاروخ}} + p_{\text{f ,الوقود}}$$

حيث

$$p_{\text{f,الصاروخ}} + p_{\text{f ,الوقود}} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

إذا كانت كتلة الصاروخ الابتدائية (بما فيها كتلة الوقود) تساوي:

$$m_{\text{الصاروخ}} = 4.00\ \text{kg},$$

عندها تكون كتلة الصاروخ النهائية تساوي:

$$m_{\text{f,الصاروخ}} = 4.00\ \text{kg} - 0.0500\ \text{kg} = 3.95\ \text{kg}$$

$$0.0\ \text{kg.m/s} = m_{\text{f,الصاروخ}}\, v_{\text{f,الصاروخ}} + m_{\text{الوقود}} v_{\text{f,الوقود}}$$

$$v_{f,\text{الصاروخ}} = \frac{-m_{\text{الوقود}}\, v_{f,\text{الوقود}}}{m_{f,\text{الصاروخ}}}$$

$$= \frac{-(0.0500\ \text{kg})(-625\ \text{m/s})}{3.95\ \text{kg}}$$

$$= 7.91\ \text{m/s}$$

19. ترتبط عربتان إحداهما مع الأخرى بخيط يمنعهما من الحركة، ولدى احتراق الخيط دفع نابض مضغوط بينهما العربتين في اتجاهين متعاكسين، فإذا اندفعت إحدى العربتين وكتلتها 1.5 kg بسرعة متجهة 27 cm/s إلى اليسار، فما السرعة المتجهة للعربة الأخرى التي كتلتها 4.5 kg؟

افترض أن العربة التي كتلتها 1.5 kg تمثل العربة C، وأن العربة التي كتلتها 4.5 kg تمثل العربة D.

$$p_{Ci} + p_{Di} = p_{Cf} + p_{Df}$$

ولما كانت:

$$p_{Ci} = p_{Di} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

$$m_D v_{Df} = -m_C v_{Cf}$$

فإن:

$$v_{Df} = \frac{-m_C v_{Cf}}{m_D}$$

$$= \frac{-(1.5\ \text{kg})(-27\ \text{cm/s})}{4.5\ \text{kg}}$$

$$= 9.0\ \text{cm/s}\ \text{إلى اليمين}$$

20. قامت صفاء وديمة بإرساء زورق، فإذا تحركت صفاء التي كتلتها 80.0 kg إلى الأمام بسرعة 4.0 m/s عند مغادرة الزورق، فما مقدار واتجاه سرعة الزورق وديمة إذا كانت كتلتاهما معًا تساوي 115 kg؟

$$p_{i,\text{صفاء}} + p_{i,\text{ديمة}} = p_{f,\text{صفاء}} + p_{f,\text{ديمة}}$$

ولما كانت:

$$p_{i,\text{صفاء}} = p_{i,\text{ديمة}} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

فإن:

$$m_{\text{صفاء}} v_{f,\text{صفاء}} = -m_{\text{ديمة}} v_{f,\text{ديمة}}$$

$$v_{f,\text{ديمة}} = \frac{-m_{\text{صفاء}} v_{f,\text{صفاء}}}{m_{\text{ديمة}}}$$

$$= \frac{-(80.0\ \text{kg})\ (4.0\ \text{m/s})}{115\ \text{kg}}$$

$$= 2.8\ \text{m/s}\ \text{في الاتجاه المعاكس}$$

صفحة 54

21. تحركت سيارة كتلتها 925 kg شمالاً بسرعة 20.1 m/s، فاصطدمت بسيارة كتلتها 1865 kg متحركة غربًا بسرعة 13.4 m/s، فالتحمتا معًا. ما مقدار سرعتهما واتجاههما بعد التصادم؟

قبل:

$$p_{i,y} = m_y v_{i,y}$$

$$= (925\ \text{kg})(20.1\ \text{m/s})$$

$$= 1.86\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_{i,x} = m_x v_{i,x}$$

$$= (1865\ \text{kg})(-13.4\ \text{m/s})$$

$$= -2.50\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_{f,y} = p_{i,y}$$

$$p_{f,x} = p_{i,x}$$

$$p_f = p_i$$

$$= \sqrt{(p_{f,x})^2 + (p_{f,y})^2}$$

$$= \sqrt{(-2.5\times10^4\ \text{kg.m/s})^2 + (1.86\times10^4\ \text{kg.m/s})^2}$$

$$= 3.12\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$v_f = \frac{p_f}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{3.12\times10^4\ \text{kg. m/s}}{(925\ \text{kg} + 1865\ \text{kg})} = 11.2\ \text{m/s}$$

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

$$= \tan^{-1}\left(\frac{1.86\times10^4\ \text{kg.m/s}}{-2.50\times10^4\ \text{kg.m/s}}\right)$$

$$= 36.6^\circ\ \text{شمال الغرب}$$

تابع الفصل 2

22. اصطدمت سيارة كتلتها 1732 kg متحركة شرقًا بسرعة 31.3 m/s، بسيارة أخرى كتلتها 1383 kg متحركة جنوبًا بسرعة 11.2 m/s، فالتحمتا معًا. ما مقدار سرعتهما واتجاههما مباشرة بعد التصادم؟

قبل:

$$p_{i,x} = p_{1,x} + p_{2,x}$$

$$= m_1 v_{1i} + 0$$

$$p_{i,y} = p_{1,y} + p_{2,y}$$

$$= 0 + m_2 v_{2i}$$

$$p_f = p_i$$

$$= \sqrt{p_{i,x}{}^2 + p_{i,y}{}^2}$$

$$= \sqrt{(m_1 v_{1i})^2 + (m_2 v_{2i})^2}$$

$$v_f = \frac{p_f}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{\sqrt{(m_1 v_{1i})^2 + (m_2 v_{2i})^2}}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{\sqrt{((1732\ \text{kg})(31.3\ \text{m/s}))^{2+}((1383\ \text{kg})(-11.2\ \text{m/s}))^2}}{1782\ \text{kg} + 1383\ \text{kg}}$$

$$= 18.1\ \text{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{p_{i,y}}{p_{i,x}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{m_2 v_{2i}}{m_1 v_{1i}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{(1383\ \text{kg})(-11.2\ \text{m/s})}{(1732\ \text{kg})(31.3\ \text{m/s})}\right)$$

$$= 15.9^\circ \text{ جنوب الشرق}$$

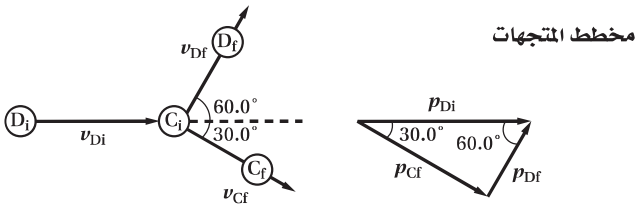
23. تعرضت كرة بلياردو ساكنة كتلتها 0.17 kg للاصطدام بكرة مماثلة لها متحركة بسرعة 4.0 m/s، فتحركت الكرة الثانية بعد التصادم في اتجاه يميل 60.0° إلى يسار اتجاهها الأصلي، في حين تحركت الكرة الأولى في اتجاه يميل 30° إلى يمين الاتجاه الأصلي للكرة المتحركة. ما سرعة كل من الكرتين بعد التصادم؟

$$p_{Ci} + p_{Di} = p_{Cf} + p_{Df}$$

حيث

$$p_{Ci} = 0.0 \text{ kg.m/s}$$

$$m_C = m_D = m = 0.17 \text{ kg}$$



يزوِّدنا مخطط المتجهات بمعادلتي الزخم النهائيتين للكرة التي تكون ساكنة (C) في البداية، والكرة التي تكون متحركة (D) في البداية.

$$p_{Cf} = p_{Di} \sin 60.0^\circ$$

$$p_{Df} = p_{Di} \cos 60.0^\circ$$

يمكننا استخدام معادلة الزخم للكرة الساكنة لإيجاد سرعتها المتجهة النهائية.

$$p_{Cf} = p_{Di} \sin 60.0^\circ$$

$$mv_{Cf} = mv_{Di} \sin 60.0^\circ$$

$$v_{Cf} = v_{Di} \sin 60.0^\circ$$

$$= (4.0 \text{ m/s})(\sin 60.0^\circ)$$

$$= 3.5 \text{ m/s, نحو اليمين } 30.0^\circ$$

ويمكننا استخدام معادلة الزخم للكرة المتحركة لإيجاد سرعتها المتجهة النهائية.

$$p_{Df} = p_{Di} \cos 60.0^\circ$$

$$mv_{Df} = mv_{Di} \cos 60.0^\circ$$

$$v_{Df} = v_{Di} \cos 60.0^\circ$$

$$= (4.0 \text{ m/s})(\cos 60.0^\circ)$$

$$= 2.0 \text{ m/s, نحو اليسار } 60.0^\circ$$

تابع الفصل 2

24. تحركت سيارة كتلتها 1923 kg شمالاً، فاصطدمت بسيارة أخرى كتلتها 1345 kg متحركة شرقًا بسرعة 15.7 m/s، فالتحمتا معًا وتحركتا بسرعة مقدارها 14.5 m/s وتميل على الشرق بزاوية مقدارها 63.5°. فهل كانت السيارة المتحركة شمالاً متجاوزة حدّ السرعة 20.1 m/s قبل التصادم؟

قبل:

$$p_{i,x} = m_2 v_{2,i}$$

$$= (1345\ \text{kg})(15.7\ \text{m/s})$$

$$= 2.115 \times 10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_f = p_i$$

$$= (m_1 + m_2)v_f$$

$$= (1345\ \text{kg} + 1923\ \text{kg})(14.5\ \text{m/s})$$

$$= 4.74 \times 10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_{f,y} = p_f \sin\theta$$

$$= (4.74 \times 10^4\ \text{kg.m/s})(\sin 63.5°)$$

$$= 4.24 \times 10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_{f,y} = p_{i,y} = m_1 v_{1,i}$$

$$v_{1,i} = \frac{p_{f,y}}{m_1} = \frac{4.24 \times 10^4\ \text{kg.m/s}}{1923\ \text{kg}}$$

$$= 22.1\ \text{m/s}$$

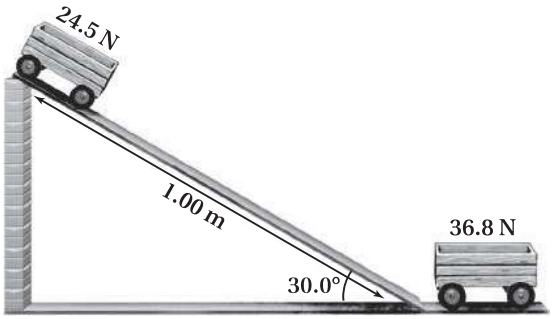
نعم، إنها تتعدى حد السرعة

مراجعة القسم

2–2 حفظ الزخم (صفحة 55–46)

صفحة 55

25. السرعة تحركت عربة وزنها 24.5 N من السكون على مستوى مائل طوله 1.0 m ويميل على الأفق بزاوية 30.0°. انظر إلى **الشكل 9–2**. اندفعت العربة إلى نهاية المستوى المائل، فصدمت عربة أخرى وزنها 36.8 N موضوعة عند أسفل المستوى المائل.



