الوحدة الأولى

الزخم الخطي والتصادمات

الدرس الأول

الزخم الخطي والدفع

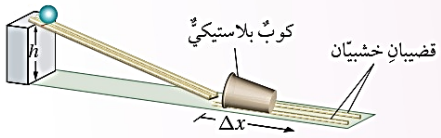
ملاحظات :

تجربة استهلالية

الزخم الخطّي

الموادّ والأدواتُ: كرة زجاجية أو فلزّية، كرةُ تنس، سطح خشبيّ مستوٍ أملس يحتوي فيه مَجرى، حامل فلزيّ، كوبٌ بلاستيكيٌّ، قضيبانِ خشبيّان طولُ كلٍّ منهُما (30 cm) تقريبًا، مَسطرةٌ مِتريّة، شريطٌ لاصق.

إرشادات السلامة: الحذرُ من سقوطِ الكرات على أرضية المختبر، أو تقاذف الطلبة الكرات بينهم.



خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفِّذ الخطوات الآتية:

1. أضع السطح الخشبيّ على سطح الطاولة، ثم أرفعُ أحد طرفيه بالحامل الفلزّي ليصبح مستوًى مائلًا، ثم أُثبّت قطعة شريطٍ لاصقٍ عليه عند ارتفاع محدّدٍ (h). بعدها؛ أُثبّتُ القضيبين الخشبيّين بشكل متوازٍ على بُعدٍ محدّد من نهاية المستوى المائل لتشكّلَ مجرًى للكوب البلاستيكي، وأضع الكوب بينهما، بحيث تكون فوّهتُه مقابلةً للمستوى المائل، كما هو موضح في الشكل، وأُدوّن الارتفاع (h).
2. **أقيسُ:** أضعُ الكرةَ الزجاجية على المستوى المائل عند الشريط اللاصق، ثم أُفلِتُها، وأقيس المسافة التي تحرّكها الكوبُ بعد اصطدام الكرة به، وأُدوّنها.
3. أكرّر الخطوةَ السابقة باستخدامِ كرة التنس.
4. **أجرّبُ:** أُكرّر الخطوة 2 باستخدام الكرة الزجاجية، على أن أُغيّر الارتفاع الرأسي (h) الذي أفلتُّ الكرة منه.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُقارنُ** بين المسافة التي تحرّكها الكوبُ البلاستيكي في الخطوتين (2، 3). ماذا أستنتج؟ أُفسّر إجابتي.
2. **أُقارنُ** بين المسافة التي تحرّكها الكوب البلاستيكي في الخطوتين (2، 4). ماذا أستنتجُ؟ أُفسّر إجابتي.
3. **أستنتجُ:** استنادًا إلى ملاحظاتي في التجربة، ما العواملُ التي تحدّدُ المسافة التي يتحرّكها الكوب؟ أُفسّر إجابتي.

الزخم الخطي

عندما تتحرك شاحنه وسياره بالسرعه نفسها فان ايقاف الشاحنه اصعب من ايقاف السياره ، وعندها نقول ان الزخم الخطي للشاحنه اكبر من الزخم الخطي للسياره .
عندما تتحرك سيارتين لهما نفس الكتله ولكن بسرعتين مختلفتين ، فان ايقاف السياره ذات السرعه الاكبر اصعب من ايقاف السياره ذات السرعه الاقل ، وعندها نقول ان الزخم الخطي للسياره الاسرع اكبر من الزخم الخطي للسياره الابطأ .

الزخم الخطي : هو كميه التحرك ، وهو حاصل ضرب كتله الجسم (m) في سرعه المتجهه (v) .

- يرمز للزخم الخطي بالرمز (P) ويقاس بوحده ($Kg.m/s$) ، ويتم حسابه رياضيا من العلاقه :

$$P = m\,v$$

العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي :

- كتله الجسم ، ويتناسب الزخم الخطي طرديا مع كتله الجسم ، فكلما زادت كتله الجسم يزداد زخمه الخطي .
- سرعه الجسم ، و يتناسب الزخم الخطي طرديا مع سرعه الجسم ، فكلما زادت سرعه الجسم يزداد زخمه الخطي .

انتبه :
الزخم الخطي كميه متجهه ، ويكون اتجاهه بنفس اتجاه السرعه .

ماذا نعني بقولنا ان الزخم الخطي لجسم ($5\ Kg.m/s$) .
ان الجسم كتلته ($1\ Kg$) يتحرك بسرعه ($5\ m/s$) .
ويمكن ان نقول ان جسم كتلته ($5\ Kg$) يتحرك بسرعه ($1\ m/s$) .

هل يمتلك جسم ساكن لا يتحرك زخما خطيا ؟
الجسم الساكن تكون سرعته صفر ، والزخم الخطي يعتمد على السرعه ، فاذا كان الجسم ساكنا فانه لا يمتلك زخما خطيا .

اوجد الزخم الخطي لجسم كتلته ($3\ Kg$) وسرعته ($50\ m/s$) نحو الشرق .
$P = 150\ Kg.m/s\ , +x$

اوجد الزخم الخطي لجسم كتلته ($200\ g$) ويتحرك نحو اليسار بسرعه ($4 \times 10^3\ m/s$) .
$P = 800\ Kg.m/s\ , -x$

اوجد الزخم الخطي لجسم كتلته ($1.6 \times 10^{-27}\ Kg$) ويتحرك بسرعه 0.02 سرعه الضوء .
$P = 9.6 \times 10^{-21}\ Kg.m/s$

ملاحظات :

ملاحظات :

جسم كتلته m ويتحرك بسرعه v فيمتلك زخما خطيا مقداره ($120\ Kg.m/s$) ، اوجد الزخم الخطي لجسم اخر كتلته $3m$ وسرعه $\frac{1}{2}v$.

$P_2 = 180\ Kg.m/s$

العلاقة بين الطاقة الحركية والزخم الخطي :

أولا :

$KE = \frac{1}{2}m\,v^2 = \frac{1}{2}P\,v$ $\qquad$ $\mathrm{KE} = \frac{1}{2}\mathrm{P\,v}$

ثانيا :

$KE = \frac{1}{2}m\,v^2$

$2\,KE = m\,v^2$

$2\,m\,KE = m^2v^2$

$2\,m\,KE = P^2$ $\qquad$ $P = \sqrt{2\,m\,KE}$

جسم كتلته $10\ g$ وطاقه الحركيه $8\ J$ ، احسب زخمه الخطي .

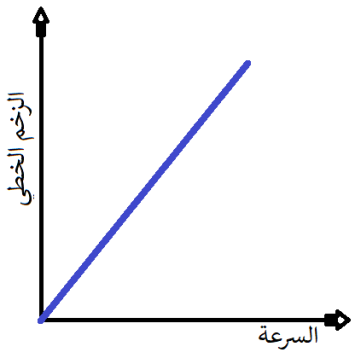
$P = 0.4\ Kg.m/s$

احسب الزخم الخطي لجسم طاقته الحركيه $100\ J$ وسرعته $4\ m/s$.

$P = 50\ Kg.m/s$

اوجد الزخم الخطي لجسم كتلته $3\ Kg$ وطاقه الحركيه $150\ J$.

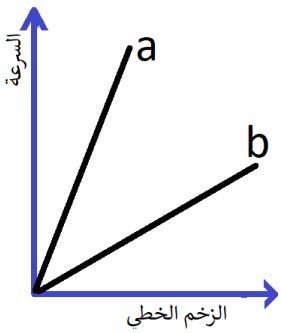
$P = 30\ Kg.m/s$



انتبه :

يمثل الشكل البياني المجاور العلاقه بين سرعه الجسم وزخمه الخطى ، ونلاحظ من الشكل ان :

- العلاقه بين السرعه والزخم الخطي هي علاقه طرديه خطيه .
- ان ميل المنحنى في الشكل المبين يمثل كتله الجسم (m) .



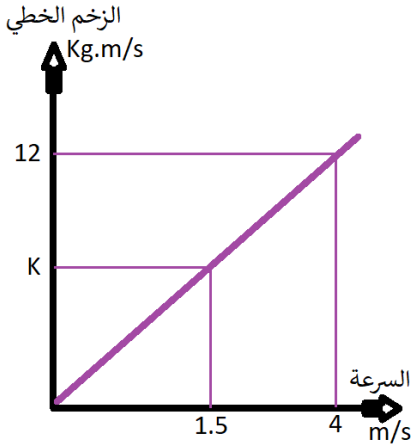
يمثل الشكل البياني المجاور العلاقة بين الزخم الخطي والسرعة لجسمين (a , b) ، أي الجسمين هو الذي تكون كتلته أكبر ، وأي الجسمين يكون زخمه أكبر بثبوت السرعة ، وأي الجسمين تكون سرعته أكبر بثبوت الزخم الخطي .

الجسم (b) تكون كتلته أكبر ، لأن ميل منحنى الجسم (b) أقل ، وميل المنحنى في الشكل يمثل مقلوب الكتلة .

- بثبوت السرعة يكون الزخم الخطي للجسم (b) أكبر .
- بثبوت الزخم الخطي تكون السرعة للجسم (a) أكبر .

الشكل المجاور يوضح منحنى العلاقه بين سرعه جسم وزخمه الخطي . معتمدا على الرسم البياني :

- احسب كتله الجسم
- احسب الزخم الخطي للجسم عند النقطه k



$m = 3Kg$

$P_K = 4.5\ Kg.m/s$

هل يمكن أن يكون مقدار الزخم الخطي لسيارة مساويا لمقدار الزخم الخطي لشاحنة كبيرة كتلتها أربعة أضعاف كتلة السيارة ؟ أفسر إجابتي .

ملاحظات :

الزخم الخطي والقانون الثاني لنيوتن في الحركة

يلزم قوة لتغيير مقدار الزخم الخطي أو اتجاهه أو كليهما . فإذا اثرت قوه في جسم متحرك فانها تسبب لهذا الجسم احد الامور الاتيه :

- زياده سرعه الجسم اذا كانت باتجاه حركته الأصلية .
- نقصان سرعه الجسم اذا كانت عكس اتجاه حركته الأصلية .
- عكس اتجاه حركه الجسم اذا كانت عكس اتجاه حركته الأصلية .

ينص **قانون نيوتن الثاني في الحركة** حسب صيغة الزخم على أن : ((المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي لجسم يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه)) .

$$\sum F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

انتبه :

يكون متجه التغير في الزخم الخطي باتجاه القوة المحصلة دائما .

ما العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم ومعدل تغير زخمه الخطي ؟

تتناسب القوة المحصلة المؤثرة في الجسم طرديا مع المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي

ملاحظات :

أثبت العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في الجسم والتغير في الزخم الخطي للجسم رياضيا .

$$\sum F = m\,a = m\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t} = \frac{P_f - P_i}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

سيارة كتلتها 1200 Kg تسير بسرعة 20 m/s نحو السينات الموجب ، فإذا ضغط السائق على الكوابح فانخفضت السرعة إلى 8 m/s ، في نفس الاتجاه في زمن مقداره 6 s ، احسب متوسط القوة التي أثرت في السيارة خلال هذه الفترة .

$$\sum F = -2400\ N$$

جسم كتلته 2 Kg ، ينطلق من السكون بتأثير قوة مقدارها 20 N ، لمدة زمنية 0.2 s ، اوجد كم تصبح سرعة الجسم .

$$v_f = 2\ m/s$$

تتحرك سياره كتلتها 725 Kg بسرعه متجهه 115 Km/h في اتجاه الشرق :

- اوجد مقدار زخمها الخطي واتجاهه .
- إذا ضغط السائق على الكوابح بشدة لتتوقف السيارة خلال 2 s ، فما قيمة متوسط قوة الاحتكاك .

$$P = 23159.7\ Kg.m/s\ , +x$$
$$\sum F = \ 11579.85\ N\ , -x$$

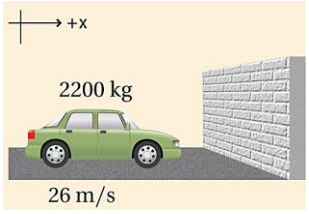
يقذف إلكترون في مجال كهربائي من السكون بتسارع $2 \times 10^3\ m/s^2$ ، فيتسارع لمدة 0.03 s ، احسب ما يأتي :

- التغير في الزخم الخطي للالكترون .
- أقصى سرعة للالكترون .

$$m_e = 9 \times 10^{-31}\ Kg$$

$$\Delta P = 5.4 \times 10^{-29}\ N.s$$
$$v_f = 60\ m/s$$

تتحرك مركبه كتلتها 2200 Kg بسرعه 26 m/s ، حيث يمكنها التوقف خلال 21 s عن طريق الضغط على الكوابح برفق ، ويمكن ان تتوقف المركبه خلال 3.8 s اذا ضغط السائق على الكوابح بشده ، بينما يمكنها ان تتوقف خلال 0.22 s اذا اصطدمت بحائط اسمنتي ، فما متوسط القوه المؤثره في المركبه في كل حاله من حالات التوقف هذه .



عند الضغط على الكوابح برفق :

$$\sum F = -2723.8\ N$$

عند الضغط على الكوابح بشدة :

$$\sum F = -15052.63\ N$$

عند الاصطدام بالحائط :

$$\sum F = -260000\ N$$

العلاقة بين الزخم الخطي والدفع

الدفع : حاصل ضرب القوة المحصلة المؤثرة في الجسم في زمن تأثير القوة .

انتبه :

- يرمز للدفع بالرمز (I) .
- يقاس الدفع بوحدة (N.s) .
- يمكن التعبير عن الدفع على أنه التغير في الزخم الخطي .
- الدفع كمية متجهة يكون اتجاهها باتجاه القوة المحصلة وهو كذلك باتجاه تغير الزخم الخطي .
- الإشارة السالبة في الدفع تدل على الاتجاه فقط .

$$I = \sum F \ \Delta t$$

يمكن استخدام القانون الثاني لنيوتن للتعبير عن الدفع بالعلاقة الآتية :

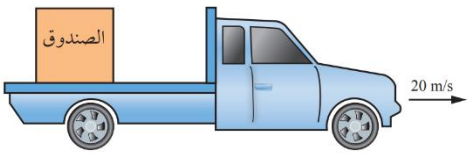
$$I = \Delta P$$

وتسمى هذه المعادلة باسم مبرهنة **(الزخم الخطي – الدفع)** .
وتنص على : ((دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي)) .

جسم كتلته $50\ Kg$ ، تتناقص سرعته بمقدار $3\ m/s$ خلال $0.2\ s$ تحت تاثير قوه ، احسب :
الدفع على الجسم .
مقدار القوه المحصله المؤثره في الجسم

$I = -150\ N.s$
$\sum F = -750\ N$

وضع صندوق كتلته (100 Kg) في شاحنة تتحرك شرقا بسرعة مقدارها (20 m/s) . إذا ضغط السائق على دواسة المكابح ، فتوقفت الشاحنة خلال (0.5 s) من لحظة الضغط على المكابح ، احسب مقدار ما يأتي :



- الزخم الخطي الابتدائي للصندوق .
- الدفع المؤثر في الصندوق .
- قوة الاحتكاك المتوسطة اللازم تأثيرها في الصندوق لمنعه من الانزلاق .

$P = 2 \times 10^3\ Kg.m/s\ , +x$
$I = = 2 \times 10^3\ Kg.m/s\ , -x$
$\sum F = 4 \times 10^3\ N\ , -x$

ملاحظات :

يركل لاعب كرة قدم ساكنة كتلتها (0.45 Kg) ، فتنطلق بسرعة (30 m/s) في اتجاه المحور (+X) . إذا علمت أن القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب تساوي (135 N) ، احسب ما يأتي بإهمال وزن الكرة مقارنة بالقوة المؤثرة فيها :

- زخم الكرة عند لحظة ابتعادها عن قدم اللاعب .
- زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب .
- الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب .

