إجابات الأسئلة والتقويم وأسئلة المحتوى والتفكير في كتاب الطالب/ الفيزياء 12 فصل/1

الوحدة الأولى: الزخم الخطي والتصادمات Linear Momentum and Collisions

الإجابات

الصفحة 7

أتأمَّل الصورة:

يعتمد عمل الصاروخ على قانون حفظ الزخم الخطي. ولكي أصف حركة المكوك الفضائي والصاروخ يلزمني معرفة الزخم الخطي لهما، كما يلزم معرفة القانون الثاني لنيوتن بدلالة تغير الزخم الخطي $(\sum F = \frac{dp}{dt})$؛ لأن كتلة الصاروخ متغيرة.

الصفحة 9

تجربة استهلالية: تأثير كتلة الجسم وسرعته في التصادمات.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. يتحرك الكوب البلاستيكي مسافة أكبر عند اصطدام الكرة الزجاجية به مقارنة بالمسافة التي يتحركها عند اصطدام كرة التنس به؛ حيث كتلة الكرة الزجاجية أكبر، فيكون زخم الكرة الزجاجية عند التصادم مع الكوب أكبر، فتدفع الكوب مسافة أكبر.
2. السرعة المتجهة لكل من الكرتين المتصادمتين، كتلتي الكرتين المتصادمتين.
3. طبيعة التصادم: هل حدث التصادم وجهًا لوجه (في بُعد واحد) أم لم يكن كذلك، سرعة الكرة المتحركة وكتلتها، نوع التصادم (مرن، غير مرن).

الصفحة 10

أتحقّق:

الزخَم الخطيّ (كمية التحرك) لجسم هو ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة (v)، رمزه p. وهو كميةٌ متجهة، له اتّجاه السرعة نفسه.

الصفحة 11

أُفكّر.

الإجابة: نعم؛ إذا كان مقدار سرعة السيارة يساوي أربعة أضعاف مقدار سرعة الشاحنة.

أتحقّق:

القوّة المُحصّلة المؤثّرة في جسمٍ تساوي المعدّل الزمني لتغيُّر زخَمه الخطيّ.

الصفحة 12

أتحقّق:

بحسب مبرهنةَ (الزخَم الخطيّ– الدفع) فإن: "دفعُ قوة محصّلةٍ مُؤثّرةٍ في جسمٍ يساوي التغيُّر في زخَمه الخطيّ".

الصفحة 15

تمرين.

أ. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع، مع مراعاة أن مقدار سرعة الكرة عند قمة مسارها يساوي صفرًا، حيث يكون زخمها الابتدائي صفرًا.

$$\mathrm{I} = \Delta p = p_{\mathrm{f}} - p_{\mathrm{i}}$$
$$\mathrm{I} = mv_{\mathrm{f}} - mv_{\mathrm{i}}$$
$$= 0.060 \times 55 - 0 = 3.3\ \mathrm{kg.\,m/s}$$
$$\mathbf{I} = 3.3\ \mathrm{kg.\,m/s}, +x$$

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{3.3}{4.0 \times 10^{-3}} = 825\ \mathrm{N}$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 825\ \mathrm{N}, +x$$

الصفحة 16

أُفكِّر.

يُمكنُ عدُّ نظام معزولًا عندما تكون القوى الخارجية المؤثّرةَ فيه، مثل قوّة الاحتكاك مثلًا، صغيرةً مُقارنةً بالقوّة التي تؤثّر بها مكوّنات النظام في بعضها (قوى داخليّة في النظام).

الصفحة 17

أُفكِّر.

يكون اتّجاه الدفع باتّجاه تغيُّر الزخَم الخطيّ، وهو اتّجاه القوّة المُحصّلة نفسُه.

الصفحة 18

التجربة 1: حفظُ الزّخَمِ الخطيّ.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. ستختلف الإجابات بحسب مقدار قوة الدفع المؤثرة في العربة A (مقدار سرعتها الابتدائية)، وكتلتي العربتين.