■ **الشكل 9–2**

a. احسب مقدار سرعة العربة الأولى عند أسفل المستوى المائل.

القوة الموازية لسطح المستوى المائل هي:

$$F_{\parallel} = F_g \sin\theta$$

ولما كانت:

$$a = \frac{F_{\parallel}}{m},\ m = \frac{F_g}{g}$$

فإن:

$$a = \frac{F_g \sin\theta}{\frac{F_g}{g}} = g \sin\theta$$

ويرتبط كل من السرعة المتجهة للعربة وتسارعها بواسطة معادلة الحركة

$$v^2 = v_i^2 + 2a(d - d_i)$$

حيث

$$v_i = 0,\ d_i = 0$$

لذا فإن:

$$v^2 = 2ad$$

$$v = \sqrt{2ad}$$

$$= \sqrt{(2)\ (g \sin\theta)\ (d)}$$

$$= \sqrt{(2)\ (9.80\ \text{m/s}^2)(\sin 30.0°)(1.00\ \text{m})}$$

$$= 3.13\ \text{m/s}$$

b. إذا التحمت العربتان معًا فما سرعة انطلاقهما بعد التصادم؟

$$m_C v_{Ci} = (m_C + m_D) v_f$$

لذا، فإن:

$$v_f = \frac{m_C v_{Ci}}{m_C + m_D}$$

$$= \frac{\left(\frac{F_C}{g}\right) v_{Ci}}{\frac{F_C}{g} + \frac{F_D}{g}}$$

$$= \frac{F_C v_{Ci}}{F_C + F_D}$$

$$= \frac{(24.5\ \text{N})(3.13\ \text{m/s})}{24.5\ \text{N} + 36.8\ \text{N}}$$

$$= 1.25\ \text{m/s}$$

26. حفظ الزخم يستمرّ مضرب لاعب كرة التنس في التقدم إلى الأمام بعد ضرب الكرة، فهل يكون الزخم محفوظًا في التصادم؟ فسّر ذلك، وتنبه إلى أهمية تعريف النظام.

لا؛ لأن كتلة المضرب أكبر كثيرًا من كتلة الكرة، ويحدث تغير صغير في سرعته. بالإضافة إلى أنّ المضرب محمول بكتلة كبيرة وهي الذراع المتحركة المرتبطة مع الجسم المتصل بالأرض؛ لذا فإن المضرب والكرة لا يشكلان نظامًا معزولاً.

27. الزخم يركض لاعب القفز بالزانة في اتجاه نقطة الانطلاق بزخم أفقي. من أين يأتي الزخم الرأسي عندما يقفز اللاعب فوق العارضة؟

يأتي الزخم الرأسي من قوة دفع الأرض للزانة، وتكتسب الأرض زخمًا رأسيًّا مساويًا في المقدار ومعاكسًا في الاتجاه.

28. الزخم الابتدائي ركض لاعبان في مباراة كرة قدم من اتجاهين مختلفين، فاصطدما وجهًا لوجه عندما حاولا ضرب الكرة برأسيهما، فاستقرّا في الجو، ثم سقطا على الأرض. صف زخميهما الابتدائيين.

بما أن زخمهما النهائي يساوي صفرًا، فإن زخميهما الابتدائيين متساويان مقدارًا ومتعاكسان اتجاهًا.

29. التفكير الناقد إذا التقطتَ كرة وأنت واقف على لوح تزلج فإنّك ستندفع إلى الخلف. أما إذا كنت تقف على الأرض فإنه يمكنك تجنب الحركة عندما تلتقط الكرة. اشرح كلتا الحالتين باستخدام قانون حفظ الزخم، موضحًا أي نظام استخدمت في كلتا الحالتين.

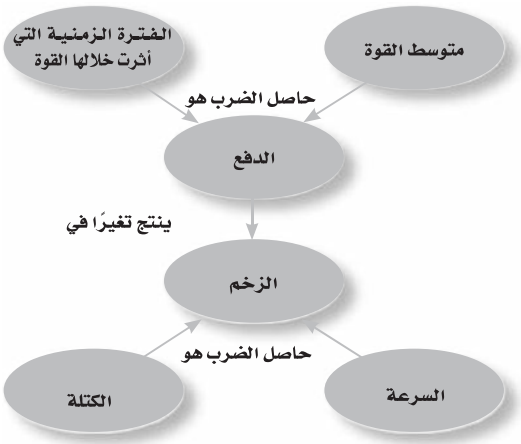
في حالة لوح التزلج، تكوّن أنت والكرة ولوح التزلج نظامًا معزولًا، ويتوزّع زخم الكرة عليكم. أما في الحالة الثانية فهناك قوة خارجية، ما لم يتم تضمين الأرض؛ لذا يكون الزخم غير محفوظ. وإذا تم تضمين كتلة الأرض الكبيرة في النظام فإن التغير في سرعتها لا يكاد يذكر (يمكن إهماله).

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 60

30. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: الكتلة، الزخم، متوسط القوة، الفترة الزمنية التي أثرت خلالها القوة.



إتقان المفاهيم

صفحة 60

31. هل يمكن أن يتساوى زخم رصاصة مع زخم شاحنة؟ فسّر ذلك. (1–2)

نعم؛ لكي يكون للرصاصة زخم الشاحنة نفسه، يجب أن تكون سرعتها أكبر كثيرًا من سرعة الشاحنة؛ لأن كتلة الشاحنة أكبر كثيرًا من كتلة الرصاصة.

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

32. رمى لاعبٌ كرة فتلقفها لاعب آخر. مفترضًا أن مقدار سرعة الكرة لم يتغير في أثناء تحليقها في الجوِّ، أجب عن الأسئلة الآتية:(2–1)

a. أي اللاعبين أثر في الكرة بدفع أكبر؟

يؤثر ضارب الكرة ومتلقيها بمقدار الدفع نفسه في الكرة ولكن في اتجاهين متعاكسين.

b. أي اللاعبين أثَّر في الكرة بقوة أكبر؟

يؤثر متلقي الكرة بقوة أكبر في الكرة؛ لأن الفترة الزمنية التي تؤثر فيها القوة أصغر.

33. ينص القانون الثاني لنيوتن على أنه إذا لم تؤثر قوة محصلة في نظامٍ ما فإنه لا يمكن أن يكون هناك تسارع. هل نستنتج أنه لا يمكن أن يحدث تغير في الزخم؟(2–1)

إذا لم يكن هناك قوة محصلة على النظام فهذا يعني أنه لا يوجد دفع محصل على النظام، ولا يوجد تغير في الزخم، لكن قد يكون لأجزاء مفردة من النظام تغير في الزخم طالما بقي التغير المحصل في الزخم يساوي صفرًا.

34. لماذا تُزود السيارات بماصّ صدمات يمكنه الانضغاط في أثناء الاصطدام؟(2–1)

تزود السيارات بماصّ صدمات ينضغط في أثناء التصادم؛ لزيادة زمن التصادم، مما يقلل من القوة.

35. ما المقصود «بالنظام المعزول»؟(2–2)

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

36. في الفضاء الخارجي، تلجأ المركبة الفضائية إلى تشغيل صواريخها لتزيد من سرعتها المتجهة. كيف يمكن للغازات الحارة الخارجة من محرك الصاروخ أن تغير سرعة المركبة المتجهة حيث لا يوجد شيء في الفضاء يمكن للغازات أن تدفعه؟(2–2)

لما كان الزخم محفوظًا فإن التغير في زخم الغازات في اتجاه ما يجب أن يوازن بتغير مساوٍ له في زخم المركبة الفضائية في الاتجاه المعاكس.

37. تتحرك كرة على طاولة البلياردو، فتصطدم بكرة ثانية ساكنة. فإذا كان للكرتين الكتلة نفسها، وسكنت الكرة الأولى بعد تصادمهما معًا. فماذا يمكننا أن نستنتج حول سرعة الكرة الثانية؟ (2–2)

يجب أن تتحرك الكرة الثانية بنفس سرعة الكرة الأولى قبل أن تصدمها.

38. أسقطت كرة سلة في اتجاه الأرض. وقبل أن تصطدم بالأرض كان اتجاه الزخم إلى أسفل، وبعد أن اصطدمت بالأرض أصبح اتجاه الزخم إلى أعلى. (2–2)

a. لماذا لم يكن زخم الكرة محفوظًا، مع أن الارتداد عبارة عن تصادم؟

لا يكون زخم الكرة الساقطة محفوظًا؛ لأن الأرض ليست جزءًا من النظام، حيث تؤثر بقوة خارجية، لذا يوجد دفع يؤثر في الكرة.

b. أي نظام يكون فيه زخم الكرة محفوظًا؟

يكون الزخم الكلي محفوظًا إذا كان النظام مكونًا من الكرة والأرض.