$P = 13.5\ Kg.m/s\ , +x$

$\Delta t = 0.1\ s$

$I = 13.5\ N.s\ , +x$

كرة تنس كتلتها (0.06 Kg) ، يقذفها لاعب إلى أعلى ، وعند وصولها إلى قمة مسارها الرأسي يضربها أفقيا بالمضرب فتنطلق بسرعة مقدارها (55 m/s) في اتجاه محور (+X) ، إذا علمت أن زمن تلامس الكرة مع المضرب (4×10^{-3} s) ، احسب مقدار ما يأتي :

الدفع الذي يؤثر به المضرب في الكرة .

القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب في الكرة .

$I = 3.3\ N.s\ , +x$

$\sum F = 825\ N\ , +x$

سيارة كتلتها 1200 Kg تسير بسرعة 20 m/s نحو السينات الموجب ، فإذا ضغط السائق على كوابح السيارة فانخفضت سرعتها إلى 8 m/s في نفس الاتجاه في زمن مقداره 6 s ، احسب متوسط القوة التي أثرت في السيارة خلال هذه الفترة .

$\sum F = 2400\ N\ , -x$

هل يتغير زخم المركبات الزراعية التي تسير بسرعة ثابتة في أثناء حصادها للمحصول وتخزينه داخلها ؟ ولماذا ؟

نعم يتغير ، حيث تزاد الكتلة مع زيادة الحمولة ، فيزداد الزخم الخطي .

الربط بالتكنولوجيا :

تنتفخ الوسادة الهوائية في أثناء حدوث تصادم لسيارة ، إذ تحفز القوة الناتجة عن عن التصادم مجس محدد ، يطلق تفاعلا كيميائيا ينتج عنه غاز يؤدي إلى انتفاخ الوسادة بسرعة . وتعمل الوسادة على زيادة زمن تأثير القوة الذي يتم خلاله إيقاف جسم الراكب عن الحركة ، وبالتالي تقليل مقدار القوة المؤثرة فيه ، مما يقلل من احتمال حدوث الإصابات ، أو تقليل خطورتها . كما تعمل الوسادة الهوائية على توزيع القوة على مساحة أكبر من جسم الراكب ، فيقل ضغطها المؤثر فيه .

ملاحظات :

أسئلة اختيار من متعدد على الربط بالتكنولوجيا :

ما الذي يسبب انتفاخ الوسادة الهوائية؟

أ. ضغط الهواء داخل السيارة
ب. تصادم السيارة ✓
ج. ارتفاع درجة الحرارة
د. فتح النوافذ

ما تأثير الوسادة الهوائية على الجسم أثناء التصادم؟

أ. تدفئة الجسم
ب. إيقاف الحركة
ج. تقليل تأثير القوة ✓
د. تسريع ارتداد الجسم

متى تنتفخ الوسادة الهوائية؟

أ. قبل تشغيل السيارة
ب. عند توقف السيارة
ج. أثناء الاصطدام ✓
د. بعد انتهاء الحادث

أي مما يلي يصف وظيفة الوسادة الهوائية؟

أ. زيادة سرعة السيارة
ب. تنقية الهواء
ج. توزيع القوة على الجسم ✓
د. إطلاق صوت إنذار

الغاز الناتج في الوسادة الهوائية هو نتيجة:

أ. ضغط الهواء الخارجي
ب. احتراق داخلي
ج. تفاعل كيميائي ✓
د. حرارة الشمس

الزمن الذي تستغرقه الوسادة للانتفاخ:

أ. طويل نسبيًا
ب. بضع دقائق
ج. لا تنتفخ
د. قصير جدًا ✓

عند ثبات مقدار القوة المحصلة المؤثرة ، يزداد مقدار التغير في الزخم الخطي بزيادة زمن تأثير هذه القوة .

مثلا :

- دفع عربة تسوق بقوة ثابتة ، يزداد زخمها الخطي بزيادة زمن تأثير القوة فيها .
- عند ركل لاعب كرة قدم يزداد زخمها الخطي بزيادة زمن تلامسها مع قدم اللاعب .

عن ثبات مقدار التغير في الزخم الخطي ، يتناسب مقدار القوة المحصلة المؤثرة عكسيا مع زمن تأثيرها .

مثلا :

- يثني المظلي رجليه لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض لزيادة زمن التغير في زخمه الخطي ، فيقل مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيه .

فسر : تنكسر بيضة نيئة إذا سقطت من ارتفاع ما باتجاه أرض صلبة من الإسمنت وقد لا تنكسر البيضة نفسها إذا وقعت على أرض رملية من الارتفاع نفسه .

بسبب زيادة زمن التصادم بين البيضة والرمل وبالتالي تقليل القوة المؤثرة في البيضة

ملاحظات :

ذهب محمد إلى مدينة الألعاب ، وعند قيادته سيارة كهربائية واصطدمت بالسيارات الأخرى وجد أن تأثير هذه التصادمات عليه قليل . وعند تركيز انتباهه على هذه السيارات ، لاحظ وجود حزام من مادة مطاطية يحيط بجسم السيارة . فسر سبب وجود هذا الحزام المطاطي .

ليسبب زيادة زمن التصادم بين السيارتين وبالتالي تقليل القوة المؤثرة في كل من السيارتين .

عندما تقفز من ارتفاع ما الى الارض فانك تثني رجليك لحظه ملامسه قدماك الارض ، فسر لماذا تفعل هذا ؟

لزيادة زمن التصادم بين القدمين والأرض ، بثبوت الدفع ، فتقل القوة المؤثرة في الشخص .

لماذا يلجأ سائق السيارة إلى الضغط على الفرامل لفترات زمنية متتالية حتى تتوقف السيارة عند الاقتراب من مفترق طرق او إشارة ضوئية ؟

إن الضغط على الفرامل لفترات زمنية متتالية يسبب الزيادة في زمن التأثير بالقوة الذي يتم خلاله إيقاف جسم السيارة عن الحركة ، وبالتالي تقليل مقدار القوة المؤثرة فيه

يصمم الحذاء الرياضي بحيث يكون نعله مزودا بوسائد امتصاص ، فسر ذلك .

لتقليل القوة المؤثرة في القدم ، من خلال إطالة زمن تأثير القوة .

لماذ تكون مواسير بنادق الصيد طويلة ؟

ليزداد زمن تأثير القوة على الرصاصة فيكون الدفع على الرصاصة أكبر وبالتالي تكسب الرصاصة سرعة أكبر فتصل إلى مسافة أكبر .

لماذا تنطلق كرة البيسبول أسرع من كرة صلبة عند ضرب كل منهما بنفس المضرب ؟

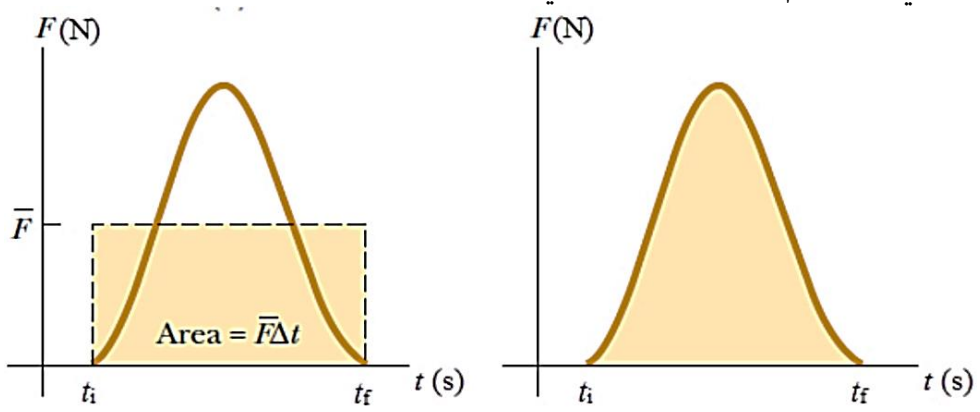
كرة البسبول ذات ليونة أكبر ، فيزداد زمن التلامس مع المضرب ، وبثبوت القوة يزداد الدفع على كرة البيسبول ، فتنطلق بسرعة أكبر .

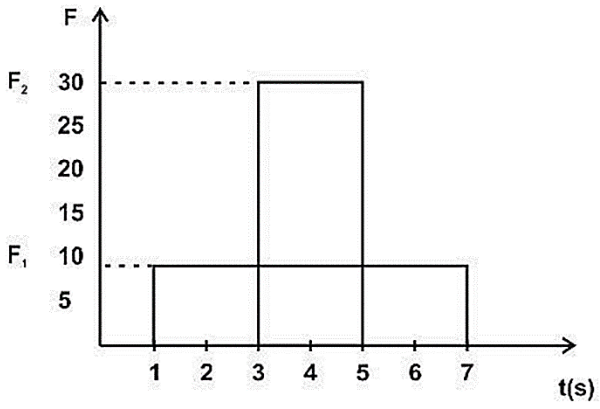
(أ) شخص يؤثر في عربة تسوق بقوة مدةً من الزمن فيُحدث دفعًا يغير زخمها الخطّي.
(ب) يَثني المظليُّ رجليهِ لحظة ملامسة قدميه سطحَ الأرض لزيادة زمن التغيُّر في زَخَمه الخطّي.

ملاحظات :

العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة في الجسم وزمن تأثيرها

يبين الشكل العلاقة بين القوة المتغيرة المؤثرة في جسم وزمن تأثيرها ، والمساحة تحت المنحنى تساوي الدفع (التغير في الزخم الخطي للجسم) . ولحساب الزخم الخطي نستخدم متوسط القوة كما في الشكل الأيسر .



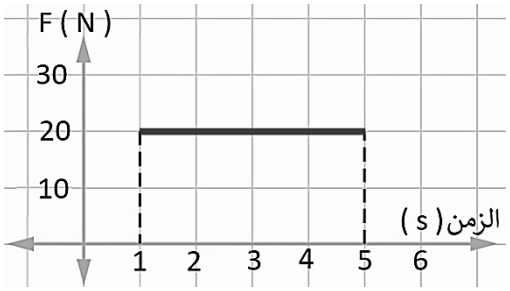


معتمدا على بيانات الشكل ، أجب عما يأتي :

- ما زمن تأثير القوة (F_1)
- ما دفع القوة (F_1)
- ما زمن تأثير القوة (F_2)
- ما دفع القوة (F_2)
- ماذا تستنتج ؟

- $t_1 = 6\ s$
- $I_1 = 60\ N.s$
- $t_2 = 2\ s$
- $I_2 = 60\ N.s$

- عند ثبات مقدار الدفع المؤثر على الجسم ، يتناسب مقدار القوة المحصلة المؤثرة عكسيا مع زمن تأثيرها .



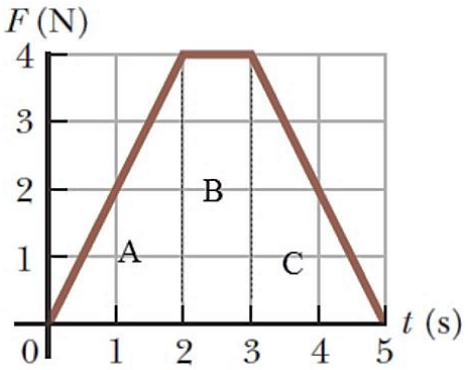
يوضح الشكل التمثيل البياني لمنحنى (القوة – الزمن) . جد مقدار الدفع الذي تحدثه القوة في الفترة الزمنية ($t = 1\ s$) ألى ($t = 5\ s$) .

$I = 80\ N.s$

ملاحظات :

ملاحظات :

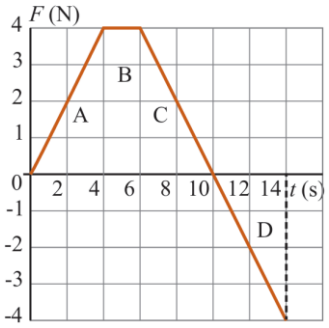
تؤثر قوة محصلة باتجاه محور (X +) في صندوق ساكن كتلته (3 Kg) مدة زمنية مقدارها (5 s) . إذا علمت أن مقدار القوة المحصلة يتغير بالنسبة للزمن كما هو موضح بالرسم البياني ، احسب ما يأتي :



- الدفع المؤثر في الصندوق خلال الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة ، وحدد اتجاهه
- السرعة النهائية للصندوق في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة ، وحدد اتجاهه .
- القوة المتوسطة المؤثرة في الصندوق خلال هذه الفترة الزمنية .

- $I = 12\ N.s\ , +x$
- $v_f = 4\ m/s$
- $\sum F = 2.4\ N\ , +x$

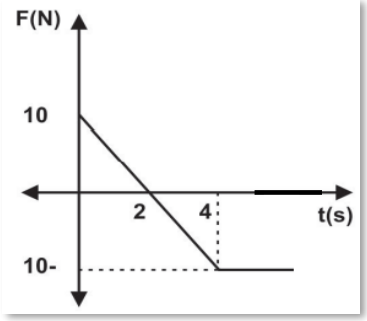
تؤثّر قوّةٌ محصّلةٌ باتّجاه محور x في صندوقٍ ساكنٍ كتلتهُ (4 kg) مدّةً زمنيةً مقدارُها (14 s). إذا علمتُ أنّ مقدار القوّة المُحصّلة واتجاهها يتغيران بالنسبة للزمن كما هو مُوضّح في منحنى (القوّة - الزمن) في الشكل ؛ فأحسبُ ما يأتي :



- الدفع الكليّ المؤثّر في الصُّندوق نتيجةً لتأثير القوّة المُحصّلة.
- السرعة النهائيّةُ للصُّندوق في نهاية المدة الزمنيّة لتأثير القوّة المُحصّلة.
- القوّة المتوسطة المؤثّرة في الصُّندوق خلال هذه المدة الزمنيّة.

- $I = 16\ Kg.m/s\ , +x$
- $v_f = 4\ m/s$
- $\sum F = \bar{F} = 1.1\ N\ , +x$

جسم كتلته 2 Kg يتحرك بسرعة 5 m/s على سطح أفقي أملس ، أثرت عليه قوة متغيرة مثلت بيانيا مع الزمن كما في الشكل المجاور ، بالاعتماد على البيانات المثبتة عليه ، أوجد :



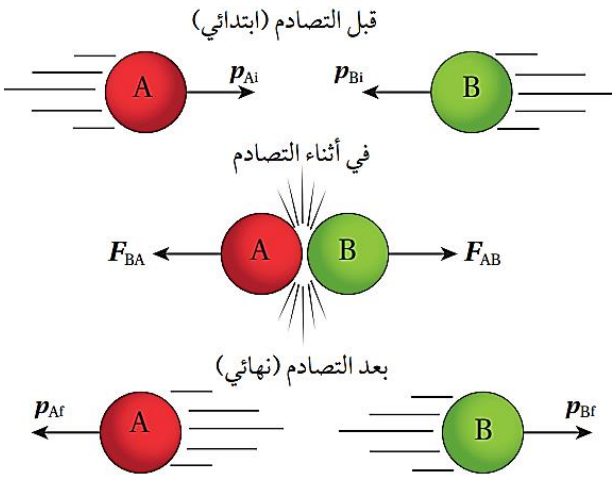
- أكبر سرعة يمكن أن يمتلكها الجسم في نفس اتجاه حركته .
- زمن توقف الجسم .

- $v_f = 10\ m/s$
- $t = 5\ s$

انتبه :
يمتلك الجسم أقصى سرعة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة في نفس اتجاه الحركة .