2. ستختلف الإجابات بحسب مقدار السرعة المتجهة لكل عربة ومقدار كتلتها.

3. ستختلف الإجابات بحسب مقدار السرعة المتجهة لكل عربة ومقدار كتلتها.

4. يكون الزخم الخطي الكلي للعربتين في كل حالة محفوظًا؛ أي أن الزخم الخطي الكلي الابتدائي لنظام العربتين في كل محاولة يساوي الزخم الخطي الكلي النهائي لهما.

5. إجابة محتملة: نعم، تطابقت نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخم الخطي للمحاولتين، وأستنتج أن الزخم الخطي يكون دائمًا محفوظًا في التصادمات للأنظمة المعزولة.

إجابة محتملة: لا، لم تتطابق نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخم، نتيجة وجود أخطاء ارتكبتها في أثناء تنفيذ التجربة، ويجب إعادة تنفيذ التجربة بدقة مراعيًا تجنّب الوقوع في الأخطاء.

6. مصادر الخطأ المحتملة: قياس الكتلة، وجود ميلان في المدرج الهوائي، قياس طول كل من البطاقتين، وجود قوة احتكاك كبيرة بالنسبة لقوى التلامس المتبادلة، خطأ في إجراء الحسابات، التقريب، عدم استخدام النظام الدولي للوحدات (تعويض طول البطاقة بوحدة cm مثلًا)، ....

الصفحة 20

أتحقّق:

ينصُّ قانون حفظ الزخَم الخطيّ على أنّهُ: "عندما يتفاعلُ جسمانِ أو أكثر في نظامٍ معزولٍ، يظلُّ الزخَم الخطيُّ الكليُّ للنظام ثابتًا". كما يُمكن التعبير عنه بأنّ: الزخَم الخطيّ الكليَّ لنظامٍ معزولٍ قبل التصادُم مباشرةً يساوي الزخَم الخطيَّ الكليَّ للنظام بعد التصادُم مباشرةً.

الصفحة 21

مراجعة الدرس

1. الزخم الخطي لجسم يساوي ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة (v)، رمزه $\boldsymbol{p}$، وهو كمية متجهة.

دفع قوة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي، $I = \Delta \boldsymbol{p}$.

2.

$$\mathrm{N.s} = \frac{\mathrm{kg.m}}{\mathrm{s}^2} \times \mathrm{s} = \mathrm{kg.m/s}$$

3. يكون الزخم الخطي محفوظًا للنظام المعزول، وهو نظام تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفرًا. وعندما تكون القوى الخارجية المؤثرة في النظام صغيرة جدًّا مقارنة بالقوى الداخلية المتبادلة بين أجزاء النظام بحيث يمكن إهمالها، يمكن التعامل مع النظام على أنه معزول وأنّ زخمه الخطي محفوظ.

4. يزيد الحزام المطاطي زمن التصادم، ممّا يقلّل من مقدار القوة المؤثرة في السيارات نتيجة التصادم.

يُؤدي تشوّه هذه الأجزاء بسهولة إلى زيادة الزمن المستغرق لتوقف السيارة (زمن التصادم)، ولأن $\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ فإن مقدار القوة المؤثرة في السيارة والركّاب نتيجة التصادم سيقل بزيادة زمن التصادم.

5. أختار الاتّجاه الموجِب (اتّجاه محور $+x$) باتجاه حركة أحد الصندوقين. ونطبّقُ قانون حفظ الزخَم الخطيّ على نظام الصندوقين، مع مراعاة أن $m_2 = 2m_1$.