39. تستطيع قوة خارجية فقط أن تغير زخم نظامٍ ما. وضح كيف تؤدي القوة الداخلية لكوابح السيارة إلى إيقافها. (2–2)

عندما يضغط السائق على كوابح السيارة فإنها توقف السيارة وذلك بإيقاف الإطارات؛ حيث تؤثّر قوة الاحتكاك الخارجية للطريق في الإطارات في الاتجاه المعاكس لحركة السيارة؛ لذا تتوقّف السيارة. ولكن إذا لم يكن هناك قوة احتكاك – عندما يكون الطريق جليدًا مثلاً – فعندئذٍ لا يكون هناك قوة خارجية لإيقاف السيارة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 61–60

40. اشرح مفهوم الدفع باستخدام الأفكار الفيزيائية بدلاً من المعادلات الرياضية.

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

41. هل يمكن أن يكتسب جسم ما دفعًا من قوة صغيرة أكبر من الدفع الذي يكتسبه من قوة كبيرة؟ فسّر ذلك.

نعم، إذا أثّرت قوة صغيرة فترة زمنية طويلة فإنها تنتج دفعًا أكبر.

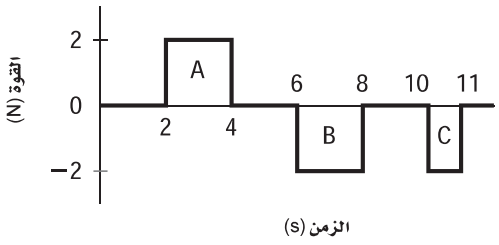
42. إذا كنت جالسًا في ملعب بيسبول واندفعت الكرة نحوك خطأً، فأيهما أكثر أمانًا لإمساك الكرة بيديك: تحريك يديك نحو الكرة ثم تثبيتها عند الإمساك بها، أم تحريك يديك في اتجاه حركة الكرة نفسه؟ فسّر ذلك.

عليك تحريك يدك في نفس اتجاه حركة الكرة؛ وذلك لتزيد الفترة الزمنية للتصادم، ومن ثم تقلل القوة.

43. انطلقت رصاصة كتلتها 0.11 g من مسدس بسرعة 323 m/s، بينما انطلقت رصاصة أخرى مماثلة من بندقية بسرعة 396 m/s. فسّر الاختلاف في مقدار سرعتي الرصاصتين، مفترضًا أنّ الرصاصتين تعرضتا لمقدار القوة نفسه من الغازات المتمددة.

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

44. إذا تعرض جسم ساكن إلى قوى دفع تم تمثيلها بالمنحنى الموضح في **الشكل 10–2**، فصف حركة الجسم بعد كلٍّ من الدفع A، و B، و C.

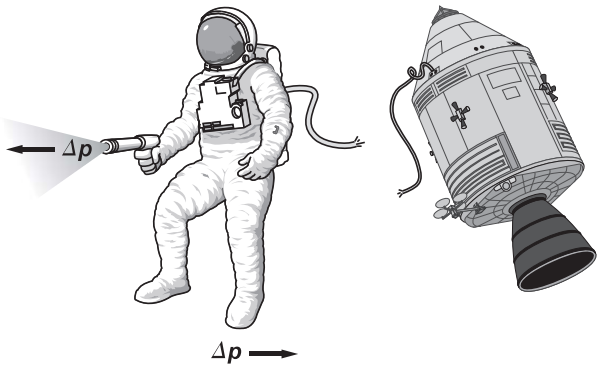


■ **الشكل 10 – 2**

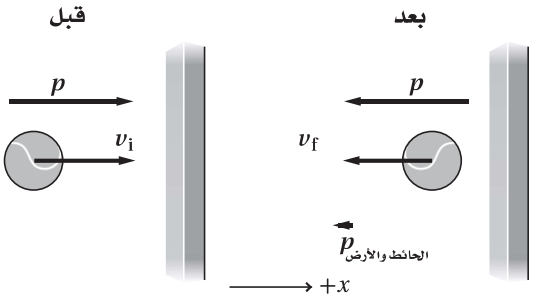
بعد زمن الدفع A يتحرك الجسم بسرعة متجهة موجبة وثابتة. وبعد زمن الدفع B يصبح الجسم ساكنًا. وبعد زمن الدفع C يتحرك الجسم بسرعة متجهة سالبة وثابتة.

45. بينما كان رائد فضاء يسبح في الفضاء، انقطع الحبل الذي يربطه مع السفينة الفضائية، فاستخدم الرائد مسدس الغاز ليرجع إلى الوراء حتى يصل السفينة. استخدم نظرية الدفع – الزخم والرسم التخطيطي؛ لتوضح فاعلية هذه الطريقة.

عندما يطلق رائد الفضاء الغاز من المسدس في الاتجاه المعاكس للسفينة، يولّد المسدس دفعًا يؤدي إلى تحريك الرائد في اتجاه السفينة.



46. **كرة تنس** عندما ترتد كرة تنس عن حائط ينعكس زخمها. فسّر هذه العملية باستخدام قانون حفظ الزخم، محدِّدًا النظام ومضمِّنًا تفسيرك رسمًا تخطيطيًّا.



نفترض أن النظام يتكون من الكرة والحائط والأرض، فيكتسب الحائط والأرض بعض الزخم خلال التصادم.

47. تخيل أنك تقود سفينة فضائية تتحرك بين الكواكب بسرعة كبيرة، فكيف تستطيع إبطاء سرعة سفينتك من خلال تطبيق قانون حفظ الزخم؟

وذلك بإطلاق كمية من الغاز العادم بسرعة كبيرة في نفس اتجاه حركة السفينة، لذا فإن زخم هذا الغاز سوف يقلل من زخم السفينة الفضائية ومن ثم تقل سرعتها.

تابع الفصل 2

48. اصطدمت شاحنتان تبدوان متماثلتين على طريق زلق (تجاهل الاحتكاك)، وكانت إحدى الشاحنتين ساكنة، فالتحمت الشاحنتان معًا وتحركتا بسرعة مقدارها أكبر من نصف مقدار السرعة الأصلية للشاحنة المتحركة. ما الذي يمكن أن تستنتجه عن حمولة كل من الشاحنتين؟

إذا تساوت كتلتا الشاحنتين فسوف تتحركان بعد التصادم بنصف مقدار سرعة الشاحنة المتحركة؛ لذا لابد أن تكون حمولة الشاحنة المتحركة أكبر.

49. لماذا يُنصح بإسناد كعب البندقية على الكتف عند بداية تعلم الإطلاق؟ فسّر ذلك بدلالة الدفع والزخم.

عندما تحمل البندقية بشكل حر فإن زخم الارتداد للبندقية يؤثر في الاتجاه المعاكس لحركة الرصاصة، وسوف تكتسب البندقية سرعة أكبر مما يؤدي إلى اصطدامها بالكتف. يجب أن يؤثر زخم الارتداد في كتلتك وكتلة البندقية مسببًا سرعة أقل في الاتجاه المعاكس لحركة الرصاصة.

50. أُطلقت رصاصتان متساويتان في الكتلة على قوالب خشبية موضوعة على أرضية ملساء، فإذا كانت سرعتا الرصاصتين متساويتين، وكانت إحدى الرصاصتين مصنوعة من المطاط والأخرى من الألومنيوم، وارتدت الرصاصة المطاطية عن القالب، في حين استقرت الرصاصة الأخرى في الخشب، ففي أي الحالتين سيتحرك القالب الخشبي أسرع؟ فسّر ذلك.

يكون الزخم محفوظًا؛ لذا فإن زخم القالب والرصاصة بعد التصادم يكون مساويًا لزخم الرصاصة قبل التصادم. للرصاصة المطاطية زخم سالب بعد التصادم بالقالب؛ لذا يجب أن يكون زخم القالب الذي ارتدّت عنه الرصاصة المطاطية أكبر، أي أن سرعته أكبر.

إتقان حل المسائل

صفحة 65–61

1 – 2 الدفع والزخم

صفحة 63–61

51. جولف إذا ضُربت كرة جولف كتلتها 0.058 kg، بقوة مقدارها 272 N بمضرب، فأصبحت سرعتها المتجهة 62.0 m /s، فما زمن تلامس الكرة بالمضرب؟

$$\Delta t = \frac{m\Delta v}{F} = \frac{(0.058\ \text{kg})\ (62.0\ \text{m/s})}{272\ \text{N}} = 0.013\ \text{s}$$

52. رُميت كرة بيسبول كتلتها 0.145 kg بسرعة 42 m/s. فضربها لاعب المضرب أفقيًّا في اتجاه الرامي بسرعة 58 m/s.

a. أوجد التغير في زخم الكرة.