حفظ الزخم الخطي

النظام المعزول : هو النظام التي تكون القوه المحصله الخارجيه المؤثره فيه صفرا وتكون القوه المؤثره في قوه داخليه فقط .



انتبه :
في جميع الاسئله التى سنقوم بدراستها سيكون النظام معزولا .

متى يمكنني اهمال القوى الخارجيه المؤثره في نظام لكي نعتبره نظاما معزولا .

يمكن اعتبار النظام معزولا عندما تكون القوى الخارجيه المؤثره فيه صغيره جدا مقارنه بالقوه التي تؤثر بها مكونات النظام في بعضها .

ينص **قانون حفظ الزخم** الخطي على انه : عندما يتفاعل جسمان او اكثر في نظام معزول يظل الزخم الخطي الكلي للنظام ثابتا .

يمكن التعبير عن حفظ الزخم الخطي بان : الزخم الخطي الكلي للنظام المعزول قبل التصادم مباشره يساوي الزخم الخطي الكلي للنظام بعد التصادم مباشره .

اثبات قانون حفظ الزخم الخطي رياضيا :

القوة التي يؤثر بها الجسم الأول بالثاني تساوي القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني بالأول :

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

بضرب الطرفين في (Δt) :

$$F_{AB}.\Delta t = -F_{BA}.\Delta t$$

$$I_{AB} = -I_{BA}$$

ولأن الدفع يساوي التغير في الزخم الخطي :

$$\Delta P_A = -\Delta P_B$$

$$P_{Af} - P_{Ai} = -(P_{Bf} - P_{Bi})$$

$$P_{Af} - P_{Ai} = -P_{Bf} + P_{Bi}$$

نعيد ترتيب الحدود :

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

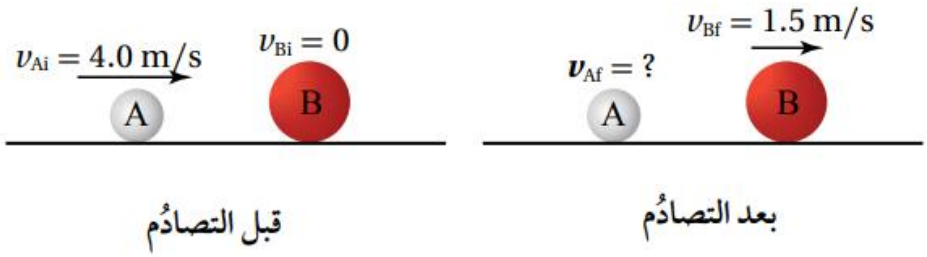
ملاحظات :

$$\sum P_i = \sum P_f$$

انتبه بالله عليك :

- القوة التي يؤثر بها الجسم الأول بالثاني تساوي القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني بالأول وتعاكسها في الاتجاه .
- دفع الجسم الأول على الثاني يساوي دفع الجسم الثاني على الأول ويعاكسه في الاتجاه .
- التغير في زخم الجسم الأول يساوي التغير في زخم الجسم الثاني ويعاكسه في الاتجاه .
- المجموع الكلي للزخم الخطي للنظام قبل التصادم يساوي المجموع الكلي للزخم الخطي للنظام بعد التصادم وفي نفس الاتجاه .

يوضح الشكل تصادم كرتين (A و B) ، حيث تتحرك الكرة A بسرعة مقدارها 4 m/s باتجاه المحور X+ نحو الكرة B الساكنة . وبعد التصادم تحركت الكرة B بسرعة مقدارها 1.5 m/s باتجاه المحور X+ . إذا علمت أن ($m_A = 1$ Kg) و أن ($m_B = 2$ Kg) ، احسب مقدار سرعة الكرة A بعد التصادم وحدد اتجاهها .



قبل التصادُم　　بعد التصادُم

$v_{Af} = 1\ m/s\ , +x$

انتبه :

عندما ينشطر جسم ساكن إلى جسمين :

- المجموع الكلي للزخم الخطي النهائي يساوي صفر .
- زخم الجسم الناتج الأول يساوي زخم الجسم الناتج الثاني .
- الجسم الذي تكون كتلته أقل تكون سرعته أكبر وطاقته الحركية أكبر .

يجلس طالب كتلته (35 Kg) في قارب ساكن كتلته (65 Kg) ، إذا قذف الولد صندوقا كتلته (6 Kg) أفقيا بسرعة مقدارها (10 m/s) . وبإهمال مقاومة الماء ، جد سرعة القارب بعد قذف الصندوق مباشرة .

ملاحظات :

$v_{Af} = -0.6\ m/s$

والاشارة السالبة تعني أن اتجاه حركة القارب عكس اتجاه رمي الصندوق .

مدفع ساكن كتلته (2×10^3 Kg) ، فيه قذيفة كتلتها 50 Kg . أطلقت القذيفة أفقيا من المدفع بسرعة (1.2×10^2 m/s) باتجاه المحور (+X) . احسب مقدار ما يأتي :

- الدفع الذي تؤثر به القذيفة في المدفع ، وحدد اتجاهه .
- سرعة ارتداد المدفع .

$I = -6 \times 10^3\ m/s$

$v_f = 3\ m/s\ , -x$

قذيفة كتلتها 2 Kg انطلقت أفقيا بسرعة 200 m/s من فوهة مدفع ساكن كتلته 500 Kg ، ما سرعة ارتداد المدفع بوحدة (m/s) ؟

$v_{\text{مدفع}f} = -0.8\ m/s$

والاشارة السالبة تعني أن اتجاه المدفع عكس اتجاه القذيفة .

عربة قطار كتلتها 2000 Kg تتحرك على قضبان مستقيمة أفقية بسرعة 2 m/s اصطدمت بها عربة أخرى كتلتها 3000 Kg تسير بالاتجاه نفسه وبسرعة 5 m/s ، وتحركتا معا كجسم واحد ، فما مقدار السرعة المشتركة بعد التصادم .

$v_f = 3.8\ m/s$

إذا دفع رجل كتلته 70 Kg يقف على أرض جليدية أفقية ولدا ساكنا كتلته 50 Kg ، فكم يساوي التغير في زخم الرجل والولد معا بوحدة (Kg.m/s) ؟

$\Delta P = 0$

ينفجر جسم ساكن كتلته (m) إلى جسمين كتلة كل منهما (m_1 ، m_2) ، فإذا كانت كتلة (m_1) ضعفي كتلة (m_2) ، بين أي الكتلتين تكون سرعتها أكبر .

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

من العلاقة وبما أن الزخم الخطي لكلا الجسمين ثابت ، لذلك فإن الجسم الذي تكون كتلته أكبر تكون سرعته أقل ، فتكون سرعة الجسم (m_2) أكبر .

في أثناء مشاهدة هند عرضا عسكريا لمجموعة من جنود الجيش ، لفت انتباهها اسناد كعوب بنادقهم على أكتافهم عند اطلاق الرصاص منها . لماذا يفعلون ذلك .

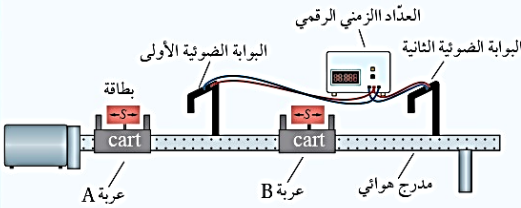
عند اطلاق الرصاصة من البندقية يكون الزخم محفوظا ، فيكون زخم الرصاصة مساويا لزخم البندقية ، لذلك فإن البندقية ترتد للخلف أثناء اطلاق الرصاصة ، فيتم اسنادها على أكتافهم حتى لا تسقط البندقية بسبب الارتداد .

ملاحظات :

التجربة 1 حفظُ الزّخَمِ الخطّي

الموادّ والأدوات: مدرجٌ هوائيٌّ مع مُلحقَاته (العرباتُ والبطاقاتُ الخاصة بها، والبوابات الضوئية ومضخة الهواء)، ميزانٌ إلكترونيّ، أثقالٌ مختلفةٌ، شريطٌ لاصقٌ.

إرشادات السلامة:
ارتداءُ المعطَفِ واستعمالُ النظّاراتِ الواقية للعينين، والحذرُ من سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمين.



خطواتُ العمل:
بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُثبّتُ المدرج الهوائيّ أفقيًّا على سطح الطاولة، ثم أُثبّت البوابتين الضوئيتين كما هو موضح في الشكل.
2. **أقيسُ** طول كُلٍّ من البطاقتين الخاصتين بالعربتين المُنزَلقتين (S)، ثم أُثبّتُ كُلًّا منهما على عربة، وأُدوّن طوليهما في الجدول (1)، ثمّ أُثبّتُ لاصقًا على كلّ عربة، وأكتب الرمز A على إحداهما، والرمز B على الأُخرى.
3. **أقيسُ** كتلةَ كُلٍّ من العربتين، ثمّ أُدونهما في المكان المُخصّص في الجدول (2).
4. أضعُ العربة A عند بداية المدرج، ثمّ أضعُ العربة B في منتصف المدرج بين البوابتين الضوئيتين، كما هو مُوضّح في الشكل.
5. **أُجرّب:** أُشغّل مضخّة الهواء، ثمّ أدفع العربة A في اتّجاه العربة B الساكنة، ثمّ أُدوّن في الجدول (1) الزمن (t_{Ai}) الذي تستغرقه العربة A في عبور البوابة الأولى قبل التصادُم، والزمن الذي تستغرقه كلٌّ من العربتين A و B (t_{Bf}، t_{Af}) في عبور البوابتين الأولى والثانية على الترتيب بعد التصادُم.
6. أُكرّرُ الخطوة السابقة بوضع أثقالٍ على العربة A؛ بحيث تصبح كتلتُها مثلي كتلة العربة B، وأُدوّن قياسات الكتلة والزمن في الجدولين (1 و 2) للمحاولة 2 .

التحليل والاستنتاج:
1. **أستخدم الأرقام:** أحسب السُّرعات الابتدائيّة والنهائيّة للعربتين لكلِّ محاولةٍ باستخدام العلاقة: $v = \frac{S}{\Delta t}$، وأُدوّن السرعات المُتّجهةَ للعربتين في الجدولين (1 و 2)، مع افتراض أنّ اتّجاه الحركة إلى اليمين موجب.
2. **أستخدم الأرقام:** أحسب الزخمين الخطيين الابتدائي والنهائي لكلِّ عربةٍ وأدونهما في الجدول (2).
3. **أستخدم الأرقام:** أحسب الزخَم الخطّي الكليَّ الابتدائيّ والزخَم الخطّي الكلي النهائي لنظام العربتين لكلّ محاولةٍ وأدونهما في الجدول (2).
4. **أُقارنُ:** ما العلاقة بين الزخَم الخطّي الكُلّي الابتدائي والزخَم الخطّي الكُلّي النهائي لنظام العربتين؟ أُفسّر نتائجي.
5. **أُصدر حُكمًا:** هل تطابقت نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخَم الخطّي في المحاولتين؟ ماذا أستنتج؟ أوضّح إجابتي.
6. **أتوقّعُ** مصادر الخطأ المُحتمَلة في التجربة.

ملاحظات :

ملخص نتائج التجربة :

ألاحظُ بعد تنفيذ التجربة أن الزخَم الخطّي الكُلّي لنظام العربتين قبل التصادُم يساوي الزخَم الخطّي الكُلّي لنظام العربتين بعد التصادُم. وهذ يتوافق مع قانون حفظ الزخَم الخطّي في الأنظمة المعزولة.

يُمكن أن يحتوي النظام أعدادًا مختلفة من الأجسام المُتفاعِلة (المُتصادِمة) معًا، وقد يحدثُ التصادُم بينها في بُعدٍ واحدٍ أو بُعدين أو ثلاثة أبعادٍ، وبعد تصادُم هذه الأجسام؛

فإنّها قد ترتدُّ عن بعضها بعضًا، أو تلتصقُ ببعضِها بعضًا، وفي الدرس الثاني سوف تُناقش الأنواع المختلفة للتصادمات وحفظ الزخم فيها، كما سيناقش حفظ الزخم في الانفجارات، حيث يتجزأ الجسم الواحد إلى أجزاء عدة.

ملاحظات :

مراجعة الدرس

السؤال (1) : الفكرة الرئيسة:
ما المقصودُ بالزخَم الخطّي لجسم؟
ما العلاقة بين الدفع المؤثّر في جسمٍ والتغيُّر في زخَمه الخطّي؟

المقصود بالزخم الخطي : الزخم الخطي لجسم هو حاصل ضرب كتلته في سرعته المتجهة. أي أنه كمية متجهة تعتمد على مقدار واتجاه حركة الجسم.
العلاقة بين الدفع والتغير في الزخم : تنص مبرهنة الزخم – الدفع على أن الدفع المؤثر في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي .

السؤال (2) : أستنتج:
بحسب علاقة تعريف الزخَم الخطّي $\boldsymbol{p = mv}$ تكون وحدةُ قياسه $kg.m/s$ ، وبحسب مبرهنة (الزخَم الخطّي – الدفع) تكون وحدةُ قياسه $(N.s)$.
أُثبت أن هاتين الوحدتين مُتكافئتان.

- الزخم الخطي $p = mv$ وحدته: $kg.m/s$
- الدفع : $I = F\Delta t$ ، القوة وحدتها نيوتن $(N) = kg.m/s^2$ ، والزمن بالثانية، إذن:

$$N.s = (kg.m/s^2) \times s = kg.m/s$$

✓ إذن الوحدتان متكافئتان.

السؤال (3) : أوضّح:
متى يكون الزخَم الخطّي لنظام محفوظًا؟

عندما يكون النظام معزولًا، أي إذا كانت القوة الخارجية المحصلة المؤثرة عليه = صفر. حينها لا يتغير الزخم الكلي للنظام.

السؤال (4) : أفسّر:
ذهب محمد إلى مدينة الألعاب، وعند قيادته سيارةً كهربائيةً واصطدامها بالسيارات الأخرى وجد أن تأثير هذه التصادُمات عليه قليلٌ. وعند تركيز انتباهه على هذه السيارات؛ لاحظ وجود حزامٍ من مادّة مطاطيّة يحيط بجسم السيارة.
أُفسّر سببَ وجود هذا الحزام المطاطيّ.

الحزام المطاطي يعمل على امتصاص الصدمة عند الاصطدام، حيث يزيد زمن تأثير القوة المؤثرة خلال التصادم؛ فيقل مقدار القوة المؤثرة في جسم الراكب حسب العلاقة:

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

السؤال (5) : أفسّر ما يأتي:

أ) يسند الصياد كعب بندقية الصيد إلى كتفه بإحكام عند إطلاق الرصاص.

ب) تغيّر المركبة الفضائية من مقدار سرعتها أو اتجاه حركتها عن طريق التحكم بكمية الغازات المندفعة منها واتجاه اندفاعها.

أ) الصياد يسند كعب البندقية إلى كتفه:

✓ أولا : لأن ذلك يزيد زمن تأثير القوة الناتجة عن الارتداد؛ فيقلل مقدار القوة المؤثرة على كتفه. وثانيا : تكون البندقية والصياد جسما واحدا والرصاصة جسم آخر ، فيكون الدفع على الرصاصة مساويا لدفع الصياد والبندقية معا ، فتكون سرعة الارتداد مهملة مقارنة بسرعة الرصاصة .

ب) المركبة الفضائية تغير سرعتها أو اتجاهها:

✓تتحكم بكمية الغازات المندفعة واتجاهها لتحقيق تغيير في الزخم الخطي طبقًا لقانون حفظ الزخم (عند اندفاع الغاز للخلف، تتحرك المركبة للأمام).