$$\sum \boldsymbol{p}_\mathrm{i} = \sum \boldsymbol{p}_\mathrm{f}$$

$$\boldsymbol{p}_{1\mathrm{i}} + \boldsymbol{p}_{2\mathrm{i}} = \boldsymbol{p}_{1\mathrm{f}} + \boldsymbol{p}_{2\mathrm{f}}$$

$$m_1 v_{1\mathrm{i}} + m_2 v_{2\mathrm{i}} = m_1 v_{1\mathrm{f}} + m_2 v_{2\mathrm{f}}$$

$$0 = -m_1 \times v_{1\mathrm{f}} + 2m_1 \times v_{2\mathrm{f}}$$

$$2v_{2\mathrm{f}} = v_{1\mathrm{f}}$$

$$\frac{v_{1\mathrm{f}}}{v_{2\mathrm{f}}} = 2$$

6. عند عدم إسناد البندقية على الكتف فإنها ترتد في الاتجاه المعاكس لحركة الرصاصة نتيجة حفظ الزخم الخطي، ممّا يجعلها تصطدم بالكتف. لكن عند تثبيت البندقية بالكتف يكون زخم الارتداد لكتلة الجندي وكتلة البندقية معًا، مسبّبًا سرعة ارتداد مقدارها أقل بكثير من سرعة ارتداد البندقية منفردة في الحالة الأولى؛ لأن كتلة الجندي والبندقية معًا أكبر بكثير من كتلة البندقية.

7. قول بتول غير صحيح علميًّا؛ فحسب قانون حفظ الزخم الخطي، عندما تندفع الغازات المقذوفة من الصاروخ فإنها تدفع الصاروخ نفسه إضافة إلى المركبة الفضائية.

الصفحة 25

أتحقّق:

نوع التصادم / وجه المقارنة	المرن	غير المرن	عديم المرونة
حفظ الزخم الخطي	محفوظ	محفوظ	محفوظ
حفظ الطاقة الحركية	محفوظة	غير محفوظة	غير محفوظة
التحام الأجسام بعد التصادم	لا يوجد التحام	لا يوجد التحام	يوجد التحام

أُفكِّر.

الإجابة: أن يكون الزخم الخطي الابتدائي للجسم الأول مساويًا في المقدار للزخم الخطي الابتدائي للجسم الثاني، ومعاكسًا له في الاتجاه؛ أي أن الزخم الخطي الابتدائي للنظام يساوي صفرًا.

أتحقّق:

عندما يتحرّكُ جسمان قبل التصادُم على امتداد الخط المستقيم نفسِه، ويتصادمان رأسًا برأس Head on collision، بحيثُ تبقى حركتيهما بعد التصادُم على المسار المستقيم نفسه.

الصفحة 30

تمرين.

1.

$$v_{1A} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

$$= \left(\frac{0.030 + 0.97}{0.030}\right)\sqrt{2 \times 10 \times 0.45} = 100 \text{ m/s}$$

2.

أ. توضح هذه اللعبة قانون حفظ الزخم الخطي، فالكرات متراصة لا يوجد فراغ بينها يسمح بحركتها، وبتطبيق قانون حفظ الزخم الخطي بين كل كرتين متجاورتين ينتقل الزخم الخطي من كرة إلى أُخرى حتى يصل الكرة التي على الجانب الآخر فتقفز في الهواء.

ب. بما أن الكرات متماثلة والتصادم مرن فإنه سيقفز كرتين من الجانب الآخر حسب قانون حفظ الزخم الخطي. (حفظ الطاقة الحركية يؤدي الى قفز كرتين وليس كرة واحدة).

ج. يكون الزخم الخطي الكلّي صفرًا مباشرة قبل التصادم ومباشرة بعده أيضا، لذا تتحرك الكرتان في اتجاهين متعاكسين وبسرعات مقاديرها متساوية مباشرة بعد التصادم (ويتحقق حفظ الطاقة الحركية)، وتعود كل منهما الى ارتفاعها الابتدائي نفسه نتيجة لحفظ الطاقة الميكانيكية.

الصفحة 31

مراجعة الدرس

1. نوعا التصادم: تصادم مرن، وتصادم غير مرن.

الفرق بينهما: في التصادم المرن تكون الطاقة الحركية محفوظة للأجسام المتصادمة، والأجسام لا تلتحم بعد التصادم.