افترض أن اتجاه رمي كرة البيسبول هو الاتجاه الموجب

$$\Delta p = mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$$
$$= (0.145\ \text{kg})(-58\ \text{m/s} - (+42\ \text{m/s}))$$
$$= -14\ \text{kg.m/s}$$

b. إذا لامست الكرة المضرب مدة $4.6\times10^{-4}\ s$، فما متوسط القوة في أثناء التلامس؟

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$= \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.145\ kg)(-58\ m/s - (+42\ m/s))}{4.6\times10^{-4}\ s}$$

$$= -3.2\times10^{4}\ N$$

53. بولنج إذا أثرت قوة مقدارها 186 N في كرة بولنج كتلتها 7.3 kg مدة 0.40 s، فما التغير في زخم الكرة؟ وما التغير في سرعتها المتجهة؟

$$\Delta p = F\Delta t$$

$$= (186\ N)(0.40\ s)$$

$$= 74\ N.s$$

$$= 74\ kg.m/s$$

$$\Delta v = \frac{\Delta p}{m}$$

$$= \frac{F\Delta t}{m}$$

$$= \frac{(186\ N)(0.40\ s)}{7.3\ kg}$$

$$= 1.0\times10^{1}\ m/s$$

54. تتسارع شاحنة نقل كتلتها 5500 kg من 4.2 m/s إلى 7.8 m/s، خلال 15 s وذلك عن طريق تطبيق قوة ثابتة عليها.

a. ما التغير الحاصل في الزخم؟

$$\Delta p = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (5500\ kg)(7.8\ m/s - 4.2\ m/s)$$

$$= 2.0\times10^{4}\ kg.m/s$$

b. ما مقدار القوة المؤثرة في الشاحنة؟

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$= \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(5500\ kg)\ (7.8\ m/s - 4.2\ m/s)}{15.0\ s}$$

$$= 1.3\times10^{3}\ N$$

55. أطلق ضابط شرطة رصاصة كتلتها 6.0 g بسرعة 350 m/s داخل حاوية بهدف اختبار أسلحة القسم. إذا أوقفت الرصاصة داخل الحاوية خلال 1.8 ms، فما متوسط القوة التي أوقفت الرصاصة؟

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$= \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.0060\ kg)(0.0\ m/s - 350\ m/s)}{1.8\times10^{-3}\ s}$$

$$= -1.2\times10^{3}\ N$$

56. الكرة الطائرة اقتربت كرة كتلتها 0.24 kg من أروى بسرعة مقدارها 3.8 m/s في أثناء لعبة الكرة الطائرة، فضربت أروى الكرة بسرعة مقدارها 2.4 m/s في الاتجاه المعاكس. ما متوسط القوة التي أثرت بها أروى في الكرة، إذا كان زمن تلامس يديها بالكرة 0.025 s؟

$$F = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.24\ kg)\ (-2.4\ m/s - 3.8\ m/s)}{0.025\ s}$$

$$= -6.0\times10^{1}\ N$$

57. الهوكي ضرب لاعبٌ قرص هوكي مؤثرًا فيه بقوة ثابتة مقدارها 30.0 N مدة 0.16 s. ما مقدار الدفع المؤثر في القرص؟

$$F\Delta t = (30.0\ N)(0.16\ s)$$

$$= 4.8\ N.s$$

58. التزلج إذا كانت كتلة أخيك 35.6 kg، وكان لديه لوح تزلج كتلته 1.3 kg، فما الزخم المشترك لأخيك مع لوح التزلج إذا تحركا بسرعة 9.50 m /s؟

$$p = mv$$

$$= (m_{\text{أخيك}} + m_{\text{اللوح}})v$$

$$= (35.6\ \text{kg} + 1.3\ \text{kg})(9.50\ \text{m/s})$$

$$= 3.5\times10^{2}\ \text{kg.m/s}$$

59. ضرب لاعبٌ قرص هوكي ساكنًا كتلته 0.115 kg، فأثر فيه بقوة ثابتة مقدارها 30.0 N في زمن مقداره 0.16 s، فما مقدار السرعة التي سيتجه بها إلى الهدف؟

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

ولما كانت:

$$v_i = 0$$

فإن:

$$v_f = \frac{F\Delta t}{m}$$

$$= \frac{(30.0\ \text{N})(0.16\ \text{s})}{0.115\ \text{kg}}$$

$$= 42\ \text{m/s}$$

60. إذا تحرك جسم كتلته 25 kg بسرعة متجهة 12 m/s+ قبل أن يصطدم بجسم آخر، فأوجد الدفع المؤثر فيه إذا تحرك بعد التصادم بالسرعة المتجهة

a. 8.0 m/s+

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (25\ \text{kg})(8.0\ \text{m/s} - 12\ \text{m/s})$$

$$= -1.0\times10^{2}\ \text{kg.m/s}$$

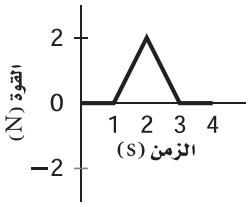
b. 8.0 m/s−

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (25\ \text{kg})(-8.0\ \text{m/s} - 12\ \text{m/s})$$

$$= -5.0\times10^{2}\ \text{kg.m/s}$$

61. تتحرك كرة كتلتها 0.150 kg في الاتجاه الموجب بسرعة مقدارها 12 m/s، بفعل الدفع المؤثر فيها والموضح في الرسم البياني في **الشكل 11–2**. ما مقدار سرعة الكرة عند 4.0 s؟



الشكل 11 – 2 ■

$$F\Delta t = m\Delta v$$

$$\text{مساحة الرسم} = m\Delta v$$

$$\frac{1}{2}(2.0\ \text{N})(2.0\ \text{s}) = m(v_f - v_i)$$

$$2.0\ \text{N.s} = (0.150\ \text{kg})(v_f - 12\ \text{m/s})$$

$$v_f = \frac{2.0\ \text{kg. m/s}}{0.150\ \text{kg}} + 12\ \text{m/s}$$

$$= 25\ \text{m/s}$$

62. البيسبول تتحرك كرة بيسبول كتلتها 0.145 kg بسرعة 35 m /s قبل أن يمسكها اللاعب مباشرة.

a. أوجد التغير في زخم الكرة.

$$\Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$= (0.145\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s})$$

$$= -5.1\ \text{kg.m/s}$$

b. إذا كانت اليد التي أمسكت الكرة، والمحمية بقفاز، في وضع ثابت، حيث أوقفت الكرة خلال 0.050 s، فما متوسط القوة المؤثرة في الكرة؟

$$\Delta p = F_{\text{متوسطة}} \Delta t$$

وعليه فإن:

$$F_{\text{متوسطة}} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.145\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s})}{0.050\ \text{s}}$$

$$= -1.0 \times 10^2\ \text{N}$$

c. إذا تحركت اليد في أثناء إيقاف الكرة إلى الخلف حيث استغرقت الكرة 0.500 s لتتوقف، فما متوسط القوة التي أثرت فيها اليد في الكرة؟

$$\Delta p = F_{\text{متوسطة}} \Delta t$$

وعليه فإن:

$$F_{\text{متوسطة}} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.145\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s})}{0.500\ \text{s}}$$

$$= -1.0 \times 10^1\ \text{N}$$

63. هوكي إذا اصطدم قرص هوكي كتلته 0.115 kg بعمود المرمى بسرعة 37 m/s، وارتد عنه في الاتجاه المعاكس بسرعة 25 m/s، انظر **الشكل 12–2**.

■ **الشكل 12–2**

a. فما الدفع على القرص؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$= (0.115\ \text{kg})(-25\ \text{m/s} - 37\ \text{m/s})$$

$$= -7.1\ \text{kg.m/s}$$

b. وما متوسط القوة المؤثرة في القرص، إذا استغرق التصادم $5.0\times10^{-4}\ s$؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.115\ kg)(-25\ m/s - 37\ m/s)}{5.0\times10^{-4}\ s}$$

$$= -1.4\times10^{4}\ N$$

64. إذا تحرك جزيء نيتروجين كتلته $4.7\times10^{-26}\ kg$ بسرعة $550\ m/s$، واصطدم بجدار الإناء الذي يحويه مرتدًّا إلى الوراء بمقدار السرعة نفسه.

a. ما الدفع الذي أثر به الجزيء في الجدار؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$= (4.7\times10^{-26}\ kg)(-550\ m/s - 550\ m/s)$$

$$= -5.20\times10^{-23}\ kg.m/s$$

الدفع الذي أثّر به الجدار في الجزيء يساوي $-5.20\times10^{-23}\ kg.m/s$

الدفع الذي أثّر به الجزيء في الجدار يساوي $+5.20\times10^{-23}\ kg.m/s$

b. إذا حدث 1.5×10^{23} تصادم كل ثانية، فما متوسط القوة المؤثرة في الجدار؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

إذا أخذ في الاعتبار التصادمات جميعها فإن القوة تكون:

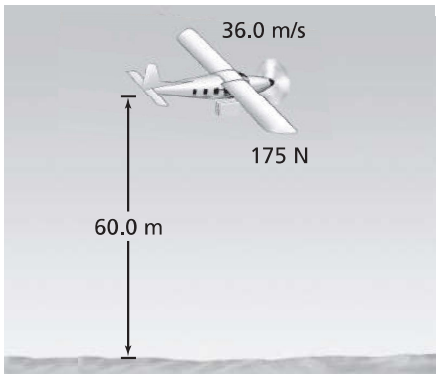
$$F_{\text{كلية}} = (1.5\times10^{23})\frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= (1.5\times10^{23})\frac{(4.7\times10^{-26}\ kg)(-550\ m/s - 550\ m/s)}{1.0\ s}$$

$$= 7.8\ N$$

تابع الفصل 2

65. حلّقت طائرة إنقاذ حيوانات في اتجاه الشرق بسرعة 36.0 m/s، وأسقطت رزمة علف من ارتفاع 60.0 m، انظر إلى **الشكل 13–2**. أوجد مقدار واتجاه زخم رزمة العلف قبل اصطدامها بالأرض مباشرة، علمًا بأن وزنها 175 N.