السؤال (6) : أستخدم الأرقام:

مدرج هوائي عديم الاحتكاك تنزلق عليه عربة (A) كتلتها $0.2\ kg$ بسرعة $5\ m/s$ باتجاه $(+x)$ ، فتصطدم بعربة أخرى (B) ساكنة على المدرج كتلتها $0.6\ kg$. إذا كان التغيّر في الزخم الخطي للعربة (A) نتيجة التصادم يساوي $(-1.6\ kg.m/s)$:

أ) أحسب سرعة كل من العربتين بعد التصادم مباشرةً.

ب) أحسب زمن التلامس بين العربتين إذا كانت القوة التي أثرت بها إحداهما في الأخرى تساوي $5.0\ N$.

أ) ✓سرعة A بعد التصادم: $-3\ m/s$

✓سرعة B بعد التصادم: $\approx 2.67\ m/s$

ب) $\Delta t = 0.32\ s$

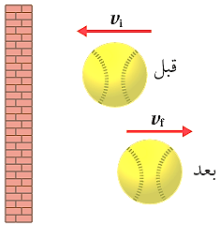
ملاحظات :

السؤال (7) : أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. أثرت قوة محصلة مقدارها $(3.2\ N)$ في جسم ساكن كتلته $(4\ kg)$ مدة زمنية مقدارها$(20\ s)$ ، وحركته باتجاهها. إن مقدار السرعة النهائية للجسم بوحدة m/s يساوي:

أ) 64 ب) ✓16 ج) 0.04 د) 4

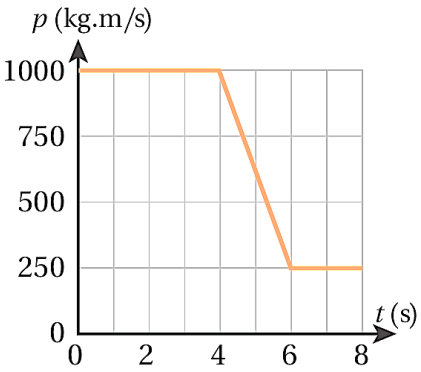
2. كرة كتلتها $0.5\ kg$ تتحرك باتجاه محور $(-x)$ ، فتصطدم بجدار بسرعة ابتدائية $v_i = 30\ m/s$ وترتد عنه بسرعة نهائية v_f . إذا كان الدفع المؤثر في الكرة $25\ kg.m/s$. فإن مقدار السرعة النهائية v_f بوحدة m/s يساوي :



أ) 80 ب) 30 ج) 5 د) ✓20

3. شاحنة غير محملة تتحرك بسرعة معينة وتوقفت عند الضغط على المكابح خلال مدة زمنية Δt_1 . عندما تكون محملة بالبضائع، وتتحرك بالسرعة نفسها وتؤثر المكابح بالقوة نفسها تتوقف خلال مدة زمنية Δt_2 .أيّ العلاقات الآتية تصف التغير في الزخم ومدة التوقف في الحالتين؟

أ) ✓$\Delta P_2 > \Delta P_1 ، \Delta t_2 > \Delta t_1$
ب) $\Delta P_2 < \Delta P_1 ، \Delta t_2 < \Delta t_1$
ج) $\Delta P_2 > \Delta P_1 ، \Delta t_2 < \Delta t_1$
د) $\Delta P_2 = \Delta P_1 ، \Delta t_2 > \Delta t_1$



الشكل المجاور يمثل تمثيلاً بيانيًا لزخم دراجة هوائية متحركة. عند اللحظة $t = 4.0\ s$ استخدم الراكب المكابح خلال مدة $8.0\ s$ ، اجب عن الفقرتين الآتيتين :

4. ما مقدار القوة المحصلة التي أثرت في الدراجة في أثناء استخدام المكابح؟

أ) $125\ N$ ب) $250\ N$ ج) ✓$375\ N$ د) $750\ N$

5. إذا كانت السرعة الابتدائية للدراجة $20\ m/s$ فإن سرعتها النهائية بعد استخدام المكابح تساوي:

أ) $15\ m/s$ ب) $10\ m/s$ ج) $8\ m/s$ د) ✓$5\ m/s$

ملاحظات :

الدرس الثاني

تطبيقات على حفظ الزخم الخطي

ملاحظات :

الطاقة الحركية والزخم الخطي في الأنظمة المعزولة

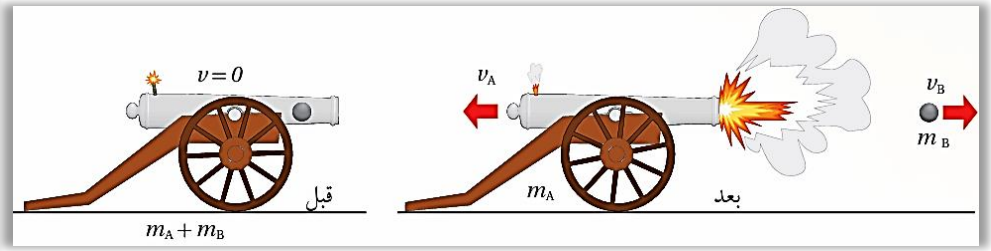
الجسم المتحرك يمتلك طاقة حركة انتقالية، تعتمد على كل من كتلةالجسم، ومقدار سرعته، و يعبر عنها بالمعادلة الآتية :

$$KE = \frac{1}{2} m\, v^2$$

في الأنظمة المعزولة يكون الزخم الخطي محفوظًا ، أما الطاقة الحركية فلا تكون محفوظة دائمًا .

انتبه :
كل جسم يمتلك زخما خطيا فإنه يمتلك طاقة حركية ، وكل جسم يمتلك طاقة حركية فإنه يمتلك زخما خطيا .

حفظ الزخم الخطي عند إطلاق قذيفة



يوضح الشكل مدفعًا ساكنًا كتلته (m_A) وبداخله قذيفة كتلتها (m_B). قبل إطلاق القذيفة يكون الزخم الخطي للنظام المكون منهما صفرًا، وكذلك الطاقة الحركية. وعند انفجار البارود تؤثر قوة الانفجار في القذيفة فتخرج من فوهة المدفع بسرعة (v_B) باتجاه اليمين، ويرتد المدفع بسرعة (v_A) باتجاه اليسار. وبما أن تفكك النظام يحدث نتيجة تأثير قوى فعل ورد فعل داخلية، ناتجة عن انفجار البارود؛ فإن الزخم الخطي يكون محفوظًا، شريطة أن تكون قوة الاحتكاك الخارجية التي يؤثر بها سطح الأرض في المدفع مهملة مقارنة بالقوى الداخلية.

بعد الانفجار، يكون الزخم الخطّي الكُلّي للنظام مساويًا للزخم الخطي الكلي قبل الانفجار؛ ويساوي صفرًا. ومع ذلك فإن طاقة الحركة للنظام ليست محفوظة. إذ

يكتسب النظام مقدارًا كبيرًا من طاقة الحركة بعد الانفجار؛ هذه الزيادة في طاقة الحركة للنظام مصدرها الطاقة الناتجة عن الانفجار نفسه.

في الأنظمة المعزولة التي يكون فيها الجسم مُتحركًا قبل الانقسام (انفصال صاروخ إلى جزأين مثلا)، يكون الزخم الخطي محفوظًا أيضًا، ويمتلك النظام طاقةً حركيةً قبل الانقسام، وبعد الانقسام يزداد مقدار هذه الطاقة عمّا كان عليه قبل الانقسام.

انتبه :
عندما ينفصل جسم ما ، فإن النظام يكتسب طاقة حركية . ويكون التغير في الطاقة الحركية موجبا .

عندما ينفصل جسم ما إلى جسمين مثلا نطبق :

أولا : حفظ الزخم الخطي :

$$\Sigma P_i = \Sigma P_f$$
$$(m_1 + m_2)v_i = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

ثانيا : التغير في الطاقة الحركية :

$$\Delta KE_{\text{نظام}} > 0$$
$$\sum KE_i < \sum KE_f$$
$$\frac{\sum KE_i}{\sum KE_f} < 1$$
$$\Delta KE_{\text{نظام}} = \frac{1}{2}m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{2f}^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_i^2$$

رائد فضاء كتلته ($80\ Kg$) يحمل جسمًا كتلته ($40\ Kg$) ، ويتحرك باتجاه محور $(+x)$ بسرعة ثابتة ($6\ m/s$) ، قذف الجسم باتجاه محور ($+x$) بسرعة ($21\ m/s$) . احسب ما يأتي :

أ. سرعة رائد الفضاء بعد قذفه للجسم.
ب. التغير في الطاقة الحركية للنظام، مفسّرًا سبب هذا التغير.

أ. $v_{Af} = -1.5\ m/s$
ب. $\Delta KE = 6750\ J$

نستنتج من الإشارة الموجبة للتغير في الطاقة الحركية أن النظام اكتسب طاقة حركية إضافية مصدرُها شغل قوة عضلات رائد الفضاء؛ وهي قوة داخلية في النظام.

ملاحظات :

جسم ساكن كتلته $10\ Kg$ انفجر إلى جزئين : كتلة الجزء الأول $4\ Kg$ وكتلة الجزء الثاني $6\ Kg$. تحرك الجزء الأول بسرعة $15\ m/s$. احسب:

- سرعة الجزء الثاني.
- الطاقة الحركية الكلية للنظام قبل وبعد الانفجار .

سرعة الجزء الثاني: $10\ m/s$ (في الاتجاه المعاكس)
الطاقة الحركية قبل: $0J$ — بعد: $750J$

جسم كتلته $8Kg$ يتحرك بسرعة $5\ m/s$ ، انفجر إلى جزئين : أحدهما كتلته $3Kg$ واتجه بسرعة $10m/s$ في نفس اتجاه الحركة الأصلية . احسب :

أ. سرعة واتجاه الجزء الآخر.
ب. التغير في الطاقة الحركية أثناء الانفجار .

- سرعة الجزء الآخر : $2\ m/s$ في نفس الاتجاه
- $\Delta KE = 60\ J$

انتبه :
عندما ينفصل جسم ساكن إلى جسمين :

- المجموع الكلي للزخم الخطي النهائي يساوي صفر .
- زخم الجسم الناتج الأول يساوي زخم الجسم الناتج الثاني ويعاكسه في الاتجاه.
- الجسم الذي تكون كتلته أقل تكون سرعته أكبر وطاقته الحركية أكبر .

لماذا يحتاج خرطوم إطفاء الحريق عادةً إلى أكثر من رجل إطفاء للإمساك به عند اندفاع الماء منه بسرعة كبيرة.

عندما يندفع الماء من الخرطوم بسرعة عالية، فإنه يحمل **زخمًا خطيًا** (كمية حركة). حسب **قانون حفظ الزخم** (أو قانون نيوتن الثالث للحركة: «لكل فعل رد فعل مساويًا له في المقدار ومضادًا له في الاتجاه»)، فإن اندفاع الماء للأمام يولّد قوة ارتدادية في الاتجاه المعاكس تؤثر على الخرطوم .

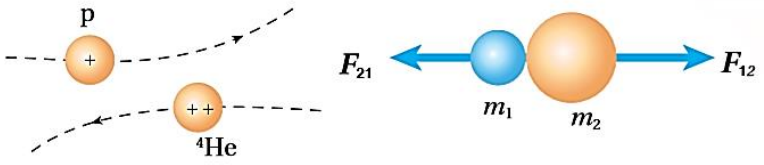
ملاحظات :

الطاقة الحركية والزخم الخطي في التصادمات

التصادم : تأثير متبادل بين جسمين أو أكثر أحدهما على الأقل متحرك ، وتؤثر خلاله الأجسام المتصادمة بعضها في بعض بقوة خلال فترة زمنية قصيرة نسبيا .

عند التصادم يكون التفاعل المتبادل بين الأجسام المتصادمة أكبر بكثير من التفاعل بين النظام والمحيط ، وعندها يمكننا اهمل أي قوى أخرى خلال فترة التصادم القصيرة . وبذلك يعد النظام معزولا ، ويكون الزخم الكلي محفوظا .

أحيانا يتضمن التصادم تلامسا للجسمين كما في الشكل (أ) ، أو عدم تلامس بينهما كما في الشكل (ب) الذي يمثل تصادم جسيمين مشحونين ، فهما يتنافرا عندما يقتربا من بعضهما دون الحاجة إلى تلامسهما .



(ب) (أ)

(أ) تصادم جسمين على المستوى الجاهري (يمكن رؤيتها بالعين المجردة) .
(ب) تصادم جسمين مشحونين على المستوى المجهري (لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة) .

اعط مثالا على تصادم دون الجاهري .

تصادم جسيم ألفا (α) مع نواة ذرة الذهب (Au) في تجربة رذرفورد الشهيرة ، حيث أن جسيم ألفا يحمل شحنة موجبة، وعند اقترابه من نواة عنصر الذهب تتولد قوة تنافر كهربائية بينهما تؤدي الى تغيير مسار جسيم ألفا دون حدوث تلامس بينهما.

أنواع التصادمات من حيث حفظ الطاقة الحركية :

- التصادم المرن : عندما لا يحدث نقص في الطاقة نتيجة للتصادم .
- التصادم غير المرن : عندما يحدث نقص في الطاقة الحركية .

← إذا التحم الجسمان معا وتحركا كجسم واحد بعد التصادم تكون حالة خاصة من التصادم غير المرن ، ويسمى تصادما عديم المرونة .

يكون الزخم الخطي محفوظا دائما في الأنظمة المعزولة ، وعند تصادم الأجسام ، أو انفصالها عن بعضها في الأنظمة المعزولة . يكون مجموع الزخم الخطّي لمكونات

ملاحظات :

النظام قبل التصادم يساوي مجموع الزخم الخطّي لهما بعد التصادم. وقد تكون الطاقة الحركية محفوظة ، وقد تكون غير محفوظة ، حسب نوع التصادم .

عدم حفظ الطاقة الحركية يعني أنّ جزءًا منها تحوّل إلى شكل أو أشكال أخرى من الطاقة، مثل الطاقة الحرارية الناتجة من تأثير قوة الاحتكاك أو الصوتية أو المرونية، وهذا يُحقّق مبدأ حفظ الطاقة العام عندما تتحول الطقة من شكل إلى آخر .

حدث تصادم في نظام مكون من جسمين فنقصت الطاقة الحركية بمقدار $200\ J$، هل هذا التصادم مرن ، فسر اجابتك .

التصادم غير مرن ، لأن الطاقة الحركية في النظام غير محفوظة .

حدث تصادم في نظام مكون من جسمين فارتفعت حرارة النظام ، هل هذا التصادم مرن ، فسر اجابتك .

التصادم غير مرن ، بسبب تحول جزء من الطاقة إلى طاقة حرارية ، مما يعني فقد النظام لجزء من طاقته الحركية .

التصادم المرن

في التصادم المرن يكون مجموع الطاقة الحركية لأجزاء النظام قبل التصادم مساويا لمجموع الطاقة الحركية بعد التصادم ، أي أن الطاقة الحركية للنظام محفوظة ، ومن أمثلة التصادمات المرنة تصادم كرات البلياردو ، وهنا نهمل خسران جزء بسيط جدا من الطاقة على شكل طاقة صوتية مثلا .

اعط مثالا على تصادم مرن :

تصادم كرات البلياردو

عند تصادم جسمين (A و B) تصادما مرنا ، فإننا نطبق عليهما معادلتي :

أولا : حفظ الزخم الخطي :

$$\Sigma P_i = \Sigma P_f$$
$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

ملاحظات :

ثانيا : التغير في الطاقة الحركية (الطاقة الحركية محفوظة) :

$$\Delta KE_{\text{نظام}} = 0$$
$$\sum KE_i = \sum KE_f$$
$$\frac{\sum KE_i}{\sum KE_f} = 1$$
$$\Delta KE_{\text{نظام}} = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2 - \left(\frac{1}{2}\ m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2\right) = 0$$

انتبه :

بتقدر تستخدم القانون : ($v_{1i} + v_{1f} = v_{2i} + v_{2f}$) بدل قانون حفظ الطاقة الحركية في التصادم المرن . في أسئلة ضع دائرة .