في التصادم غير المرن لا تكون الطاقة الحركية محفوظة للأجسام المتصادمة، وقد تلتحم الأجسام معًا بعد التصادم حيث يسمّى عندها تصادم عديم المرونة.

2. لا، التصادم غير مرن؛ إذ يُبدّد جزء من الطاقة الحركية الكلية في تهشيم هيكل السيارتين مثلًا، ويُبدّد جزء بسيط على شكل طاقة صوتية، إضافة إلى أشكال أُخرى من الطاقة.

3. أ. الزخم الخطي للنظام المكوّن من الجسمين يكون محفوظًا، وليس لكل جسم على حدة.

ب. التصادم مرن، لذا فإن الطاقة الحركية للنظام المكوّن من الجسمين تكون محفوظة، وليس لكل جسم على حدة.

4. أُطبق قانون حفظ الزخم الخطي على النظام المكوّن من الكرتين.

$$\sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{i}} = \sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{f}}$$
$$m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bi}} = (m_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}})\, v_{\mathrm{f}}$$
$$2 \times v_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}} \times 0 = (2 + m_{\mathrm{B}}) v_{\mathrm{f}}$$

أُعوّض: $v_{\mathrm{f}} = \frac{1}{4} v_{\mathrm{Ai}}$.

$$2 \times v_{\mathrm{Ai}} = (2 + m_{\mathrm{B}}) \frac{1}{4} v_{\mathrm{Ai}}$$
$$m_{\mathrm{B}} = 6\ \mathrm{kg}$$

5. أحسب التغير في الطاقة الحركية للكرتين كما يأتي:

$$\Delta KE = KE_{\mathrm{f}} - KE_{\mathrm{i}}$$
$$= \frac{1}{2} m {v_{\mathrm{Af}}}^2 + \frac{1}{2} m {v_{\mathrm{Bf}}}^2 - \left[\frac{1}{2} m {v_{\mathrm{Ai}}}^2 + \frac{1}{2} m {v_{\mathrm{Bi}}}^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times m \times v^2 + \frac{1}{2} \times m \times (v + 1.2)^2 - \frac{1}{2} \times m \times (v + 1.2)^2 - \frac{1}{2} \times m \times v^2 = 0$$

إذًا التصادم مرن.

6. أ. الزخم الخطي محفوظ قبل التصادم وبعده مباشرة. فيكون التغيّر في الزخم الخطي للنظام صفرًا، وهذا يعني أنّ مقداري التغيّر في الزخم الخطي للسيارة والشاحنة متساويان.

ب. السرعتان الابتدائيتان للشاحنة والسيارة متساويتان في المقدار، وسرعتهما النهائية هي نفسها لأنهما التحمتا معًا، لذا فإن التغير في الطاقة الحركية يعتمد على الكتلة فقط، وبما أن كتلة الشاحنة أكبر فإن التغير في طاقتها الحركية أكبر.

الصفحات 33 – 36

مراجعة الوحدة

1.

1. د

2. أ

3. ج

4. د

5. ب

6. أ

7. ج

8. ج

9. ب

10. د

11. ج

12. ب

13. ج

14. د

15. ج

2.

أ. الزخم الخطي للنظام (نرجس–الحقيبة–الزلاجة) محفوظ ويساوي صفرًا؛ بسبب وضع السكون قبل رمي الحقيبة، فالزخم الخطي للحقيبة عند قذفها يساوي الزخم الخطي لنرجس والزلاجة في المقدار، ويعاكسه في الاتجاه، لذلك تتحرك نرجس والزلاجة بعكس اتجاه حركة الحقيبة.

ب. العشب أو الرمل يتشوهان أثناء الاصطدام، بحيث يزداد زمن اصطدام الطفل. وباستخدام العلاقة $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ ، ولأن مقدار التغير في الزخم ثابت، فإن مقدار القوة المؤثرة يقل بزيادة Δt.

3.