■ **الشكل 13–2**

استخدم أولا حركة المقذوف لإيجاد السرعة المتجهة لرزمة العلف.

$$p = mv$$

ولحساب v خذ في الاعتبار مركّبتيها الأفقية والرأسية.

$$v_x = 36.0\ \text{m/s}$$

$$v_y^2 = v_{iy}^2 + 2dg = 2dg$$

لذا فإن:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_x^2 + 2dg}$$

ويكون الزخم عندئذٍ:

$$p = \frac{F_g v}{g} = \frac{F_g \sqrt{v_x^2 + 2dg}}{g}$$

$$= \frac{(175\ \text{N})\sqrt{(36.0\ \text{m/s})^2 + (2)(60.0\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)}}{9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 888\ \text{kg. m/s}$$

وتكون الزاوية بالنسبة إلى الأفقي:

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x}$$

$$= -\frac{\sqrt{2dg}}{v_x}$$

$$= -\frac{\sqrt{(2)(60.0\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)}}{36.0\ \text{m/s}}$$

$$= -43.6°$$

تابع الفصل 2

66. حادث اصطدمت سيارة متحركة بسرعة 10.0 m /s بحاجز وتوقفت خلال 0.050 s. وكان داخل السيارة طفل كتلته 20.0 kg. افترض أن سرعة الطفل المتجهة تغيرت بنفس مقدار تغير سرعة السيارة المتجهة وفي الفترة الزمنية نفسها.

a. ما الدفع اللازم لإيقاف الطفل؟

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (20.0\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s})$$

$$= -2.00\times10^{2}\ \text{kg.m/s}$$

b. ما متوسط القوة المؤثرة في الطفل؟

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(20.0\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s})}{0.050\ \text{s}}$$

$$= -4.0\times10^{3}\ \text{N}$$

c. ما الكتلة التقريبية لجسمٍ وزنه يساوي القوة المحسوبة في الفرع b؟

$$F_g = mg$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{4.0\times10^{3}\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 4.1\times10^{2}\ \text{kg}$$

d. هل يمكنك رفع مثل هذا الوزن بذراعك؟

لا.

e. لماذا يُنصح باستخدام كرسي أطفال في السيارة، بدلاً من احتضان الطفل؟

لن تكون قادرًا على حماية طفل في حضنك في أثناء وقوع التصادم.

67. الصواريخ تُستخدم صواريخ صغيرة لعمل تعديل بسيط في مقدار سرعة الأقمار الاصطناعية. فإذا كانت قوة دفع أحد هذه الصواريخ 35 N، وأُطلق لتغيير السرعة المتجهة لمركبة فضائية كتلتها 72000 kg بمقدار 63 cm /s، فما الفترة الزمنية التي يجب أن يؤثر الصاروخ في المركبة خلالها؟

$$F\Delta t = m\Delta v$$

$$\Delta t = \frac{m\Delta v}{F}$$

$$= \frac{(72000\ \text{kg})(0.63\ \text{m/s})}{35\ \text{N}}$$

$$= 1.3\times10^{3}\ \text{s}$$

$$= 22\ \text{min}\ \text{أو}$$

2–2 حفظ الزخم

صفحة 65–63

68. كرة القدم ركض لاعبُ كرة قدم كتلته 95 kg بسرعة 8.2 m/s، فاصطدم في الهواء بلاعب دفاع كتلته 128 kg يتحرك في الاتجاه المعاكس، وبعد تصادمهما معًا في الجو أصبحت سرعة كل منهما صفرًا.

a. حدّد الوضعين قبل الاصطدام وبعده، ومثّلهما برسم تخطيطي.

قبل:

$$m_{\text{اللاعب الأول}} = 95\ \text{kg}$$

$$v_{\text{اللاعب الأول}} = 8.2\ \text{m/s}$$

$$m_{\text{لاعب الدفاع}} = 128\ \text{kg}$$

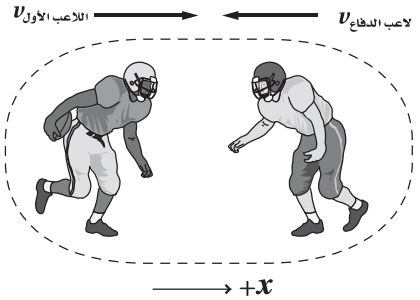
$$v_{\text{لاعب الدفاع}} = ?$$

بعد:

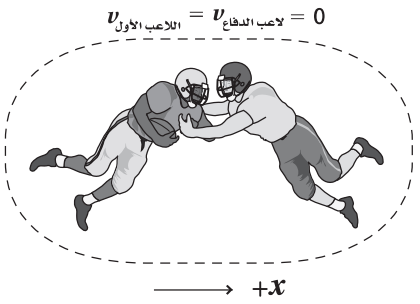
$$m = 223\ \text{kg}$$

$$v_f = 0\ \text{m/s}$$

قبل



بعد



b. كم كان زخم اللاعب الأول قبل التصادم؟

$$p_{\text{اللاعب الأول}} = m_{\text{اللاعب الأول}} v_{\text{اللاعب الأول}} = (95\ \text{kg})(8.2\ \text{m/s})$$
$$= 7.8\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

c. ما التغير في زخم اللاعب الأول؟

$$\Delta p_{\text{اللاعب الأول}} = p_f - p_{\text{اللاعب الأول}}$$
$$= 0 - p_{\text{اللاعب الأول}} = -7.8\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

d. ما التغير في زخم لاعب الدفاع؟

$$+7.8\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

e. كم كان زخم لاعب الدفاع قبل التصادم؟

$$-7.8\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

f. كم كانت سرعة لاعب الدفاع قبل التصادم؟

$$m_{\text{لاعب الدفاع}} v_{\text{لاعب الدفاع}} = -7.8\times10^2\ \text{kg. m/s}$$

$$v_{\text{لاعب الدفاع}} = \frac{-7.8\times10^2\ \text{kg. m/s}}{128\ \text{kg}}$$

$$= -6.1\ \text{m/s}$$

69. تحركت كرة زجاجية C كتلتها 5.0 g بسرعة مقدارها 20.0 cm/s، فاصطدمت بكرة زجاجية أخرى D كتلتها 10.0 g تتحرك بسرعة 10 cm/s في الاتجاه نفسه. أكملت الكرة C حركتها بعد الاصطدام بسرعة مقدارها 8.0 cm/s وفي الاتجاه نفسه.

a. ارسم الوضع، وعرّف النظام، ثم حدّد الوضعين قبل التصادم وبعده، وأنشئ نظام إحداثيات.

قبل:

$$m_C = 5.0\ \text{g}$$

$$m_D = 10.0\ \text{g}$$

$$v_{Ci} = 20.0\ \text{cm/s}$$

$$v_{Di} = 10.0\ \text{cm/s}$$

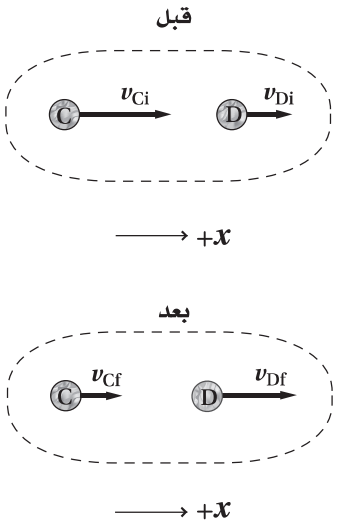
بعد:

$$m_C = 5.0\ \text{g}$$

$$m_D = 10.0\ \text{g}$$

$$v_{Cf} = 8.0\ \text{cm/s}$$

$$v_{Df} = ?$$



b. احسب زخمي الكرتين قبل التصادم.

$$m_C v_{Ci} = (5.0\times10^{-3}\,\text{kg})(0.200\,\text{m/s})$$

$$= 1.0\times10^{-3}\,\text{kg.m/s}$$

$$m_D v_{Di} = (1.00\times10^{-2}\,\text{kg})(0.100\,\text{m/s})$$

$$= 1.0\times10^{-3}\,\text{kg.m/s}$$

c. احسب زخم الكرة C بعد التصادم.

$$m_C v_{Cf} = (5.0\times10^{-3}\,\text{kg})(0.080\,\text{m/s})$$

$$= 4.0\times10^{-4}\,\text{kg.m/s}$$

d. احسب زخم الكرة D بعد التصادم.

$$p_{Ci} + p_{Di} = p_{Cf} + p_{Df}$$

$$p_{Df} = p_{Ci} + p_{Di} - p_{Cf}$$

$$= 1.00\times10^{-3}\,\text{kg.m/s} + 1.00\times10^{-3}\,\text{kg.m/s} - 4.0\times10^{-4}\,\text{kg.m/s}$$

$$= 1.6\times10^{-3}\,\text{kg.m/s}$$

e. ما مقدار سرعة الكرة D بعد التصادم؟

$$p_{Df} = m_D v_{Df}$$

لذا فإن:

$$v_{Df} = \frac{p_{Df}}{m_D}$$

$$= \frac{1.6\times10^{-3}\ \text{kg. m/s}}{1.00\times10^{-2}\ \text{kg}}$$

$$= 1.6\times10^{-1}\ \text{m/s} = 0.16\ \text{m/s}$$

$$= 16\ \text{cm/s}$$

70. أُطلقت قذيفة كتلتها 50.0 g بسرعة متجهة أفقية مقدارها 647 m/s، من منصة إطلاق كتلتها 4.65 kg، تتحرك في الاتجاه نفسه بسرعة 2.00 m/s. ما السرعة المتجهة للمنصة بعد الإطلاق؟

أفترض أن C ترمز إلى القذيفة وأن D ترمز إلى منصة الإطلاق.

$$p_{Ci} + p_{Di} = p_{Cf} + p_{Df}$$

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

لذا فإن:

$$v_{Df} = \frac{m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_C v_{Cf}}{m_D}$$

على افتراض أن القذيفة C أطلقت في اتجاه حركة منصة الإطلاق D.