أثبت في التصادم المرن أن : $v_{1i} + v_{1f} = v_{2i} + v_{2f}$

تحركت كرة كتلتها 2 Kg بسرعة 9 m/s شرقا ، فتصادمت مع أخرى ساكنة كتلتها 4 Kg . فإذا كان التصادم مرنا ، وفي بعد واحد . فجد سرعة الكرتين بعد التصادم مباشرة .

$v_{1f} = -3\ m/s$
$v_{2f} = 6\ m/s$

جسم كتلته 4 Kg يتحرك لليمين بسرعة 2 m/s ، اصطدم بجسم آخر كتلته 2 Kg ، ويتحرك في اتجاه معاكس وبالسرعة نفسها ، احسب سرعة كل من الجسمين بعد التصادم مباشرة إذا كان التصادم مرنا .

$v_{1f} = -\frac{2}{3}\ m/s$
$v_{2f} = \frac{10}{3}\ m/s$

ملاحظات :

جسم سرعته 55 m/s وكتلته m_1 تصادم تصادما مرنا مع جسم آخر ساكن كتلته 5 Kg ، وبعد التصادم تحرك الجسم الأول في الاتجاه المعاكس بسرعة 20 m/s ، احسب كلا من :
كتلته الجسم الأول .
سرعة الجسم الثاني بعد التصادم مباشرة .

$m_1 = 2.35\ Kg$
$v_{2f}^2 = 35\ m/s$

كرتا بلياردو كتلة كل منهما (0.16 Kg) . تتحرك الكرة الحمراء (A) باتجاه محور X + بسرعة 2 m/s نحو الكرة الزرقاء (B) الساكنة وتتصادمان رأسا برأس تصادما مرنا ، كما في الشكل . احسب مقدار سرعة الكرة (B) بعد التصادم ، وحدد اتجاهها .

$v_{Af} = 0$
$v_{Bf} = 2\ m/s$

انتبه :
عندما يحدث تصادم مرن بين جسمين متماثلين في الكتلة ، فإن الجسمين يتبادلا السرعة بعد التصادم مقدارا واتجاها .

التصادم غير المرن

عندما يتم فقد جزء من الطاقة أثناء التصادم ، فإن هذه الطاقة تتحول إلى شكل آخر من أشكال الطاقة . وفي التصادم غير المرن يكون الزخم محفوظا كغيرها من أنواع التصادمات ، وعليه فإن :

أولا : حفظ الزخم الخطي :

$$\Sigma P_i = \Sigma P_f$$
$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

ثانيا : التغير في الطاقة الحركية (الطاقة الحركية غير محفوظة) :

$\Delta KE_{\text{نظام}} < 0$
$\sum KE_i > \sum KE_f$
$\frac{\sum KE_i}{\sum KE_f} > 1$
$\Delta KE_{\text{نظام}} = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 - \left(\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2\right) =$ قيمة سالبة

ملاحظات :

ملاحظات :

يتم فقد جزء من الطاقة الحركية أثناء التصادم غير المرن ، فتكون الطاقة الحركية لأجزاء النظام قبل التصادم أكبر من الطاقة الحركية لأجزاء النظام بعد التصادم .

من أمثلة التصادم غير المرن اصطدام كرة مطاطية بسطح صلب (مضرب) ، حيث تفقد جزءا من طاقتها الحركية عندما تتشوه الكرة في أثناء ملامستها للسطح . ويكون الزخم الخطي محفوظا .

تتحرك الكرة (A) باتجاه المحور X + بسرعة (6 m/s) ، فتصطدم رأسا برأس مع كرة أخرى (B) أمامها تتحرك باتجاه X + بسرعة مقدارها (3 m/s) . وبعد التصادم تحركت الكرة (B) بسرعة مقدارها (5 m/s) بالاتجاه نفسه قبل التصادم . إذا علمت أن ($m_A = 5\ Kg\ , m_B = 3\ Kg$) ، أجب عما يأتي :

- احسب مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم ، وحدد اتجاهها .
- حد نوع التصادم .

- $v_{Af} = 4.8\ m/s \qquad +x$
- $\Delta KE = -8.4\ J$

الفرق في الطاقة الحركة لايساوي صفرا ، لذلك فإن الطاقة الحركية غير محفوظة ، فيكون التصادم غير مرن .

جسم كتلته $5\ Kg$ يتحرك بسرعة $10\ m/s$ اصطدم بجسم ساكن كتلته $5\ Kg$. بعد التصادم، تحرك كل منهما بسرعات مختلفة. إذا كانت سرعة الجسم الثاني بعد التصادم $4m/s$ ، فما سرعة الجسم الأول بعد التصادم؟ وما نوع التصادم ؟

سرعة الجسم الأول بعد التصادم = $6\ m/s$ ، وعند حساب التغير في الطاقة الحركية نجدها قيمة سالبة ، وعليه يكون التصادم غير مرن .

في التصادم غير المرن بين جسمين:

أ) يُحفظ الزخم وتُحفظ الطاقة الحركية
ب) لا يُحفظ الزخم
ج) يُحفظ الزخم وتقل الطاقة الحركية
د) تزداد الطاقة الحركية بعد التصادم

يُحفظ الزخم وتقل الطاقة الحركية

في مما يلي لا يُحفظ في التصادم غير المرن؟

أ) الزخم الخطي
ب) الطاقة الكلية
ج) الطاقة الحركية
د) كمية الحركة الخطية الكلية

الطاقة الحركية

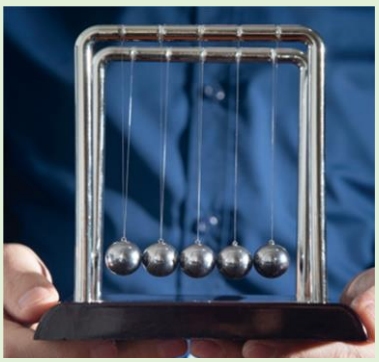
في تصادم غير مرن بين جسمين، فإن جزءًا من الطاقة الحركية:
أ) يُختزن كطاقة وضع ب) يتحول إلى طاقة ميكانيكية
ج) يتحول إلى طاقة حرارية وتشوه د) يُفنى

يتحول إلى طاقة حرارية وتشوه

تظهر في الشكل أدناه لعبة شهيرة تسمى كرات نيوتن (Newton's cardle)؛ تتكون من كرات عدّة فلزّية متماثلة متراصّة معلّقة بخيوط خفيفة. عند سحب إحدى الكُرتين الخارجيّتين نحو الخارج ثم إفلاتها؛ فإنّها تصطدم تصادمًا مرنًا بالكرة التي كانت مجاورة لها، أُلاحظ أنّ الكرة الخارجية على الجانب الآخر من اللعبة تقفز في الهواء.

أ. أُفسّر ما حدث.

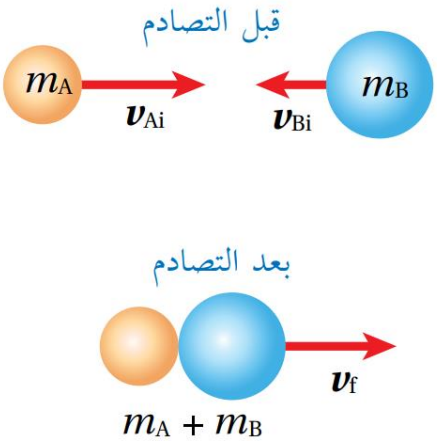
ب. أتوقع: ماذا سيحدث إذا سحبتُ كرتين من الجانب الأيسر جانبيًّا ثم أفلتّهما معًا؟



التصادم عديم المرونة

يوصف التصادم غير المرن بأنه عديم المرونة ، عندما تلتحم الأجسام المتصادمة معا بعد التصادم ، لتصبح جسما واحدا ، كتلته تساوي مجموع كتل الأجسام المتصادمة ، مثل :

- اصطدام كرتي صلصال معا .
- اصطدام سيارتين وتحركهما معا بعد التصادم .



ملاحظات :

عند تصادم جسمين (A و B) تصادما عديم المرونة ، فإننا نطبق عليهما معادلتي :

أولا : حفظ الزخم الخطي :

$$\Sigma P_i = \Sigma P_f$$
$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f$$

ثانيا : التغير في الطاقة الحركية (الطاقة الحركية غير محفوظة) :

$$\Delta KE_{\text{نظام}} < 0$$
$$\sum KE_i > \sum KE_f$$
$$\frac{\sum KE_i}{\sum KE_f} > 1$$
$$\Delta KE_{\text{نظام}} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_f^2 - \left(\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2\right) = \text{قيمة سالبة}$$

يتحرك جسم كتلته $16\ Kg$ في الاتجاه ($+X$) بسرعة $3\ m/s$ ، ويتحرك جسم آخر كتلته $4\ Kg$ في الاتجاه ($-X$) بسرعة $5\ m/s$ ، يصطدم الجسمان بشكل مباشر، ويلتحمان ، جد سرعتهما بعد الاصطدام مباشرة .

$$v_f = 1.33\ m/s\ , +x$$

سيارة كتلتها $500\ Kg$ تسير بسرعة $36\ Km/h$ باتجاه الغرب ، تصادمت رأسا برأس مع شاحنة كتلتها $1500\ Kg$ ، وتسير بسرعة $72\ Km/h$ باتجاه الشرق ، فالتحمتا معا . جد ما يأتي :

- السرعة المشتركة لهما بعد الالتحام .
- التغير في طاقة حركة كل منهما .

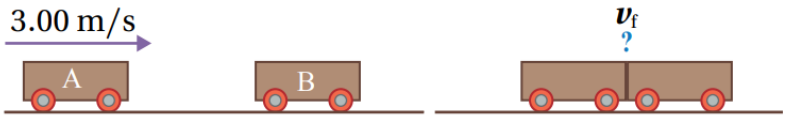
$$v_f = 12.5\ m/s \qquad +x$$
$$\Delta KE_{\text{شاحنة}} = -182812.5\ J$$
$$\Delta KE_{\text{سيارة}} = 14062.5\ J$$

عربة قطار (A) كتلتها (1.8×10^3 Kg) تتحرك في مسار أفقي مسقيم لسكة حديد بسرعة مقدارها (3 m/s) باتجاه محور $+X$ ، فتصطدم بعربة أخرى (B) كتلتها (2.2×10^3 Kg) تقف على المسار نفسه ، وتلتحمان معا وتتحركان على المسار المستقيم لسكة الحديد نفسه ، كما هو موضح بالشكل . أجب عما يأتي :

- احسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم ، وحدد اتجاهها .
- ما نوع التصادم ؟ وهل الطاقة الحركية محفوظة في هذا النوع من التصادمات ؟ فسر إجابتك .

ملاحظات :

ملاحظات :



- $v_f = 1.35\ m/s \qquad +x$
- $\Delta KE = -4455\ J$

وبما أن التغير في الطاقة الحركية سالب فإن الطاقة الحركية غير محفوظة ، والعربتان التحمتا معا بعد التصادم ، لذا فإن التصادم عديم المرونة .

عربة قطار كتلتها 2000 Kg تتحرك على قضبان مستقيمة أفقية بسرعة 2 m/s اصطدمت بها عربة أخرى كتلتها 3000 Kg تسير بالاتجاه نفسه وبسرعة 5 m/s ، وتحركتا معا كجسم واحد ، فما مقدار السرعة المشتركة بعد التصادم .

$v_f = 3.8\ m/s$

كرتان متساويتان في الكتلة ، إحداهما ساكنة ، والأخرى تتحرك نحوها بسرعة (v_o) ، فالتحمتا وتحركتا معا بسرعة (v) ، بين أن السرعة النهائية تعطى بالعلاقة ($v = \frac{1}{2} v_o$) .

$$v_f = \frac{v_o}{2}$$

كرة صلصال كتلتها (2 Kg) تتحرك شرقا بسرعة ثابتة ، وتصطدم بكرة صلصال أخرى ساكنة ، فالتحمان معا وتتحركان شرقا بسرعة تساوي ربع مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى . احسب مقدار كتلة الكرة الثانية .

$m = 6\ Kg$

عند تصادم جسمين في بُعد واحد تصادمًا عديم المرونة، ما الشرط الضروري لتُفقد الطاقة الحركية الابتدائية للنظام جميعها بعد الاصطدام؟

تتحرك عربة قطار (A) في مسار أفقي مستقيم بسرعة (2.00 m/s) شرقًا فتصطدم بعربة (B) تتحرك على المسار نفسه بسرعة (1.00 m/s) غربًا ، وتلتحمان معا . إذا علمت أن ($m_A = m_B = 5000Kg$) ، أحسب الطاقة الحركية المفقودة في التصادم.

ما الذي يميز التصادم عديم المرونة الكامل؟

أ) يحتفظ بالطاقة الحركية ب) لا يُحفظ الزخم

ج) يندمج الجسمان بعد التصادم د) يتحرك الجسمان في اتجاهين متعاكسين

يندمج الجسمان بعد التصادم

في التصادم عديم المرونة، كمية الحركة الخطية (الزخم):

أ) لا تُحفظ ب) تُحفظ دائمًا

ج) تعتمد على السرعة النهائية فقط د) تساوي صفرًا بعد التصادم

تُحفظ دائمًا

في التصادم عديم المرونة الكامل، الطاقة الحركية:

أ) تُحفظ دائمًا ب) تزداد

ج) تقل د) تتحول كليًا إلى طاقة وضع

تقل

ما نوع الطاقة الذي تزداد نسبته بعد التصادم عديم المرونة؟

أ) الطاقة الحركية ب) الطاقة الإشعاعية

ج) الطاقة الكامنة د) الطاقة الحرارية أو الصوتية أو التشوه

الطاقة الحرارية أو الصوتية أو التشوه

ملاحظات :

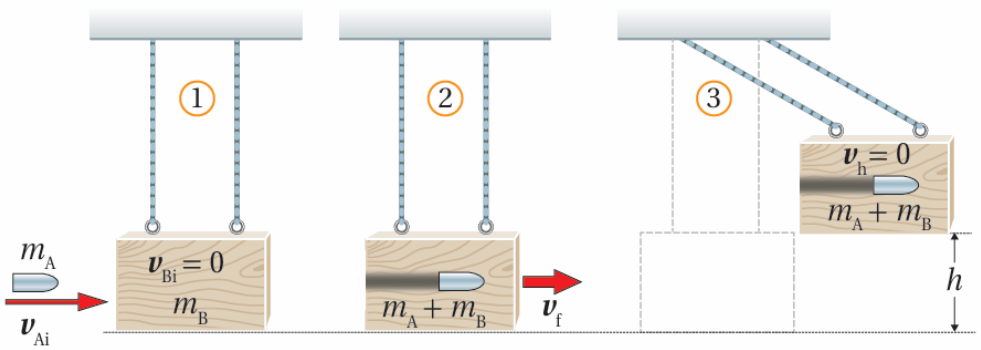
تصادم عديم المرونة يتميز بأنه:
أ) مثالي
ب) يحدث في أنظمة لا تفقد طاقة
ج) لا يوجد فيه فقدان للطاقة
د) يتم فيه أكبر فقد ممكن للطاقة الحركية

يتم فيه أكبر فقد ممكن للطاقة الحركية

تطبيق على التصادم عديم المرونة : البندول القذفيّ

يستخدم لقياس مقدار سرعه مقذوف ، مثل الرصاصه . حيث تطلق الرصاصه باتجاه كتله ساكنه كبيره معلقه راسيا بخيطين خفيفين ، فتخترق الرصاصه الكتله وتستقر داخلها . ويتحرك النظام المكون منهما كجسم واحد ويرتفع مسافه راسيه عن المستوى الاصلي .