أ. نعم يتحرك القارب؛ الزخم الخطي محفوظ، لذا فإن حركة الصيّاد نحو مقدمة القارب تؤدي إلى حركة القارب في الاتجاه المعاكس بمقدار الزخم الخطي نفسه، فيكون مجموع الزخم الخطي لهما صفرًا.

ب. الزخم الخطي الابتدائي للنظام المكوّن من القارب والصيّاد يساوي صفرًا، لذا يجب أن يساوي الزخم الخطي النهائي للنظام صفرًا أيضًا بحسب قانون حفظ الزخم الخطي.

4. لهما الطاقة الحركية نفسها:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2 \Rightarrow p_1v_1 = p_2v_2$$

لذلك يمتلكان مقدار الزخم الخطي نفسه فقط إذا تساوت سرعتاهما في المقدار وتساوت كتلتاهما أيضا.

5. يرمي رائد الفضاء حقيبة المعدّات بعيدًا عن المحطة الفضائية، وحسب قانون حفظ الزخم الخطي يندفع الرائد نحو المحطة.

6. كلام غيث غير صحيح علميًّا؛ لأن التشوّه في هيكل السيارة عند تعرّضها لحادث يُساهم في إبطاء سرعتها تدريجيًّا، وبالتالي زيادة زمن التصادم ممّا يُقلّل من مقدار القوة المؤثرة في السائق والركاب.

7.

أ. أختار الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$ (الشرق)، وأحسب التغير في الزخم الخطي للسيارة كما يأتي:

$$\Delta p = p_f - p_i = mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$$
$$= 1.35 \times 10^3 \times (0 - 15)$$
$$= -20.25 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$$

$= -2.025 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

التغير في الزخم الخطي سالب، إذ يكون باتجاه محور $-x$؛ باتجاه القوة المحصلة التي يؤثر بها الجدار في السيارة.

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-2.025 \times 10^4}{0.115} = -1.761 \times 10^5 \text{ N}$$

.8

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

أُطبّق قانون حفظ الزخم الخطي؛ الزخم الخطي الكلي للسيارتين قبل التصادم مباشرة يساوي الزخم الخطي الكلي لهما بعد التصادم مباشرة. بعد التصادم تتحرك السيارتان معًا كجسم واحد، بالسرعة نفسها على المسار نفسه قبل التصادم.

$$\sum p_\text{i} = \sum p_\text{f}$$

$$p_\text{Ai} + p_\text{Bi} = p_\text{f}$$

$$m_\text{A} v_\text{Ai} + m_\text{B} v_\text{Bi} = (m_\text{A} + m_\text{B}) v_\text{f}$$

$$1.1 \times 10^3 \times 6.4 + 1.2 \times 10^3 \times 0 = (1.1 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3) v_\text{f}$$

$$v_\text{f} = \frac{7.04 \times 10^3}{2.3 \times 10^3} = 3.06 \text{ m/s} \approx 3.1 \text{ m/s}$$

$$\boldsymbol{v}_\text{f} = 3.1 \text{ m/s}, +x$$

السرعة المتجهة النهائية للسيارتين موجبة، وهذا يعني أن اتجاه سرعتهما باتجاه محور $+x$، أي بنفس اتجاه حركة السيارة (A) قبل التصادم.

ب. الدفع الذي تؤثر به السيارة (B) في السيارة (A) هو $(\mathbf{I}_\text{BA})$ ويساوي التغير في الزخم الخطي للسيارة (A). أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحسابه.

$$\mathrm{I}_\text{BA} = \Delta p_\text{A} = p_\text{Af} - p_\text{Ai}$$

$$= m_\text{A}(v_\text{Af} - v_\text{Ai}) = 1.1 \times 10^3 \times (3.1 - 6.4)$$

$$= -3.63 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$$

$$\mathbf{I}_\text{BA} = 3.63 \times 10^3 \text{ kg.m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في السيارة (A) باتجاه محور $-x$.

9. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه حركة الجزء B، وأفترض أنه باتجاه المحور $+x$.