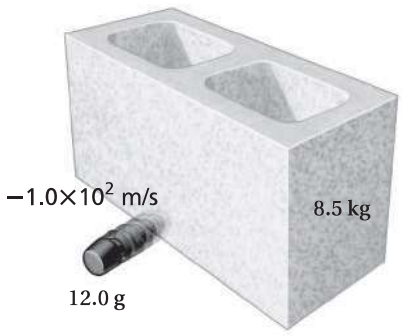
$$v_{Df} = \frac{(0.0500\ \text{kg})(2.00\ \text{m/s}) + (4.65\ \text{kg})(2.00\ \text{m/s}) - (0.0500\ \text{kg})(647\ \text{m/s})}{4.65\ \text{kg}}$$

$$= -4.94\ \text{m/s},$$

أو

$$= 4.94\ \text{m/s}$$ **إلى الخلف**

71. تحركت رصاصة مطاطية كتلتها 12.0 g بسرعة متجهة مقدارها 150 m/s، فاصطدمت بطوبة أسمنتية ثابتة كتلتها 8.5 kg موضوعة على سطح عديم الاحتكاك، وارتدت في الاتجاه المعاكس بسرعة متجهة -1.0×10^2 m/s، انظر إلى **الشكل 14–2**. ما السرعة التي ستتحرك بها الطوبة؟



■ **الشكل 14–2**

افترض أن C ترمز إلى الرصاصة المطاطية وأن D ترمز إلى الطوبة الأسمنتية.

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

$$v_{Df} = \frac{m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_C v_{Cf}}{m_D}$$

لما كانت الحالة الابتدائية للطوبة هي السكون فإن:

$$v_{Df} = \frac{m_C(v_{Ci} - v_{Cf})}{m_D}$$

$$= \frac{(0.0120\ \text{kg})(150\ \text{m/s} - (-1.0\times10^2\ \text{m/s}))}{8.5\ \text{kg}}$$

$$= 0.35\ \text{m/s}$$

تابع الفصل 2

72. دفعت عربتا مختبر متصلتان بنابض إحداهما نحو الأخرى لينضغط النابض، وتسكن العربتان. وعند إفلاتهما ابتعدت العربة التي كتلتها 5.0 kg بسرعة متجهة 0.12 m/s، في حين ابتعدت العربة الأخرى التي كتلتها 2.0 kg في الاتجاه المعاكس. ما السرعة المتجهة للعربة ذات الكتلة 2.0 kg؟

$$m_1 v_i = -m_2 v_f$$

$$v_f = \frac{m_1 v_i}{-m_2}$$

$$= \frac{(5.0\ \text{kg})(0.12\ \text{m/s})}{-(2.0\ \text{kg})}$$

$$= -0.30\ \text{m/s}$$

73. لوح التزلج يركب أحمد الذي كتلته 42 kg لوح تزلج كتلته 2.00 kg، ويتحركان بسرعة 1.20 m /s. فإذا قفز أحمد عن اللوح وتوقف لوح التزلج تمامًا في مكانه، فما مقدار سرعة قفزه؟ وما اتجاهه؟

$$m_{\text{أحمد}} v_{i,\text{أحمد}} + m_{\text{لوح التزلج}} v_{i,\text{لوح التزلج}} = m_{\text{أحمد}} v_{f,\text{أحمد}} + m_{\text{لوح التزلج}} v_{f,\text{لوح التزلج}}$$

ولما كانت:

$$v_{f,\text{لوح التزلج}} = 0\ ,\ v_{i,\text{أحمد}} = v_{i,\text{لوح التزلج}} = v_i$$

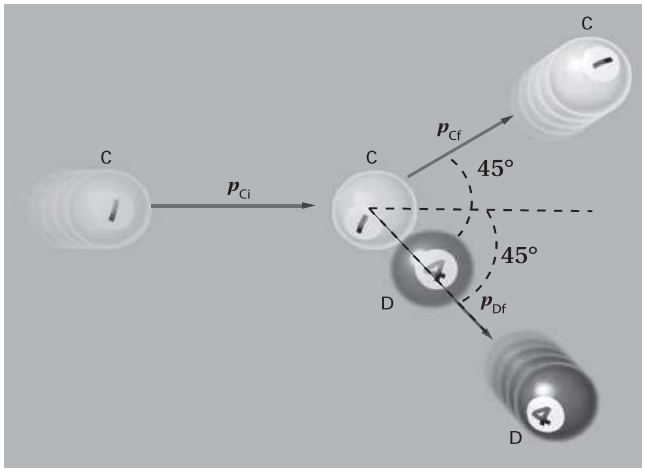
فإن:

$$v_{f,\text{أحمد}} = \frac{(m_{\text{أحمد}} + m_{\text{لوح التزلج}})\, v_i}{m_{\text{أحمد}}}$$

$$= \frac{(42.00\ \text{kg} + 2.00\ \text{kg})(1.20\ \text{m/s})}{42.00\ \text{kg}}$$

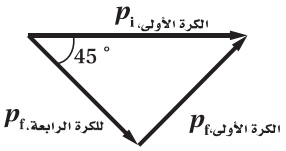
$$= 1.26\ \text{m/s}$$ **في الاتجاه نفسه الذي كان يتحرك فيه**

74. البلياردو تدحرجت كرة بلياردو كتلتها 0.16 kg بسرعة 4.0 m /s، فاصطدمت بالكرة الثابتة التي تحمل رقم أربعة والتي لها الكتلة نفسها. فإذا تحركت الكرة الأولى بزاوية 45° فوق الخط الأفقي، وتحركت الكرة الثانية بالزاوية نفسها تحت الخط الأفقي، انظر **الشكل 15–2**، فما السرعة المتجهة لكل من الكرتين بعد التصادم؟



■ الشكل 15–2

يمكننا الحصول على معادلات الزخم من مخطط المتجهات.



$$p_{f,\text{الكرة الأولى}} = p_{i,\text{الكرة الأولى}} \sin 45°$$

$$m_{\text{الكرة الأولى}} v_{f,\text{الكرة الأولى}} = m_{\text{الكرة الأولى}} v_{i,\text{الكرة الأولى}} \sin 45°$$

$$v_{f,\text{الكرة الأولى}} = v_{i,\text{الكرة الأولى}} \sin 45°$$
$$= (4.0\ \text{m/s})(\sin 45)$$
$$= 2.8\ \text{m/s}$$

بالنسبة إلى الكرة الرابعة:

$$p_{f,\text{الكرة الرابعة}} = p_{i,\text{الكرة الأولى}} \cos 45°$$

$$m_{\text{الكرة الرابعة}} v_{f,\text{الكرة الرابعة}} = m_{\text{الكرة الأولى}} v_{i,\text{الكرة الأولى}} (\cos 45°)$$

ولما كانت

$$m_{\text{الكرة الرابعة}} = m_{\text{الكرة الأولى}}$$

فإن

$$v_{f,\text{الكرة الرابعة}} = v_{i,\text{الكرة الأولى}} \cos 45°$$
$$= (4.0\ \text{m/s})(\cos 45°)$$
$$= 2.8\ \text{m/s}$$

75. اصطدمت شاحنة كتلتها 2575 kg، بمؤخرة سيارة صغيرة ساكنة كتلتها 825 kg، فتحركتا معًا بسرعة 8.5 m/s. احسب مقدار السرعة الابتدائية للشاحنة، وذلك بإهمال الاحتكاك بالطريق.

$$p_{i,\text{الشاحنة}} + p_{i,\text{السيارة}} = p_{f,\text{الشاحنة}} + p_{f,\text{السيارة}}$$

$$m_{\text{الشاحنة}} v_{i,\text{الشاحنة}} = (m_{\text{الشاحنة}} + m_{\text{السيارة}})\, v_f$$

لذا فإن:

$$v_{i,\text{الشاحنة}} = \frac{(m_{\text{الشاحنة}} + m_{\text{السيارة}})\, v_f}{m_{\text{الشاحنة}}}$$
$$= \frac{(2575\ \text{kg} + 825\ \text{kg})\ (8.5\ \text{m/s})}{2575\ \text{kg}}$$
$$= 11\ \text{m/s}$$

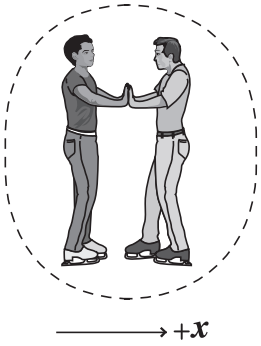
76. يقف متزلجان أحدهما مقابل الآخر، ثم يتدافعان بالأيدي. إذا كانت كتلة الأول 90 kg، وكتلة الثاني 60 kg

a. فارسم الوضع محددًا حالتيهما قبل التدافع، وبعده، وأنشئ نظام إحداثيات.

افترض أن D يرمز إلى المتزلج الأول وأن K يرمز إلى المتزلج الثاني.

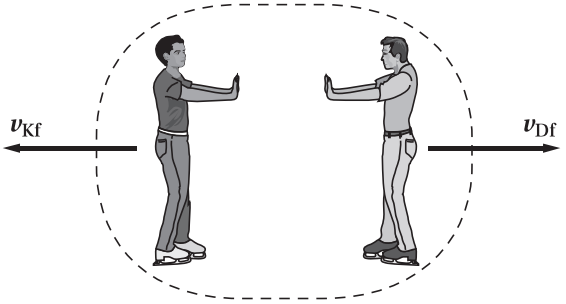
قبل

$v_{Ki} = v_{Di} = 0$



$\longrightarrow +x$

بعد



$\longrightarrow +x$

قبل:

$$m_K = 60.0\ \text{kg}$$
$$m_D = 90.0\ \text{kg}$$
$$v_i = 0.0\ \text{m/s}$$

بعد:

$$m_K = 60.0\ \text{kg}$$
$$m_D = 90.0\ \text{kg}$$
$$v_{Kf} = ?$$
$$v_{Df} = ?$$

b. أوجد النسبة بين سرعتي المتزلجين في اللحظة التي أفلتا فيها أيديهما.

$$p_{Ki} + p_{Di} = 0.0\ \text{kg.m/s} = p_{Kf} + p_{Df}$$

لذا فإن

$$m_K v_{Kf} + m_D v_{Df} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

$$m_K v_{Kf} = -m_D v_{Df}$$

وعليه، فإن النسبة بين سرعتي المتزلجين تساوي

$$\frac{v_{Kf}}{v_{Df}} = -\left(\frac{m_D}{m_K}\right) = -\left(\frac{90.0\ \text{kg}}{60.0\ \text{kg}}\right) = -1.50$$

وتدل الإشارة السالبة على أن السرعتين المتجهتين في اتجاهين معاكسين.

c. أي المتزلجين سرعته أكبر؟

للمتزلج ذي الكتلة الأقل سرعة أكبر.

d. أي المتزلجين دفع بقوة أكبر؟

إن القوتين متساويتان مقدارًا ومتعاكستان اتجاهًا.