يكون التصادم في البندول القذفي تصادما عديم المرونه . حيث يلتحم الجسم المقذوف مع الجسم الساكن ليصبحا جسما واحدا .



أثناء التصادم يكون الزخم الخطي محفوظا

بعد التصادم تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة

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

$$v_f = \sqrt{2gh}$$

ملاحظات :

أثبت القانون : $v_f = \sqrt{2gh}$

ملاحظات :

أطلق سعد سهما كتلته ($0.03\ Kg$) أفقيا باتجاه بندول قذفي كتلته ($0.72\ Kg$) ، فاصطدم به والتحما معا ، بحيث كان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له يساوي ($20\ cm$) ،. أجب عما يأتي :

- أي مراحل حركة النظام المكون من البندول والسهم يكون الزخم الخطي محفوظا ؟
- أي مراحل حركة النظام تكون فيها الطاقة الميكانيكية محفوظة ؟
- احسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم .

- يكون الزخم الخطي محفوظا في لحظة التصادم عديم المرونة بين السهم والبندول .
- تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للسهم قبل التصادم ، كما تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للبندول والسهم بدءا من حركتهما معا بعد التصادم مباشرة وحتى وصولهما إلى أقصى ارتفاع ، وذلك عند اهمال قوة الاحتكاك .
- مقدار السرعة الابتدائية للسهم $v_i = 50\ m/s$

أطلق محقق رصاصة كتلتها ($0.03\ Kg$) أفقيا باتجاه بندول قذفي كتلته ($0.97\ Kg$) ، فاصطدمت به والتحمتا معا ، فكان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له ($45\ cm$) . احسب مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة

$v_i = 100\ m/s$

اصطدمت رصاصة كتلتها $20\ g$ بقطعة خشبية معلقة كتلتها $980\ g$، فاستقرت بها ، وارتفعت المجموعة عن وضع الاتزان $10\ cm$ ، احسب سرعة الرصاصة قبل الاصطدام مباشرة .

$v_i = 70.71\ m/s$

إذا ارتفع البندول القذفي (بعد الالتحام) إلى ارتفاع $0.25\ m$ ، فما طاقته الميكانيكية عند أقصى ارتفاع؟ الكتلة الكلية = $1.2\ Kg$.

$ME = 3J$

ملاحظات :

مراجعة الدرس

السؤال (1) : الفكرة الرئيسة:
ما نوعا التصادم بحسب حفظ الطاقة الحركية؟ وما الفرق بينهما؟

النوعان:
- **تصادم مرن** :يحفظ الزخم والطاقة الحركية.
- **تصادم غير مرن** :يحفظ الزخم فقط ولا تحفظ الطاقة الحركية (جزء منها يتحول لأشكال طاقة أخرى).

السؤال (2) : أفسّر :
عندما تتصادم سيارتان فإنهما عادةً لا تلتحمان معًا، فهل يعني ذلك أنّ تصادمهما مرن؟ أوضح إجابتي.

لا، ليس بالضرورة مرن، لأن الارتداد لا يعني حفظ الطاقة الحركية، قد يكون غير مرن لكن بدون التحام.

السؤال (3) : أستنتج :
تصادم جسمين تصادمًا مرنًا، أجب عمّا يأتي:
أ. هل يتساوى الزخم الخطي لكل جسم قبل التصادم مع زخمه الخطي بعد التصادم؟ أفسّر إجابتي.
ب. هل تتساوى الطاقة الحركية لكل جسم قبل التصادم مع طاقته الحركية بعد التصادم؟ أفسّر إجابتي.

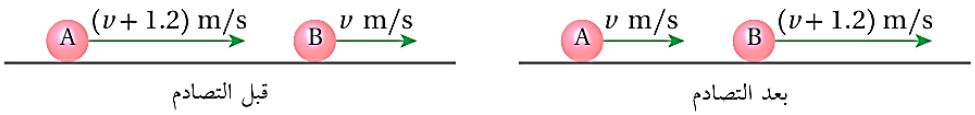
أ. نعم، الزخم الخطي لكل جسم قبل التصادم يساوي زخمه الخطي بعده (لأن الزخم محفوظ).
ب. نعم، في التصادم المرن الطاقة الحركية محفوظة لكل النظام، لكن ليس بالضرورة لكل جسم على حدة.

السؤال (4) : أستخدم الأرقام:
كرةُ صلصالٍ كتلتها (2 kg) تتحرّك شرقًا بسرعةٍ ثابتةٍ، وتصطدم بكرة صلصالٍ أُخرى ساكنة، فتلتحمان معًا وتتحرّكان شرقًا بسرعة مقدارُها رُبعَ مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى. أحسبُ كتلة الكرة الثانية.

كتلة الكرة الثانية تساوي ($2Kg$)

السؤال (5) : أستنتج :

كرتا بلياردو (A , B) لهما الكتلة نفسها وتتحركان في الاتجاه نفسه في خط مستقيم، كما هو موضح في الشكل. بمقارنة البيانات المبيّنة في الشكل، أبين إذا كان التصادم، مرنا أم غير مرن؟



التصادم مرن ، عندما يحدث تصادم بين جسمين متماثلين في الكتلة ، يتبادلا السرعة بعد التصادم مقدارا واتجاها يكون التصادم مرنا .

السؤال (6) : أُصدر حُكمًا:

تتحرّك شاحنة غربًا بسرعةٍ ثابتة؛ فتصطدم تصادمًا عديم المرونة مع سيارةٍ صغيرةٍ تتحرّك شرقًا بمقدار سرعة الشاحنة نفسه. أُجيب عمّا يأتي:

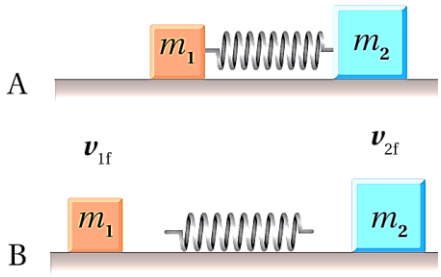
أ. أيّهما يكون التغير في مقدار زخمها الخطّي أكبر؛ الشاحنة أم السيارة؟

ب. أيّهما يكون التغيُّر في طاقتها الحركية أكبر؛ الشاحنة أم السيارة؟

أ. مقدار التغير في الزخم الخطي متساوٍ للشاحنة والسيارة (قانون نيوتن الثالث).

ب. التغير في الطاقة الحركية أكبر للشاحنة (كتلتها أكبر).

السؤال (7) : أستنتج :



وضعت اسلام نابض خفيف مضغوط بين صندوقين كتلتيهما (m_1) و (m_2) ، موضوعين على سطح افقي املس كما هو مبين في الشكل A ، لحظه افلات اسلام النابض تحرك الصندوقان باتجاهين متعاكسين كما في الشكل B ، اذا علمت ان $(m_2 = 2m_1)$ ، فاحسب :

أ. نسبة مقدار سرعة الصندوق الأول إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني لحظة انطلاق كل منهما عن النابض.

ب. نسبة الطاقة الحركية للصندوق الأول إلى طاقة الحركة للصندوق الثاني.

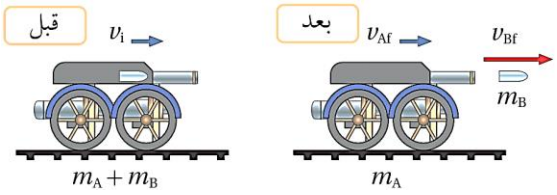
أ. $\frac{v_{1f}}{v_{2f}} = \frac{2}{1}$

ب. $\frac{KE_1}{KE_2} = \frac{2}{1}$

ملاحظات :

السؤال (8) :أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. عربة مدفع كتلتها مع القذيفة تتحرك على سكة حديد أفقية، كما في الشكل. أطلقت العربة قذيفة كتلتها $20\ kg$ بسرعة $200\ m/s$ شرقًا، فأصبحت سرعة العربة بعد الإطلاق $5\ m/s$ غربًا. إذا صلحت أن نظام العربة والقذيفة معزول، فإن مقدار سرعة النظام قبل الإطلاق مباشرة يساوي بوحدة (m/s) :



أ . (3.2) ب. (8.5) جـ. (12.8) د. (13)

2. كرتان من المعجون، الأولى كتلتها (2 kg) تتحرك بسرعة $(5\ m/s)$ باتجاه الشرق، والثانية كتلتها $(4\ kg)$ تتحرك بسرعة $(4\ m/s)$ باتجاه الغرب. بعد التصادم التحمت الكرتان معًا. ما سرعة الجسم المكوَّن بعد التصادم مباشرة بوحدة m/s :

أ . (0.4) غربًا. ب. (0.4) شرقًا. جـ. (4.4) غربًا. د. (4.4) شرقًا.

كرة(A) كتلتها$(0.8\ kg)$ تتحرك بسرعة $(5\ m/s)$ شرقًا، اصطدمت بكرة (B)كتلتها $(2.4\ kg)$ ساكنة، فإذا ارتدت الكرة(A) بعد التصادم مباشرة بسرعة $(2.5\ m/s)$غربًا، أجب عن الفقرتين :

3. سرعة الكرة (B) بعد التصادم مباشرة بوحدة m/s

أ. (2.5) شرقًا ب. (7.5) شرقًا جـ. (2.5) غربًا د. (7.5) غربًا

4. طاقة حركة الكرة (A) بعد التصادم مباشرة بوحدة جول(J) تساوي:

أ . (2.5) ب. (5) جـ. (7.5) د. (10)

عربة (A) كتلتها m تتحرك على مسار أفقي بسرعة v باتجاه $(-x)$ ، اصطدمت بعربة أخرى كتلتها$(2m)$ تتحرك على المسار نفسه بسرعة v باتجاه$(+x)$. إذا التحمت العربتان معًا بعد التصادم وتحركتا على المسار نفسه، أجب عن الفقرتين :

5. سرعة الجسم المدمج بعد التصادم بدلالة v تساوي:

أ . $\frac{1}{3}v$ باتجاه $(+x)$ ب. $\frac{1}{3}v$ باتجاه $(-x)$

جـ. v باتجاه $(+x)$ د. v باتجاه $(-x)$

6. الطاقة الحركية للنظام المكوَّن من العربتين قبل التصادم بدلالة m و v تساوي:

أ . $\frac{1}{2}mv^2$ ب. $\frac{2}{3}mv^2$ جـ. mv^2 د. $\frac{3}{2}mv^2$

ملاحظات :

الإثراء والتوسّع

تصميم السيارة والسلامة
Car Design and Safety

تصادم رأس برأس في اختبار تصادم.

عند توقف سيارةٍ بشكل مفاجئ نتيجةً لحدوث تصادم، فإن قوىً كبيرةً تؤثّر في السيارة وركّابها، وتُبدّد طاقاتهم الحركية.

يوجد في مقدّمة السيارة ونهايتها مناطق انهيار (ماصّات صدمات Crumple zones)؛ تنبعج وتتشوّه بطريقةٍ يحدث فيها امتصاص الطاقة الحركيّة للسيارة وركّابها تدريجيًّا، كما هو موضّحٌ في الصورة. حيث يتشوّه هيكل السيارة المرن المصنوع من صفائح ليّنة، ما يؤدي إلى تناقص سرعتها تدريجيًّا وامتصاص جزءٍ كبيرٍ من الطاقة الحركية للسيارة والركّاب، وهذا بدوره يزيد زمن التصادُم، ويقلّل مقدارَ القوّة المُحصّلة المؤثّرة في السيارة والركّاب، ما يقلّل احتمالية تعرّضهم لإصاباتٍ خطيرة.

أمّا أحزمةُ الأمان Seat belts؛ فتؤثّر في الركّاب بقوةٍ بعكس اتّجاه حركة السيارة، خلال مسافة مقدارها (0.5 m)، وهي تقريبًا المسافة بين راكب المقعد الأمامي والزجاج الأمامي. ففي أثناء الاصطدام، يُثبّت حزام الأمان الراكب في المقعد ويزيد زمن تغيُّر سرعته، وبما أن مقدار التغيُّر في الزخَم الخطّي للراكب ثابت (فهو يعتمد على كتلة الراكب وسرعة السيارة سواءً استخدم حزام الأمان أم لم يستخدمه)؛ فإنّ مقدار القوّة المُؤثّرة فيه يصبح أقلَّ نتيجةَ زيادة زمن توقف جسم الراكب. وفي حال عدم استخدام حزام الأمان سيرتطم الراكب بعجلة القيادة أو زجاج السيارة الأمامي، ويتوقف خلال مدّة زمنيةٍ قصيرةٍ مقارنةً بزمن التوقف عندما يستخدم حزام الأمان، ما يعني تأثير قوةٍ كبيرةٍ في جسمه لإيقافه عندما لا يستخدم الحزام.

تنتفخ الوسائد الهوائية Air bags الموجودة في بعض السيارات عند حدوث تصادم؛ وتحمي السائق والركّاب من الإصابات الخطرة، فهي مثلًا؛ تحمي السائق من الاصطدام بعجلة القيادة، وتزيد زمن تغيُّر سرعته، فيقلُّ مقدارُ القوّة المؤثّرة فيه، وتوزّع القوّة المؤثّرة فيه على مساحة أكبر من جسمه.

أما مساند الرأس Head restraints؛ فتضمن حركة رأس الراكب والسائق إلى الأمام مع الجسم، عند صدم السيارة من الخلف. وهذا يمنع كسر الجزء العلوي من العمود الفقري أو تلفَهُ. وتقلُّ احتمالية التعرض لإصابات خطرة عند وقوع حادثٍ بمقدارٍ كبيرٍ إذا استُعملت أحزمة الأمان وثُبّتت مساندُ الرأس.

تُساعد وسائل الأمان الثانوية هذه جميعُها على الحماية من الإصابات الخطرة عند وقوع الحوادث. أما عوامل السلامة الأساسية فهي التي تُسهم في منع وقوع الحوادث وتعتمد على: ثبات السيارة على الطريق، وكفاءة المكابح، وفاعلية أنظمة القيادة والتوجيه، ومقدرة السائق على التعامل مع المتغيّرات التي تحدث في أثناء القيادة، إضافةً إلى انتباه السائق.

ماذا يحدث عند توقف السيارة بشكل مفاجئ نتيجة حدوث تصادم؟

تؤثر قوى كبيرة على السيارة وركابها وتُشدّ فجأة في الحركة.

ملاحظات :

ما وظيفة مناطق الصدمات (Crumple zones) في السيارة؟

تمتص الطاقة الحركية للسيارة أثناء التصادم وتقلل مقدار القوة المؤثرة على الركاب.

كيف تساعد مناطق الصدمات على زيادة الأمان؟

من خلال زيادة زمن تأثير القوة وتقليل شدة القوة المؤثرة على الركاب.

ما وظيفة أحزمة الأمان في السيارة؟

تقلل حركة جسم الراكب للأمام أثناء الاصطدام وتزيد زمن تأثير القوة، مما يقلل من احتمالية الإصابة.

ماذا يحدث إذا لم يُستخدم حزام الأمان؟

تزداد القوة المؤثرة على جسم الراكب نتيجة قصر زمن التوقف، وقد يُقذف للأمام ليصطدم بعجلة القيادة أو الزجاج الأمامي.