أ. أُطبّق قانون حفظ الزخم الخطي، مع ملاحظة أن مجموع الزخم الخطي لجزأي الجسم يساوي صفرًا قبل انفصال الجزء B.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

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

$$0 = 8.0 \times 10^2 \times v_{Af} + 1.5 \times 10^3 \times 10.0$$

$$v_{Af} = \frac{-1.5 \times 10^4}{8.0 \times 10^2}$$

$$= -18.75 \text{ m/s}$$

$$v_{Af} = 18.75 \text{ m/s}, -x$$

بما أن السرعة النهائية للجزء A سالبة، فهذا يعني أنها اتجاه سرعته بعكس اتجاه حركة الجزء B.

ب. الدفع الذي يؤثر به الجزء B في الجزء A هو ($\mathbf{I}_{BA}$). أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحسابه.

$$I_{BA} = \Delta p_A = p_{Af} - p_{Ai}$$

$$= m_A(v_{Af} - v_{Ai})$$

$$= 8.0 \times 10^2 \times (-18.75 - 0)$$

$$= -1.500 \times 10^4 \text{ kg. m/s}$$

$$\mathbf{I}_{BA} = 1.500 \times 10^4 \text{ kg. m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في الجزء A بعكس اتجاه حركة الجزء B.

10. كلامها غير صحيح علميًّا؛ لأنه عند ثني الرجلين تزداد الفترة الزمنية المستغرقة لإيقاف الجسم، فيقل مقدار القوة المتوسطة المؤثرة فيه للتغير نفسه في الزخم الخطي.

11.

أ.

$$F\,\Delta t = \mathrm{I} = \Delta p$$
$$\Delta p = 1 \times 10^3 \times 0.01 = 10\ \mathrm{N.s}$$

ب. باعتبار اتجاه تأثير القوة المحصلة هو الاتجاه الموجب، والجسم انطلق من السكون.

$$\Delta p = m\,(v_\mathrm{f} - v_\mathrm{i})$$
$$10 = 10\,(v_\mathrm{f} - 0)$$
$$v_\mathrm{f} = 1\ \mathrm{m/s}$$

12.

أ. أستخدم قانون حفظ الزخم الخطيّ.

$$\sum p_\mathrm{i} = \sum p_\mathrm{f}$$
$$m_\mathrm{A} v_\mathrm{Ai} + m_\mathrm{B} v_\mathrm{Bi} = m_\mathrm{A} v_\mathrm{Af} + m_\mathrm{B} v_\mathrm{Bf}$$
$$0.28 \times 4.5 + m_\mathrm{B} \times (-3.2) = 0.28 \times (-1.9) + m_\mathrm{B} \times 3.7$$
$$6.9\, m_\mathrm{B} = 1.792$$
$$m_\mathrm{B} = 0.26\ \mathrm{kg}$$

ب. من القانون الثالث لنيوتن: $\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}} = -\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}$، وبضرب الطرفي في زمن التصادم الذي يكون متساويًا لكلا الجسمين، أجد أن:

$$\boldsymbol{F}_{\mathrm{AB}}\,\Delta t = -\boldsymbol{F}_{\mathrm{BA}}\,\Delta t$$
$$\mathbf{I}_{\mathrm{AB}} = -\mathbf{I}_{\mathrm{BA}}$$
$$\Delta \boldsymbol{p}_\mathrm{B} = -\Delta \boldsymbol{p}_\mathrm{A}$$
$$\Delta \boldsymbol{p}_\mathrm{A} + \Delta \boldsymbol{p}_\mathrm{B} = 0$$

وهذا يعني أن الزخم الخطي محفوظ في التصادم، حيث يكون التغير في الزخم الخطي للجسم (A) مساويًا في المقدار ومعاكسًا في الاتجاه للتغير في الزخم الخطي للجسم (B).