77. تحركت كرة بلاستيكية كتلتها 0.200 kg بسرعة 0.30 m/s فاصطدمت بكرة بلاستيكية أخرى كتلتها 0.100 kg تتحرك في الاتجاه نفسه بسرعة 0.10 m/s. بعد التصادم استمرت الكرتان في الحركة في اتجاههما نفسه قبل التصادم. فإذا كانت السرعة الجديدة للكرة ذات الكتلة 0.100 kg هي 0.26 m/s، فكم تكون السرعة الجديدة للكرة الأخرى؟

بافتراض أن C ترمز للكتلة 0.200 kg، وD للكتلة 0.100 kg

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

لذا فإن

$$v_{Cf} = \frac{m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_D v_{Df}}{m_C}$$

$$= \frac{(0.200\ \text{kg})(0.30\ \text{m/s}) + (0.100\ \text{kg})(0.10\ \text{m/s}) - (0.100\ \text{kg})(0.26\ \text{m/s})}{0.200\ \text{kg}}$$

$$= 0.22\ \text{m/s}\ \text{في الاتجاه الأصلي نفسه}$$

مراجعة عامة

صفحة 65

78. تؤثر قوة ثابتة مقدارها 6.00 N في جسم كتلته 3.00 kg مدة 10.0 s. ما التغير في زخم الجسم وسرعته المتجهة؟

التغير في زخم الجسم يساوي:

$$\Delta p = F\Delta t$$

$$= (6.00\ \text{N})(10.0\ \text{s})$$

$$= 60.0\ \text{N.s} = 60.0\ \text{kg.m/s}$$

تابع الفصل 2

التغير في سرعة الجسم المتجهة يحسب بواسطة الدفع

$$F\Delta t = m\Delta v$$

$$\Delta v = \frac{F\Delta t}{m}$$

$$= \frac{(6.00\ \text{N})(10.0\ \text{s})}{3.00\ \text{kg}}$$

$$= 20.0\ \text{m/s}$$

79. تغيرت السرعة المتجهة لسيارة كتلتها 625 kg من 10.0 m/s إلى 44.0 m/s خلال 68.0 s، بفعل قوة خارجية ثابتة.

a. ما التغير الناتج في زخم السيارة؟

$$\Delta p = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (625\ \text{kg})(44.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s})$$

$$= 2.12\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

b. ما مقدار القوة التي أثرت في السيارة؟

$$F\Delta t = m\Delta v$$

لذا فإن:

$$F = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(625\ \text{kg})(44.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s})}{68.0\ \text{s}}$$

$$= 313\ \text{N}$$

80. سيارة سباق تتسارع سيارة سباق كتلتها 845 kg من السكون إلى 100.0 km /h خلال 0.90 s.

a. ما التغير في زخم السيارة؟

$$\Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$= (845\ \text{kg})(100.0\ \text{km/h} - 0.0\ \text{km/h})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$

$$= 2.35\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

b. ما متوسط القوة المؤثر في السيارة؟

$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(845\ \text{kg})(100.0\ \text{km/h} - 0.0\ \text{km/h})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)}{0.90\ \text{s}}$$

$$= 2.6\times10^4\ \text{N}$$

c. ما الذي ولّد هذه القوة؟

تولدت هذه القوة من خلال الاحتكاك مع الطريق.

تابع الفصل 2

81. هوكي الجليد تحرك قرص هوكي كتلته 0.115 kg بسرعة 35.0 m /s، فاصطدم بسترة كتلتها 0.365 kg رميت على الجليد من قبل أحد المشجعين، فانزلق القرص والسترة معًا. أوجد سرعتهما المتجهة.

$$m_{\text{قرص الهوكي}} v_{\text{i,قرص الهوكي}} = (m_{\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{السترة}}) v_{\text{f}}$$

$$v_{\text{f}} = \frac{m_{\text{قرص الهوكي}} v_{\text{i,قرص الهوكي}}}{m_{\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{السترة}}}$$

$$= \frac{(0.115\ \text{kg})(35.0\ \text{m/s})}{(0.115\ \text{kg} + 0.365\ \text{kg})}$$

$$= 8.39\ \text{m/s}$$

82. تركب فتاة كتلتها 50.0 kg عربة ترفيه كتلتها 10.0 kg، وتتحرك شرقًا بسرعة 5.0 m/s. فإذا قفزت الفتاة من مقدمة العربة ووصلت الأرض بسرعة 7.0 m/s في اتجاه الشرق بالنسبة إلى الأرض.

a. فارسم الوضعين قبل القفز وبعده، وعين نظام إحداثياتهما.

قبل:

$$m_{\text{الفتاة}} = 50.0\ \text{kg}$$

$$m_{\text{العربة}} = 10.0\ \text{kg}$$

$$v_{\text{i}} = 5.0\ \text{m/s}$$

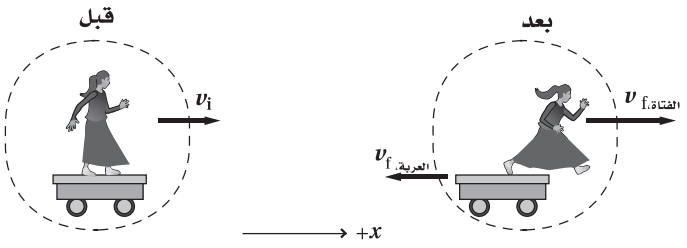
بعد:

$$m_{\text{الفتاة}} = 50.0\ \text{kg}$$

$$m_{\text{العربة}} = 10.0\ \text{kg}$$

$$v_{\text{f,الفتاة}} = 7.0\ \text{m/s}$$

$$v_{\text{f,العربة}} = ?$$



b. أوجد السرعة المتجهة للعربة بعد أن قفزت منها الفتاة.

$$(m_{\text{الفتاة}} + m_{\text{العربة}})v_i = m_{\text{الفتاة}}v_{f,\text{الفتاة}} + m_{\text{العربة}}v_{f,\text{العربة}}$$

لذا فإن

$$v_{f,\text{العربة}} = \frac{(m_{\text{الفتاة}} + m_{\text{العربة}})v_i - m_{\text{الفتاة}}v_{f,\text{الفتاة}}}{m_{\text{العربة}}}$$

$$= \frac{(50.0\ \text{kg} + 10.0\ \text{kg})\ (5.0\ \text{m/s}) - (50.0\ \text{kg})(7.0\ \text{m/s})}{10.0\ \text{kg}}$$

$$= -5.0\ \text{m/s}$$

أو غربًا $5.0\ \text{m/s}$

83. قفز شاب كتلته 60.0 kg إلى ارتفاع 0.32 m.

a. ما زخمه عند وصوله إلى الأرض؟

$$v^2 = v_0^2 + 2dg$$

لذا تكون السرعة المتجهة للشاب

$$v = \sqrt{2dg}$$

ويكون زخم الشاب

$$p = mv = m\sqrt{2dg}$$

$$= (60.0\ \text{kg})\sqrt{(2)(0.32\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 1.5\times10^2\ \text{kg.m/s}$$ **إلى أسفل**

b. ما الدفع اللازم لإيقاف الشاب؟

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

ولإيقاف الشاب فإن

$$v_f = 0$$

لذا فإن

$$F\Delta t = -mv_f = -p = -1.5\times10^2\ \text{kg.m/s}$$ **حيث تدل الإشارة السالبة على أن الدفع يجب أن يؤثر إلى أعلى**

c. عندما يهبط الشاب على الأرض تنثني ركبتاه مؤديتين إلى إطالة زمن التوقف إلى 0.050 s. أوجد متوسط القوة المؤثرة في جسم الشاب.

$$F\Delta t = m\Delta v = m\sqrt{2dg}$$

$$F = \frac{m\sqrt{2dg}}{\Delta t}$$

$$= (60.0\ \text{kg})\frac{\sqrt{(2)(0.32\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)}}{0.050\ \text{s}}$$

$$= 3.0\times10^3\ \text{N}$$

تابع الفصل 2

d. قارن بين قوة إيقاف الشاب ووزنه.

$$F_g = mg = (60.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 5.98\times10^2\ \text{N}$$

قوة إيقاف الشاب تساوي 5 أضعاف وزنه تقريبًا.

التفكير الناقد

صفحة 66–65

84. تطبيق المفاهيم يركض لاعب كتلته 92 kg بسرعة 5.0 m /s، محاولاً الوصول إلى المرمى مباشرة، وعندما وصل خط المرمى اصطدم بلاعبين من فريق الخصم في الهواء كتلة كل منهما 75 kg، وقد كانا يركضان في عكس اتجاهه حيث كان أحدهما يتحرك بسرعة 2.0 m /s، والآخر بسرعة 4.0 m /s، فالتحموا جميعًا، وأصبحوا كأنهم كتلة واحدة.

a. ارسم الحدث موضحًا الوضع قبل الاصطدام وبعده.

قبل:

$$m_A = 92\ \text{kg}$$

$$m_B = 75\ \text{kg}$$

$$m_C = 75\ \text{kg}$$

$$v_{Ai} = 5.0\ \text{m/s}$$

$$v_{Bi} = -2.0\ \text{m/s}$$

$$v_{Ci} = -4.0\ \text{m/s}$$

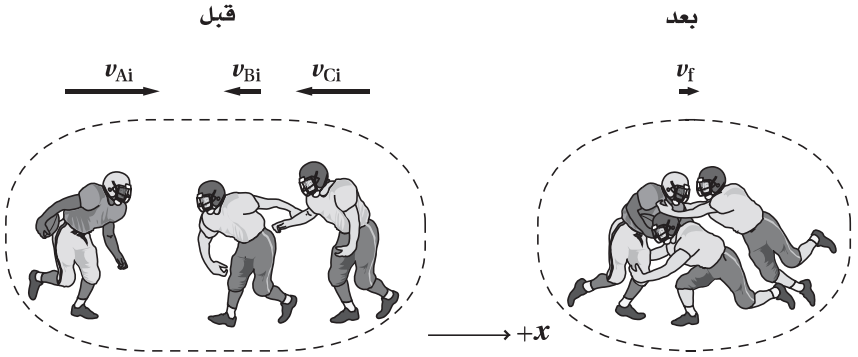
بعد:

$$m_A = 92\ \text{kg}$$

$$m_B = 75\ \text{kg}$$

$$m_C = 75\ \text{kg}$$

$$v_f = ?$$



b. ما السرعة المتجهة للاعبي الكرة بعد التصادم؟

$$p_{Ai} + p_{Bi} + p_{Ci} = p_{Af} + p_{Bf} + p_{Cf}$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} + m_C v_{Ci} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} + m_C v_{Cf}$$

$$= (m_A + m_B + m_C) v_f$$

$$v_f = \frac{m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} + m_C v_{Ci}}{m_A + m_B + m_C}$$

$$= \frac{(92\ \text{kg})(5.0\ \text{m/s}) + (75\ \text{kg})(-2.0\ \text{m/s}) + (75\ \text{kg})(-4.0\ \text{m/s})}{92\ \text{kg} + 75\ \text{kg} + 75\ \text{kg}}$$

$$= 0.041\ \text{m/s}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 66

85. كيف يمكن أن تصمم حواجز الطريق السريع لتكون أكثر فعالية في حماية أرواح الأشخاص؟ ابحث في هذه القضية، وصف كيف يمكن استخدام الدفع والتغير في الزخم في تحليل تصاميم الحواجز.

لا يعتمد التغير في زخم السيارة على كيفية توقف السيارة، وهكذا فإنّ الدفع أيضًا لا يتغير. ولتقليل القوة يجب زيادة الفترة الزمنية التي تستغرقها السيارة للتوقف. ويعمل استخدام حواجز قادرة على زيادة الفترة الزمنية اللازمة لتوقف السيارة على تقليل القوة، وتستخدم عادة الحاويات البلاستيكية المرنة المملوءة بالرمل.

86. على الرغم من أن الوسائد الهوائية تحمي العديد من الأرواح، إلاّ أنها قد تسبب إصابات تؤدي إلى الموت. اكتب آراء صانعي السيارات في ذلك، وحدّد ما إذا كانت المشاكل تتضمن الدفع والزخم أو أشياء أخرى.

هناك طريقتان لكي تعمل الوسائد الهوائية على تقليل الإصابات. أولاً تزيد الوسائد الهوائية من الفترة الزمنية التي يؤثر خلالها الدفع، لذا فهي تقلل القوة. ثانيًا أن الوسادة الهوائية توزّع القوة على مساحة أكبر، لذا فهي تقلل الضغط. وهكذا فإن الإصابات الناتجة عن تأثير قوى من أجسام صغيرة تقل. إن معظم أخطار الوسائد الهوائية تنجم عن أنّ هذه الوسائد يجب أن تنتفخ بسرعة كبيرة. يمكن لسطح الوسادة الهوائية أن يصل إلى الراكب بسرعة قد تصل إلى 322 km/h، وتحدث الإصابات عندما تصطدم الوسادة الهوائية المتحركة بالراكب. وما زالت هذه الأنظمة تتطور حتى ينضبط معدل امتلاء الوسادة الهوائية بالغازات لتطابق حجم الراكب.

تابع الفصل 2

مراجعة تراكمية

صفحة 65

87. لُفّ حبلٌ حول طبل قطره 0.600 m. وسُحب بآلة تؤثر فيه بقوة ثابتة مقدارها 40.0 N مدة 2.00 s. وفي هذه الفترة تم فك 5.00 m من الحبل. أوجد ω، α عند 2.0 s.(الفصل 1)

التسارع الزاوي يساوي حاصل قسمة التسارع الخطي لحافة الطبل على نصف قطر الطبل.

$$\alpha = \frac{a}{r}$$

ويتم إيجاد التسارع الخطي من معادلة الحركة.

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

$$a = \frac{2x}{t^2}$$

لذا فإن التسارع الزاوي يساوي:

$$\alpha = \frac{a}{r} = \frac{2x}{rt^2}$$

$$= \frac{(2)(5.00\ \text{m})}{\left(\frac{0.600\ \text{m}}{2}\right)(2.00\ \text{s})^2}$$

$$= 8.33\ \text{rad/s}^2$$

عند نهاية الزمن 2.00 s، تحسب السرعة المتجهة الزاوية على النحو الآتي:

$$\omega = \alpha t$$

$$= \frac{2xt}{rt^2}$$

$$= \frac{2x}{rt}$$

$$= \frac{(2)(500\ \text{m})}{\left(\frac{0.600\ \text{m}}{2}\right)(2.00\ \text{s})}$$

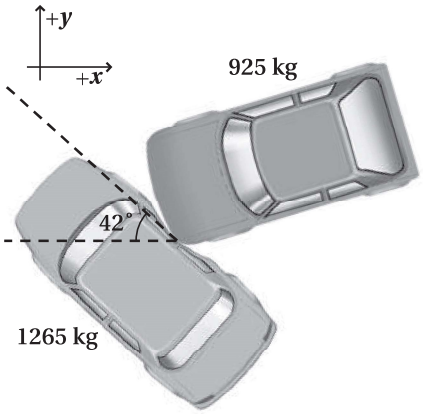
$$= 16.7\ \text{rad /s}$$

تابع الفصل 2

مسألة تحفيز

صفحة 55

كان صديقك يقود سيارة كتلتها 1265 kg في اتجاه الشمال، فصدمته سيارة صغيرة كتلتها 925 kg متجهة غربًا، فالتحمتا معًا، وانزلقتا 23.1 m في اتجاه يصنع زاوية 42° شمال الغرب. وكانت السرعة القصوى المسموح بها في تلك المنطقة 22 m/s. افترض أنّ الزخم كان محفوظًا خلال التصادم، وأنّ التسارع كان ثابتًا في أثناء الانزلاق، ومعامل الاحتكاك الحركي بين الإطارات والأسفلت 0.65.



1. ادّعى صديقك أنه لم يكن مسرعًا، لكن السائق الآخر كان مسرعًا. كم كانت سرعة سيارة صديقك قبل التصادم؟

يوفر مخطط المتجهات معادلة الزخم لسيارة صديقك،

$$p_{Ci} = p_f \sin 42°$$

فتكون السرعة المتجهة الابتدائية لسيارة صديقك، عندئذ:

$$v_{Ci} = \frac{p_{Ci}}{m_C} = \frac{p_f \sin 42°}{m_C} \quad \frac{(m_C + m_D)\, v_f \sin 42°}{m_C}$$

يمكننا إيجاد v_f عن طريق إيجاد التسارع وزمن الانزلاق في أثناء التصادم، فالتسارع يساوي:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{\mu F_g}{m} = \frac{\mu(m_C + m_D)g}{m_C + m_D} = \mu g$$

ويمكن حساب الزمن بمعادلة المسافة.

$$d = \frac{1}{2} a t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2d}{\mu g}}$$

السرعة المتجهة النهائية (وهي سرعة السيارتين معًا بعد التصادم مباشرة) عندئذٍ تساوي:

$$v_f = at = \mu g \sqrt{\frac{2d}{\mu g}} = \sqrt{2d\mu g}$$

وباستخدام ذلك، يمكننا الآن إيجاد السرعة المتجهة الابتدائية لسيارة صديقك.

$$v_{Ci} = \frac{(m_C + m_D)\, v_f \sin 42^\circ}{m_C}$$

$$= \frac{(m_C + m_D)\sqrt{2d\mu g}\ (\sin 42^\circ)}{m_C}$$

$$= \frac{(1265\ \text{kg} + 925\ \text{kg})\left(\sqrt{(2)\ (23.1\ \text{m})(0.65)(9.80\ \text{m/s}^2)}\right)(\sin 42^\circ)}{1265\ \text{kg}}$$

$$= 2.0\times10^{1}\ \text{m/s}$$

2. كم كانت سرعة السيارة الأخرى قبل التصادم؟ وهل يمكنك أن تدعم ادعاء صديقك؟

بواسطة مخطط المتجهات، تكون معادلة الزخم للسيارة الأخرى على النحو الآتي:

$$p_{Di} = p_f \cos 42^\circ$$

$$= (m_C + m_D) v_f \cos 42^\circ$$

$$= (m_C + m_D)\sqrt{2d\mu g}\ (\cos 42^\circ)$$

تكون معادلة السرعة المتجهة الابتدائية للسيارة الأخرى عندئذٍ تساوي:

$$v_{Di} = \frac{p_{Di}}{m_D}$$

$$= \frac{(m_C + m_D)\sqrt{2d\mu g}\ (\cos 42^\circ)}{m_D}$$

$$= \frac{(1265\ \text{kg} + 925\ \text{kg})\left(\sqrt{(2)(23.1\ \text{m})(0.65)(9.80\ \text{m/s}^2)}\right)(\cos 42^\circ)}{925\ \text{kg}}$$

$$= 3.0\times10^{1}\ \text{m/s}$$

لم يتجاوز الصديق حدّ السرعة 22 m/s، في حين تجاوزت السيارة الأخرى هذا الحد.