كيف يعمل الوسادة الهوائية Air bag على حماية السائق والركاب؟

تنتفخ بسرعة عند حدوث التصادم، فتحمي السائق والركاب من الإصابات الخطرة بتقليل قوة الاصطدام وزيادة زمن تأثيرها على الجسم.

ما وظيفة مساند الرأس Head restraints في السيارة؟

تقلل حركة رأس الراكب للأمام والخلف، وتمنع كسور الفقرات العنقية وتقلل احتمال الإصابة بالارتداد.

ما العوامل الأخرى التي تساهم في السلامة المرورية؟

فعالية أنظمة القيادة والتوجيه.

- نوعية الإطارات وحالتها.
- قدرة السائق على التعامل مع المتغيرات.
- الانتباه أثناء القيادة.

ماذا يحدث للطاقة الحركية للسيارة عند الاصطدام؟

تتحول الطاقة الحركية إلى طاقة تشوه في السيارة (انبعاجات) وطاقة حرارية وصوتية، بينما يُمتص جزء منها بواسطة مناطق الصدمات.

ملاحظات :

لماذا تُصمم مقدمة السيارة وهيكلها من مواد قابلة للتشوه؟

لتعمل كمنطقة امتصاص للصدمات، فتقلل من سرعة تباطؤ السيارة وبالتالي تقل القوة المؤثرة على الركاب.

كيف يقلل حزام الأمان من خطر الإصابات؟

يزيد زمن توقف جسم الراكب مقارنة بزمن توقف السيارة، فيقل مقدار القوة المؤثرة على جسمه.

ماذا يحدث إذا استُخدم حزام الأمان بشكل صحيح؟

يمنع اندفاع الراكب للأمام، ويُبقيه مثبتاً في مقعده مما يقلل خطر الاصطدام بالزجاج أو عجلة القيادة.

ما أوجه التشابه بين حزام الأمان والوسادة الهوائية؟

كلاهما يزيد زمن تأثير القوة على جسم الراكب أثناء الاصطدام، مما يقلل شدة القوة ويحد من الإصابات.

لماذا يُعتبر زجاج السيارة الأمامي خطراً عند عدم استخدام حزام الأمان؟

لأن الراكب قد يندفع للأمام بسرعة ويصطدم به بقوة كبيرة، مما يؤدي إلى إصابات خطيرة.

ما فائدة الوسادة الهوائية رغم وجود حزام الأمان؟

تعمل الوسادة الهوائية على امتصاص جزء من قوة الاصطدام وتوزيعها على مساحة أكبر من جسم الراكب، فتقلل خطر الإصابة بشكل أكبر.

كيف تساعد مساند الرأس على حماية الرقبة؟

تمنع اندفاع الرأس للخلف فجأة أثناء التصادم الخلفي، وبالتالي تحمي الفقرات العنقية من الكسور أو الالتواء.

ما العلاقة بين زمن تأثير القوة والإصابة الناتجة عن التصادم؟

كلما زاد زمن تأثير القوة قلّت شدتها، وبالتالي قلت احتمالية الإصابة.

ملاحظات :

ما أهم وسائل الأمان غير الميكانيكية التي تساهم في تقليل الحوادث؟

انتباه السائق، التزامه بقوانين المرور، قدرته على التعامل مع المتغيرات المفاجئة في الطريق.

ملاحظات :

مراجعة الوحدة

1. أضعُ دائرةً حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ جملة ممّا يأتي:

1. كلّما زاد زمن تأثير قوّة (F) في جسم كتلته (m):

أ . زاد الدفع المؤثّر فيه، وزاد التغيُّر في زخَمه الخطّي. ب. زاد الدفع المؤثّر فيه، ونقصَ التغيُّر في زخَمه الخطّي.

جـ. نقصَ الدفع المؤثّر فيه، وزاد التغيُّر في زخَمه الخطّي. د . نقصَ كلّ من: الدفع المؤثّر فيه، والتغيُّر في زخَمه الخطّي.

2. توفر الوسادة الهوائية الحماية للراكب عند حدوث التصادم، حيث تعمل على تقليل مقدار القوة التي تؤثر فيه؛ وذلك عن طريق:

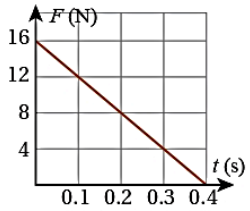
أ . إنقاص معدل تغير الزخم الخطي. ب. إنقاص التغير في الزخم الخطي.

جـ. زيادة معدل تغير الزخم الخطي. د. زيادة التغير في الزخم الخطي.

3. تتحرّك سيارة شمالًا بسرعةٍ ثابتةٍ؛ بحيث كان زخمُها الخطّي يساوي (9×10^4 N.s). إذا تحركت السيارة جنوبًا بمقدار السرعة نفسه فإن زخَمها الخطّي يساوي:

أ. 9×10^4 N.s ب. 18×10^4 N.s جـ. 0 N.s د. -9×10^4 N.s

4. جسم يلامس نابضًا مضغوطًا، عند إفلات الجسم تأثر بقوة متغيرة، كما هو ممثل بالرسم البياني المجاور. اعتمادًا على بيانات الشكل؛ فإن الدفع والقوة المتوسطة المؤثران في الجسم (على الترتيب)، هما:



أ . الدفع (0.4 N.s)، والقوة المتوسطة (4 N) .

ب. الدفع (3.2 N.s)، والقوة المتوسطة (8 N).

جـ. الدفع (4.6 N.s)، والقوة المتوسطة (4 N).

د . الدفع (12.8 N.s)، والقوة المتوسطة (8 N).

5. صندوقان (A وB) يستقران على سطح أفقيٍّ أملسٍ. أثّرت في كل منهما القوّة المُحصّلة نفسُها باتّجاه محور $+x$ للفترة الزمنية (Δt) نفسِها. إذا علمتُ أن كتلة الصُّندوق (m_A) أكبر من كتلة الصُّندوق (m_B)؛ فأيُّ العلاقات الآتية صحيحة في نهاية الفترة الزمنية؟

أ . $p_A < p_B, KE_A < KE_B$ ب. $p_A = p_B, KE_A > KE_B$

جـ. $p_A = p_B, KE_A < KE_B$ د . $p_A > p_B, KE_A > KE_B$

6. رُميَتْ كرةٌ كتلتُها m أُفقيًّا بسرعة مقدارها v نحو جدار؛ فارتدّت أُفقيًّا بمقدار السرعة نفسه. بإهمال تأثير الجاذبية فإنّ مقدار التغيُّر في الزخَم الخطّي للكرة يساوي:

أ. mv ب. $\frac{1}{2}mv$ جـ. $2mv$ د. صفرًا

7. تتحرك قذيفة كتلتها (5 kg) بسرعة أفقية (200 m/s) شرقًا، إذا انشطرت إلى جزأين؛ أحدهما كتلته (3 kg)واصل حركته بالاتجاه نفسه وبسرعة (100 m/s). فإن سرعة الجزء الثاني بوحدة (m/s) تساوي:

أ . (350) شرقًا. ب. (350) غربًا. جـ. (375) شرقًا. د. (375) غربًا.

مع تمنياتي لكم بالتوفيق والتفوق – الأستاذ محمد الخواجا - 0780539995

مراجعة الوحدة

* أُسقطت كرة كتلتها (0.2 kg) نحو الأسفل فاصطدمت بسطح الأرض بسرعة (4 m/s)، وارتدّت إلى الأعلى بسرعة (3 m/s)، معتمدًا على هذه البيانات؛ أجيب عن الفقرتين الآتيتين:

8. إن الدفع الذي تأثرت به الكرة خلال فترة تلامسها مع الأرض بوحدة (N.s) يساوي:
أ. (0.2) إلى الأسفل. ب. (0.2) إلى الأعلى. جـ. (1.4) إلى الأسفل. د. (1.4) إلى الأعلى.

9. إن التغيُّر في الطاقة الحركية للكرة بوحدة جول (J) يساوي:
أ. (-0.7) ب. (0.7) جـ. (1.6) د. (-1.6)

10. كرةُ (A) تتحرّك بسرعة (2 m/s) غربًا؛ فتصطدم بكرةٍ أُخرى ساكنةٍ (B) مماثلةٍ لها تصادُمًا مرنًا في بُعدٍ واحد. إذا توقفت الكرة (A) بعد التصادُم، فإنّ سرعة الكرة (B) بعد التصادم تساوي:
أ. 2 m/s شرقًا. ب. 2 m/s غربًا. جـ. 1 m/s شرقًا. د. 1 m/s غربًا.

11. يركض عمرُ بسرعة (4.0 m/s) شرقًا، ويقفز في عربةٍ كتلتُها (90.0 kg) تتحرّك بسرعةٍ (1.5 m/s) شرقًا. إذا علمتُ أن كتلة عمر (60.0 kg)؛ فما سرعة عمرَ والعربة معًا؟
أ. 2.0 m/s شرقًا. ب. 5.5 m/s غربًا. جـ. 4.2 m/s غربًا. د. 2.5 m/s شرقًا.

12. تقفز شذى من قاربٍ ساكنٍ على سطح الماء كتلته (300 kg) إلى الشاطئ بسرعةٍ أفقيّةٍ مقدارُها (3 m/s). إذا علمتُ أن كتلة شذى (50 kg) فما سرعة القارب؟
أ. 3 m/s نحو الشاطئ. ب. 3 m/s بعيدًا عن الشاطئ.
جـ. 0.5 m/s بعيدًا عن الشاطئ. د. 18 m/s نحو الشاطئ.

* تتحرك سيارة صغيرة كتلتها (1×10^3 kg) على طريق أفقية بسرعة (10 m/s) باتجاه الشرق، اصطدمت بشاحنة كتلتها (4×10^3 kg) تتحرك على الطريق نفسها، فالتحمتا معًا وتحركتا بسرعة (2 m/s) باتجاه الغرب. معتمدًا على هذه البيانات؛ أجيب عن الفقرات الثلاث الآتية:

13. ما سرعة الشاحنة قبل التصادم مباشرةً؟
أ. (5 m/s) شرقًا. ب. (4 m/s) شرقًا. جـ. (5 m/s) غربًا. د. (4 m/s) غربًا.

14. ما الزخم الخطّي الكُلّي للنظام المُكوّن من الشاحنة والسيارة قبل التصادم؟
أ. $(-10\times10^3$ kg.m/s$)$. ب. $(10\times10^3$ kg.m/s$)$.
جـ. $(-30\times10^4$ kg.m/s$)$. د. $(30\times10^4$ kg.m/s$)$.

15. ما التغير في الطاقة الحركية للنظام نتيجة التصادم؟
أ. $(90\times10^3$ J$)$. ب. $(-90\times10^3$ J$)$. جـ. $(40\times10^3$ J$)$. د. $(-40\times10^3$ J$)$.

2. أُفسّرُ ما يأتي:
أ . تقف نرجسُ على زلاجةٍ ساكنةٍ موضوعةٍ على أرضيّة غرفةٍ ملساء وهي تحمل حقيبتها. وعندما قذفت حقيبتها إلى الأمام تحركت هي والزلاجة معًا إلى الخلف.
ب. تُغطّى أرضيّة ساحات الألعاب عادةً بالعشب أو الرمل، حيث يكمن خطر سقوط الأطفال.

مراجعة الوحدة

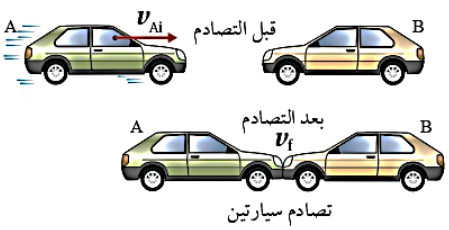
3. يقف صيّاد على سطح قاربٍ صيدٍ ساكنٍ على سطح الماء، ثم يتحرك من نهاية القارب نحو مقدمته. أُجيب عمّا يأتي:
أ . **أُفسّر:** هل يتحرك القارب أم لا؟ أُفسّر إجابتي.
ب. **أُقارن** بين مجموع الزخَم الخطّي للقارب والصيّاد قبل بدء حركة الصيّاد وبعد حركته.

4. **أقارن:** جسمان (A و B) لهما الطاقة الحركية نفسها، هل يكون لهما مقدار الزخَم الخطّي نفسه؟ أفسّر إجابتي.

5. **أُصدرُ حُكمًا:** في أثناء دراسة غيثٍ لهذا الدرس، قال: «إنَّ وسائل الحماية في السيارات قديمًا أفضل منها في السيارات الحالية؛ إذ إنّ هياكل السيارات الحديثة مرنةٌ تتشوّه بسهولة عند تعرّض السيارة لحادث، على عكس هياكل السيارات القديمة الصلبة». أناقشُ صحّةَ قولِ غيث.

6. **أستخدم الأرقام:** تتحرّك سيارةٌ كتلتها (1.35×10^3 kg) بسرعة (15 m/s) شرقًا، فتصطدم بجدارٍ وتتوقف تمامًا خلال فترة زمنيّةٍ (0.115 s)، **فأحسبُ** ما يأتي:
أ . التغيُّر في الزخَم الخطّي للسيارة.
ب. القوّة المتوسطة التي يؤثر بها الجدار في السيارة.

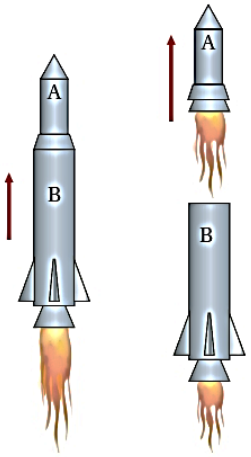
7. **أستخدم الأرقام:** السيارة (A) كتلتها (1.1×10^3 kg) تتحرّك بسرعة (6.4 m/s) باتّجاه محور $+x$، فتصطدم رأسًا برأس بسيارةٍ ساكنةٍ (B) كتلتها (1.2×10^3 kg)؛ وتلتحم السيارتان معًا بعد التصادُم وتتحرّكان على المسار المستقيم نفسه قبل التصادُم، كما هو موضح في الشكل المجاور. أحسبُ ما يأتي:



تصادم سيارتين

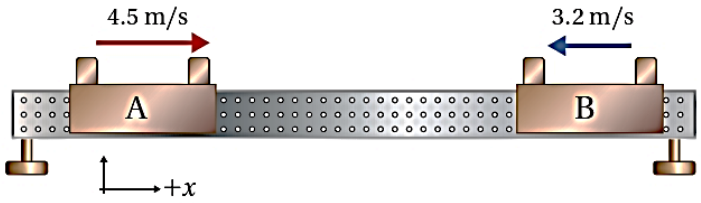
أ . سرعة السيارتين بعد التصادُم.
ب. الدفع الذي تؤثّر به السيارة (B) في السيارة (A).

8. **أستخدم الأرقام:** أثّرت قوّة محصلة مقدارها (1×10^3 N) في جسم ساكن كتلته (10 kg) وحرّكته باتّجاهها مدّة زمنيةً (0.01 s). أحسبُ مقدار ما يأتي:
أ . التغيُّر في الزخَم الخطّي للجسم.
ب. السرعة النهائية للجسم.



9. **أستخدم الأرقام:** صاروخ فضائي كتلته (3600 kg)، في المرحلة الأولى من حركته انطلق إلى الأعلى بسرعة (4900 km/s)، ثم بدأت المرحلة الثانية لحركته بانفجار صغير فصل الصاروخ إلى جزأين (A, B)؛ العلوي (A) كتلته (1200 kg)، واصل حركته إلى الأعلى بسرعة (5700 km/s). بافتراض أن النظام معزول؛ أجد ما يأتي:
أ . سرعة الجزء السفلي (B) من الصاروخ بعد الانفصال مباشرةً.
ب. التغير في الطاقة الحركية للنظام، مفسرًا مصدر هذا التغيُّر.