ج. أحسب التغير في الطاقة الحركية.

$$\Delta KE = KE_\mathrm{f} - KE_\mathrm{i}$$

$$= \frac{1}{2} m_A {v_{Af}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bf}}^2 - \left[\frac{1}{2} m_A {v_{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bi}}^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.28 \times (1.9)^2 + \frac{1}{2} \times 0.26 \times (3.7)^2 - \frac{1}{2} \times 0.28 \times (4.5)^2 - \frac{1}{2} \times 0.26 \times (3.2)^2$$

$$= 2.2851 - 4.1662 = -1.8811 \text{ J}$$

بما أن الطاقة الحركية غير محفوظة فإن التصادم غير مرن.

13.

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه الشرق، باتجاه محور $+x$.

أستخدم قانون حفظ الزخم الخطي. الرمز A للسهم والرمز B للهدف.

$$\Sigma \boldsymbol{p}_i = \Sigma \boldsymbol{p}_f$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

$$0.20 \times -15 + 0 = (0.20 + 5.8) v_f$$

$$v_f = -0.50 \text{ m/s}$$

$$\boldsymbol{v}_f = 0.50 \text{ m/s}, -x$$

ب.

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$= \frac{1}{2} (m_A + m_B) {v_f}^2 - \left[\frac{1}{2} m_A {v_{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bi}}^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times (0.20 + 5.8) \times (0.50)^2 - \left[\frac{1}{2} \times 0.20 \times (15)^2 + 0\right]$$

$$= 0.75 - 22.5 = -21.75 \text{ J}$$

14.

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه الشرق (باتجاه محور $+x$).

أستخدم قانون حفظ الزخم. الرمز A للكرة الأولى والرمز B للكرة الثانية.

$$\sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{i}} = \sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{f}}$$
$$m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bi}} = m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Af}} + m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bf}}$$
$$1.5 \times 10^{-2} \times (-0.225) + 3.0 \times 10^{-2} \times 0.180 = 1.5 \times 10^{-2} \times 0.315 + 3.0 \times 10^{-2} \times v_{\mathrm{Bf}}$$
$$-3.375 \times 10^{-3} + 5.4 \times 10^{-3} = 4.725 \times 10^{-3} + 0.030 \times v_{\mathrm{Bf}}$$
$$v_{\mathrm{Bf}} = \frac{2.025 \times 10^{-3} - 4.725 \times 10^{-3}}{0.030} = -\frac{2.7 \times 10^{-3}}{0.030} = -0.09 \text{ m/s}$$
$$\boldsymbol{v}_{\mathrm{Bf}} = 0.09 \text{ m/s}, -x$$

بما أن إشارة v_{Bf} سالبة، فإن اتجاه حركة الكرة الثانية يكون غربًا.

ب. أحسب التغير في الطاقة الحركية.

$$\Delta KE = KE_{\mathrm{f}} - KE_{\mathrm{i}}$$
$$= \frac{1}{2} m_{\mathrm{A}} {v_{\mathrm{Af}}}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{B}} {v_{\mathrm{Bf}}}^2 - \left[\frac{1}{2} m_{\mathrm{A}} {v_{\mathrm{Ai}}}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{B}} {v_{\mathrm{Bi}}}^2\right]$$
$$= \frac{1}{2} \times [1.5 \times 10^{-2} \times (0.315)^2 + 3.0 \times 10^{-2} \times (0.09)^2] - \frac{1}{2} \times [1.5 \times 10^{-2} \times (0.225)^2 + 3.0 \times 10^{-2} \times (0.180)^2]$$
$$= 8.6569 \times 10^{-4} - 8.6569 \times 10^{-4} = 0$$

بما أن الطاقة الحركية محفوظة فإن التصادم مرن.

15.

أ. مقدار القيمة العظمى للقوة التي يؤثر بها المضرب في الكرة، ويساوي $(16 \times 10^3 \text{ N})$.

ب. مقدار الدفع المؤثر في الكرة خلال فترة تأثير القوة المحصلة فيها يساوي المساحة المحصورة بين منحنى (القوة – الزمن) ومحور الزمن، ويساوي مساحة المثلث الموضح في الشكل. وأحسب مقداره كما يأتي:

$$\mathrm{I} = Area = \frac{1}{2} \times (1.2 - 0) \times 10^{-3} \times 16 \times 10^3 = 9.6 \text{ kg. m/s}$$

اتجاه الدفع باتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الكرة.