مراجعة الوحدة



10. أستنتج: عربتان (A و B)، تنزلقان باتّجاهين متعاكسين على مسار أُفقي مستقيم أملس كما هو موضح في الشكل، فتصطدمان رأسًا برأس وترتدان باتّجاهين متعاكسين على المسار المستقيم نفسه. إذا علمتُ أنّ كتلة العربة A تساوي (0.28 kg)، وسرعة العربتين بعد التصادُم مباشرةً: ($v_{Af} = -1.9$ m/s) و ($v_{Bf} = 3.7$ m/s)، فأُجيب عمّا يأتي:

أ . أحسبُ كتلة العربة (B).

ب. أستخدم القانون الثالث لنيوتن في الحركة لتوضيح سبب أن يكون الزخَم الخطّي محفوظًا في هذا التصادُم.

جـ. أوضح هل التصادُم مرنٌ أم غير مرن؟

11. أستخدم الأرقام: أطلقت مريمُ سهمًا كتلته (0.20 kg) أُفقيًّا بسرعة (15 m/s) باتّجاه الغرب نحو هدف ساكن كتلته (5.8 kg)، فاصطدم به واستقرّ فيه وتحرّكا كجسم واحد نحو الغرب. أحسبُ ما يأتي:

أ . سرعة النظام (السهم والهدف) بعد التصادُم.

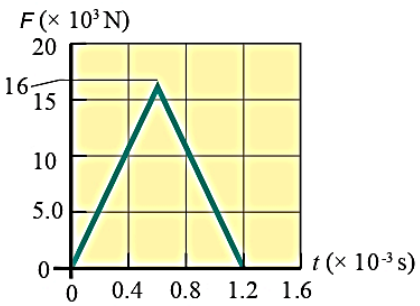
ب. التغيُّر في الطاقة الحركية للنظام.

12. أستخدم الأرقام: تتحرك كرة زجاجية كتلتها (1.0 kg) باتّجاه الغرب بسرعة (0.5 m/s)، فتصطدم رأسًا برأس بكرة زجاجية أخرى كتلتها (2.0 kg) تتحرك بسرعة (0.4 m/s) شرقًا. بعد التصادُم ارتدّت الكرة الأولى شرقًا بسرعة (0.7 m/s). أُجيب عمّا يأتي:

أ . أحسبُ سرعة الكرة الثانية بعد التصادُم.

ب. أُحدّد نوع التصادُم.

13. أستنتج: يوضح الشكل المجاور منحنى (القوّة – الزمن) للقوة المُحصّلة المؤثّرة في كرة بيسبول كتلتها (145 g) في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. مستعينا بالمنحنى أحسب مايأتي، بإهمال وزن الكرة:



أ. الدفع المؤثّر في الكرة نتيجة تلامسها مع المضرب.

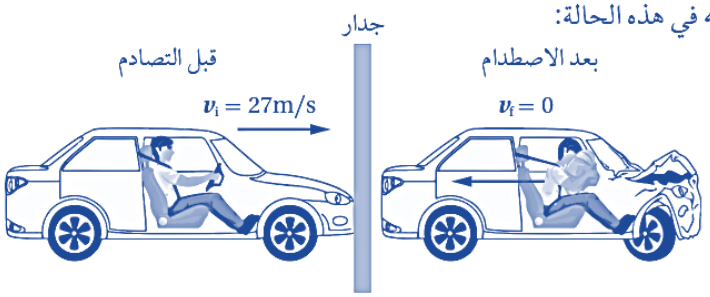
ب. السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوّة المُحصّلة فيها، باعتبارها ساكنة لحظة بدء تأثير القوّة المُحصّلة.

جـ. القوّة المتوسطة المؤثّرة في الكرة أثناء زمن تلامسها مع المضرب.

أسئلة تفكير

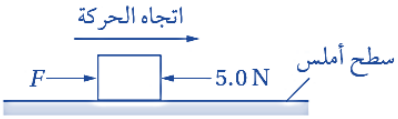
1. أضعُ دائرةً حول رمز الإجابة الصحيحة لكُلّ جملة ممّا يأتي:

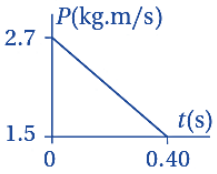
1. يُبيّن الشكل سيّارة تتحرّك بسرعة (27 m/s) فتصطدم بجدار وتتوقّف. تعمل الوسادة الهوائية وحزام الأمان على إبطاء سرعة السائق تدريجيًّا؛ بحيث يستغرق زمنًا مقداره (2.5 s) ليتوقّف عن الحركة، فتكون القوّة المؤثّرة في جسمه (F). ودون استخدام حزام الأمان والوسادة، يصبح زمن توقّف السائق عن الحركة (0.2 s)، فتكون القوّة المؤثّرة في جسمه في هذه الحالة:



أ. $54\ F$ ب. $12.5\ F$ جـ. $27\ F$ د. $2.5\ F$

2. يتحرك صندوق على سطح أفقي أملس باتجاه اليمين، وفي أثناء حركته أثرت فيه قوتان ثابتتان إحداهما (F) والقوة الثانية (5.0 N)، كما هو مبين في الشكل. الرسم البياني يبين التغير في الزخم الخطي للصندوق مع الزمن. ما مقدار القوة (F)؟





أ. 2.0 N ب. 3.0 N جـ. 5.0 N د. 8.0 N

3. مدفع بداخلة كرة كتلتها (m)، المدفع مثبت على عربة تتحرك بسرعة ابتدائية (v) باتجاه محور ($+x$)، كما يبين الشكل المجاور، كتلة المدفع والكرة والعربة (M). عندما تنطلق الكرة من المدفع بسرعة (v_B)؛ فإن سرعة المدفع والعربة بعد الإطلاق مباشرة:

أ. $\dfrac{Mv - mv_B}{M - m}$ ب. $\dfrac{Mv + mv_B}{M - m}$

جـ. $\dfrac{Mv + mv_B}{M}$ د. $\dfrac{-Mv - mv_B}{M + m}$

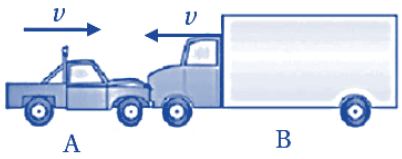
4. كرتان متساويتان في الكتلة تتحركان باتجاهين متعاكسين بمقدار السرعة نفسه، كما يبين الشكل. تصادمتا تصادمًا مرنًا، مجموع الطاقة الحركية للنظام المكون من الكرتين بعد التصادم يساوي:

أ. 0 ب. $\dfrac{1}{2}mv^2$ جـ. mv^2 د. $2\ mv^2$

5. يتحرك جسم (A) على سطح أفقي عديم الاحتكاك بسرعة (v_1)، اصطدم بجسم ساكن (B) مساوٍ له في الكتلة. بعد التصادم التحم الجسمان معًا وتحركا بسرعة (v_2). إن النسبة بين السرعتين ($\frac{v_1}{v_2}$) تساوي:

أ. $\frac{1}{2}$ ب. $\frac{2}{1}$ جـ. $\frac{1}{4}$ د. $\frac{4}{1}$

6. سيارة (A) وشاحنة (B) تتحركان بالسرعة نفسها باتجاهين متعاكسين،كما يبين الشكل. تصادمتا تصادمًا عديم المرونة. أي من العبارات الآتية تصف **مقدار** التغير في السرعة (Δv) **ومقدار** التغير في الزخم (ΔP) لكل منهما:



أ. $\Delta v_A > \Delta v_B \ , \Delta P_A > \Delta P_B$

ب. $\Delta v_A = \Delta v_B \ , \Delta P_A = \Delta P_B$

جـ. $\Delta v_A > \Delta v_B \ , \Delta P_A = \Delta P_B$

د. $\Delta v_A < \Delta v_B \ , \Delta P_A < \Delta P_B$

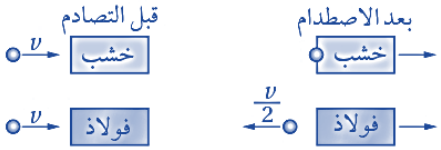
7. مقذوفة ألعاب نارية ساكنة لحظيا على ارتفاع معين انفجرت إلى قسمين (A) و (B)، حيث ($m_A = m, m_B = 2m$)، تحركا أفقيًّا باتجاهين متعاكسين، كما يبين الشكل. إذا كانت الطاقة الحركية الكلية التي انتقلت إليهما (E)، فإن مقدار سرعة القسم (A) بعد الانفجار مباشرة:

أ. $\sqrt{\frac{E}{m}}$ ب. $\sqrt{\frac{2E}{m}}$

جـ. $\sqrt{\frac{2E}{3m}}$ د. $\sqrt{\frac{4E}{3m}}$

8. قالبان متساويان في الكتلة ساكنان على سطح أفقي أملس؛ الأول خشبي والثاني فولاذي. أُطلقت كرتان فولاذيتان متماثلتان بسرعة أفقية (v) كما في الشكل؛ كرة نحو كلّ قالب. انغرست الكرة الفولاذية الأولى في القالب الخشبي وتحركا معًا بعد التصادم. والكرة الثانية ارتدت عن القالب الفولاذي للخلف بسرعة ($\frac{v}{2}$).

أي الجمل الآتية تصف ما يحدث للقالبين بعد التصادمين مباشرة؟



(الشكل غير مرسوم بمقياس رسم)

أ. يتحرك القالبان بالسرعة نفسها.

ب. يتحرك القالب الفولاذي بسرعة أكبر من القالب الخشبي.

جـ. يتحرك القالب الخشبي بسرعة أكبر من القالب الفولاذي.

د. يجب معرفة كتل كل من الكرة والقالبين؛ لنقرر أي القالبين أسرع.

* يبين الشكل سيارتين كتلتيهما ($m_A = m, m_B = 2m$) تتحركان باتجاهين متعاكستين، سرعة السيارة (A) تساوي (v)، تصادمتا رأسًا برأس تصادمًا عديم المرونة وتوقفتا عن الحركة. مستعينًا بالشكل؛ أجيب عن الفقرتين (9، 10):

9. مقدار سرعة السيارة (B) قبل التصادم مباشرة تساوي:

أ. $2v$ ب. v جـ. $\frac{v}{2}$ د. $\frac{v}{4}$

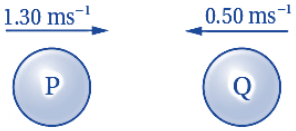
10. طاقة الحركة المفقودة في التصادم تساوي:

أ. $\frac{3}{4}mv^2$ ب. $\frac{1}{2}mv^2$ جـ. $\frac{1}{4}mv^2$ د. 0

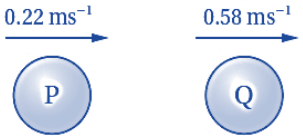
11. أُطلقت رصاصة كتلتها (5.0 g) رأسيًا للأعلى بسرعة (200 m/s)، باتجاه قالب من الطين في حالة سكون، كتلته (95.0 g)، كما هو مبين في الشكل. اصطدمت الرصاصة بقالب الطين وانغرزت فيه، ثم تحركا معًا بسرعة واحدة للأعلى. ما أقصى إزاحة رأسية لقالب الطين بالنسبة إلى موقعه الابتدائي؟ ($g = 9.8 m/s^2$)

أ. 5.1 m ب. 5.6 m جـ. 10 m د. 100 m

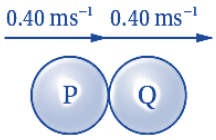
12. كرتان متساويتا الكتلة (P,Q) تتحركان في خط مستقيم نحو بعضهما بعضًا، كما في الشكل المجاور، اصطدمتا معًا رأسًا برأس تصادمًا مرنًا. أي من الأشكال الآتية يوضح الكرتين بشكل صحيح بعد التصادم؟



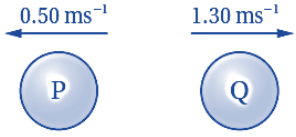
أ.



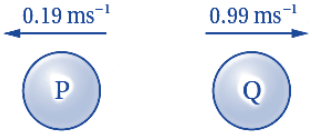
ب.



جـ.



د.



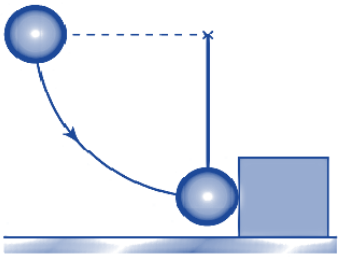
2. **أستنتج**: عند تحرُّك سيارةٍ في مسارٍ دائريٍّ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا؛ هل يتغيّر زخَمها الخطّي؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

.....

3. **أستخدم الأرقام**: كرة فولاذية كتلتها (0.500 kg) مربوطة بخيط طوله (80.0 cm)، أُزيحت الكرة إلى اليسار كما في الشكل ثم أُطلقت من السكون، نحو قالب فولاذي ساكن كتلته (2.50 kg)، موضوع على سطح أفقي أملس؛ فتحرك القالب بسرعة (1.20 m/s). مفترضًا تسارع السقوط الحر ($g = 10\ \text{m/s}^2$)، أجيب عن الأسئلة الآتية:



أ. **أستخدم الأرقام**: أحسب سرعة الكرة قبل التصادم مباشرة، وسرعتها بعد التصادم مباشرة.

ب. **أستنتج**: هل التصادم مرن أم غير مرن؟ أوضح إجابتي حسابيًّا.

ملخص القوانين

الزخم الخطي (P)	$P = m\,v$ $KE = \frac{1}{2} P\,v$ $P = \sqrt{2\,m\,KE}$	
الدفع (I)	$\Delta P = P_f - P_i$ $\Delta P = m\,\Delta v$ $\Delta P = \sum F\,.\,\Delta t$ $\Delta P = area\,(F, t)$	$I = \Delta P$
حفظ الزخم الخطي	الزخم الخطي محفوظ $\Sigma P_i = \Sigma P_f$ $(m_1 + m_2)v_i = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$	انشطار
	الطاقة الحركية غير محوظة (يكتسب النظام طاقة حركية) $\Delta KE_{\text{نظام}} > 0$ $\sum KE_i < \sum KE_f$ $\frac{\sum KE_i}{\sum KE_f} < 1$ $\Delta KE_{\text{نظام}} = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_i^2$	انشطار
	الزخم الخطي محفوظ $\Sigma P_i = \Sigma P_f$ $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$	تصادم مرن
	الطاقة الحركية محوظة $\Delta KE_{\text{نظام}} = 0$ $\sum KE_i = \sum KE_f$ $\frac{\sum KE_i}{\sum KE_f} = 1$ $\Delta KE_{\text{نظام}} = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 - \left(\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2\right) = 0$	تصادم مرن
	الزخم الخطي محفوظ $\Sigma P_i = \Sigma P_f$ $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$	تصادم غير مرن

ملاحظات :

الطاقة الحركية غير محوظة (يفقد النظام جزءا من طاقته الحركية) $\Delta KE_{\text{نظام}} < 0$ $\sum KE_i > \sum KE_f$ $\frac{\sum KE_i}{\sum KE_f} < 1$ $\Delta KE_{\text{نظام}} = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2 - \left(\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2\right) < 0$			
الزخم الخطي محفوظ $\Sigma P_i = \Sigma P_f$ $m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$	عديم مرونة		
الطاقة الحركية غير محوظة (يفقد النظام جزءا من طاقته الحركية) $\Delta KE_{\text{نظام}} < 0$ $\sum KE_i > \sum KE_f$ $\frac{\sum KE_i}{\sum KE_f} > 1$ $\Delta KE_{\text{نظام}} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_f^2 - \left(\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2\right) < 0$			

ملاحظات :

ملاحظات :