ج. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية.

$$I = \Delta p = p_f - p_i$$

$$9.6 = mv_f - 0$$

$$v_f = \frac{9.6}{145 \times 10^{-3}} = 66.2 \text{ m/s}$$

د. أستخدم القانون الثاني لنيوتن لحساب القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة، كما يأتي:

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

$$= \frac{9.6}{1.2 \times 10^{-3}}$$

$$= 8 \times 10^3 \text{ N}$$

أو يمكن استخدام العلاقة الآتية لحساب القوة المتوسطة:

$$I = \sum F \, \Delta t = \bar{F} \Delta t$$

$$\bar{F} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{9.6}{1.2 \times 10^{-3}} = 8 \times 10^3 \text{ N}$$

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

الصفحتان 10– 11

–1

1. ب

2. ج

3. ب

4. د

–2

أ. التغير في الزخم الخطي للكرة ناتج عن تأثير المضرب بقوة فيها. أحسب مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة، مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$\Delta p = p_f - p_i$$
$$= mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$$
$$= 0.18 \times (-30.0 - 20.0)$$
$$= -9 \text{ kg. m/s}$$

ب. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع الذي يؤثر به المضرب في الكرة، مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$I = \Delta p$$
$$I = -9 \text{ kg. m/s}$$
$$\mathbf{I} = 9 \text{ kg. m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في الكرة في اتجاه محور $-x$، في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيها من المضرب.

ج. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-9}{0.60}$$
$$= -15 \text{ N}$$
$$\sum \boldsymbol{F} = 15 \text{ N}, -x$$

3- نعم يتغير؛ لأن الزخم الخطي كمية متجهة فهو يعتمد على السرعة المتجهة، وبما أن اتجاه السرعة يتغير باستمرار في أثناء حركة السيارة في المسار الدائري فإن زخمها الخطي يتغير.

4- مقدار الزخم الخطيّ الابتدائي $(p_i = m_i v)$، وعند مضاعفة الكتلة مرتين فإن مقدار زخمها الخطيّ يصبح:

$$p_f = m_f v = 2m_i v = 2p_i = 2 \times 12$$
$$= 24 \text{ kg. m/s}$$

أي يتضاعف زخمها الخطيّ مرّتين.

5-

أ. التغير في الزخم الخطي للسيارة ناتج عن تأثير الحاجز فيها بقوة، حيث لا تساهم قوة الجاذبية والقوة العمودية المؤثرتان فيها في تغير زخمها الخطي الأفقي؛ لأنهما عموديتان على اتجاه الحركة.

أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع الذي يؤثر به الحاجز في السيارة، مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$\begin{aligned} \mathrm{I} &= \Delta p = p_{\mathrm{f}} - p_{\mathrm{i}} \\ &= mv_{\mathrm{f}} - mv_{\mathrm{i}} = m(v_{\mathrm{f}} - v_{\mathrm{i}}) \\ &= 1.5 \times 10^3 \times \big(3.0 - (-15)\big) \\ &= 2.7 \times 10^4 \ \mathrm{kg.m/s} \\ \mathbf{I} &= 2.7 \times 10^4 \ \mathrm{kg.m/s}, + x \end{aligned}$$

الدفع موجب، حيث يؤثر في السيارة في اتجاه محور $+x$، في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيها من الحاجز.

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\begin{aligned} \sum F = \bar{F} &= \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2.7 \times 10^4}{0.15} \\ &= 1.8 \times 10^5 \ \mathrm{N} \\ \sum \boldsymbol{F} &= 1.8 \times 10^5 \ \mathrm{N}, + x \end{aligned}$$

الوحدة الثانية: الحركة الدورانية Rotational Motion

الإجابات

الصفحة 37

أتأمَّل الصورة: