الوحدة 1

الزخم الخطّي والتصادُمات

Linear Momentum and Collisions

أتأمّل الصورة

إطلاقُ مكّوكٍ فضائيّ

يظهرُ في الصورة إطلاق مكّوكٍ فضائيّ، حيث تندفع الغازات الناتجة من الاحتراق من الصاروخ إلى أسفل؛ بينما يندفع المكّوك الفضائي والصاروخ إلى أعلى بتسارع.

علامَ يعتمدُ عمل الصاروخ؟ وما الكمّيات الفيزيائيّةُ التي يلزم معرفتُها لوصف حركة الصاروخ والمكّوك الفضائي؟

الزخم الخطي والدفع
Linear Momentum and Impulse

الدرس الأول: الزخم الخطي والدفع

الفكرة الرئيسية :

ترتبط مفاهيم الدفع والقوة والتغير في الزخم الخطي بعلاقات رياضية. ولحفظ الزخم الخطي أهمية كبيرة في حياتنا اليومية.

نتاجات التعلم :

- أعرف الزخم الخطي (كمية التحرك) لجسم.
- أعبر عن القانون الثاني لنيوتن بدلالة معدل التغير في الزخم الخطي لجسم.
- أعرف الدفع بدلالة القوة والزمن.
- أحسبُ الدفع الذي تؤثر به قوةٌ ثابتةٌ أو متغيرة في جسم.
- أستنتج العلاقة بين الدفع الكلي المؤثر في جسم والتغير في زخمه الخطي.
- استقصي قانون حفظ الزخم الخطي عند تصادم الأجسام بفعل قوى داخلية.
- أطبق بحل مسائل على الزخم الخطي وحفظه.

المفاهيم والمصطلحات:

الزخم الخطي Linear Momentum

الدفع Impulse

مبرهنة (الزخم الخطي - الدفع)

Impulse - Momentum Theorem

قانون حفظ الزخم الخطي

Law of Conservation of Linear Momentum

الدرس الثاني: تطبيقات على حفظ الزخم الخطي

الفكرة الرئيسية :

للتصادمات نوعان رئيسان، وتساعد معرفتهما في تصميم الأجهزة والأدوات المتعددة التي يعتمد مبدأ عملها على هذه التصادمات أو الحماية منها.

نتاجات التعلم :

- أصنف التصادمات إلى مرنة وغير مرنة وفقا للتغيرات التي تطرأ على الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة.
- أفسر التغير في الطاقة الحركية في أثناء التصادم في ضوء انتقال الطاقة وتحولاتها ومبدأ حفظ الطاقة.
- أفسر مبدأ عمل تطبيقات عملية تقلل من الأضرار الناتجة عن تصادم جسمين.
- أطبق بحل مسائل على التصادمات.

المفاهيم والمصطلحات :

تصادم مرن

Elastic Collision

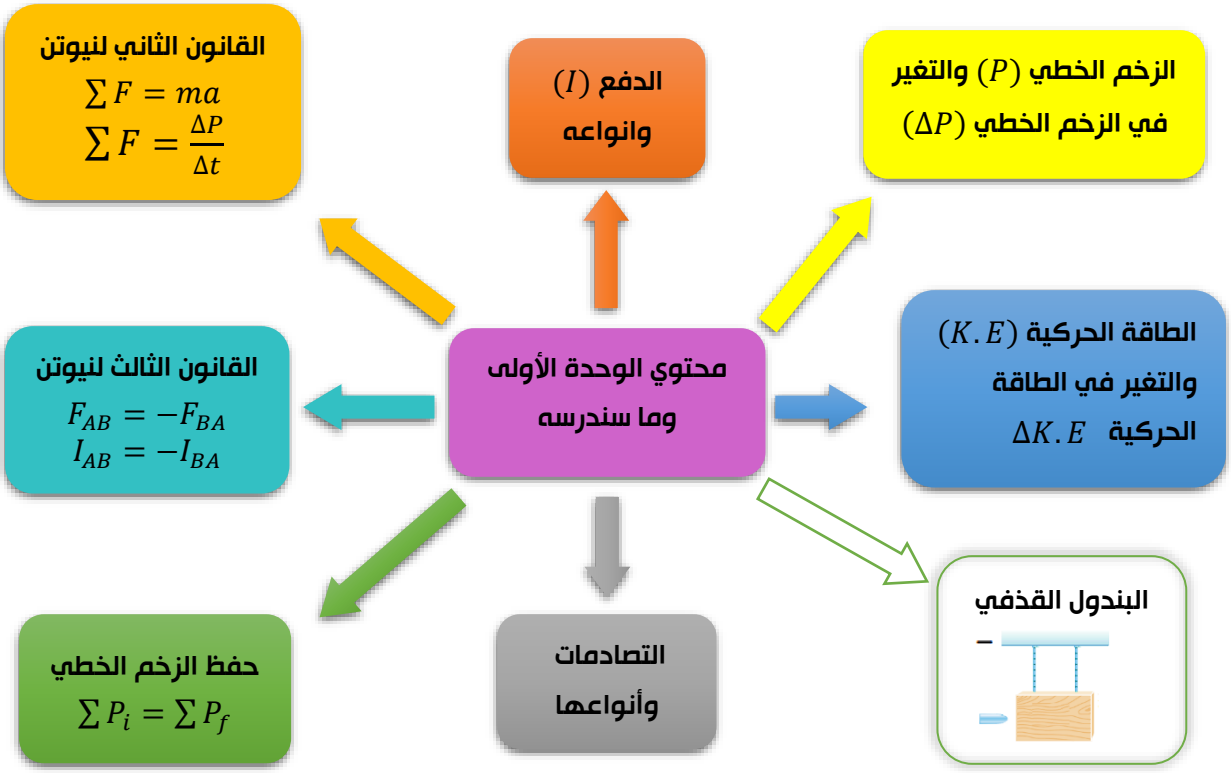
تصادم غير مرن

Inelastic Collision

الفكرة العامة

لمفهوم الزخم الخطي، وحفظه والتصادمات وأنواعها، تأثيرات وتطبيقات مختلفة في كثير من الظواهر اليومية، ويعتمد عليها مبدأ عمل كثير من الأجهزة والآلات المهمة في حياتنا.

الوحدة الأولى: الزخم الخطي والتصادمات



قبل ان نبدأ عليك ان تعلم

أي جسم له كتلة ويتحرك بسرعة محددة فإنه يمتلك زخماً وله طاقة حركية

الدرس الأول: الزخم الخطي والدفع

الزخم الخطي (Linear Momentum)

- رمزه (P)
- كمية متجهة (اتجاهه بنفس اتجاه السرعة المتجهة للجسم)
- يقاس بوحدة $(Kg.m/s)$ حسب النظام العالمي للوحدات
- الزخم الخطي:
  - هو كمية التحرك
  - هو مدى التأثير أو مدي التكسير
  - هو مدى قدرتنا على إيقاف الجسم المتحرك
  - هو حاصل ضرب كتلة الجسم في (m) في سرعته المتجهه $(\bar{V})$ ومن هنا

$$P = mV$$

ملاحظة

الزخم له نوعان:

- الزخم الخطي (P)
- الزخم الزاوي (L)

سؤال

اذكر العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي للجسم

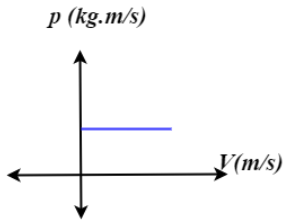
1. كتلة الجسم (m) (تتناسب طردياً)
2. سرعة الجسم (V) (تتناسب طردياً)

★ هنا سنتعامل مع اجسام ذات كتلة ثابتة

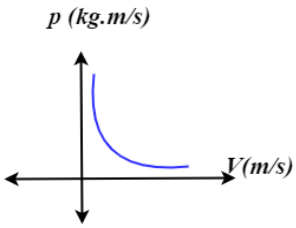
سؤال

الرسم البياني الذي يمثل العلاقة بين الزخم الخطي والسرعة عند ثبات الكتلة

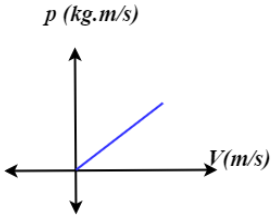
أ-



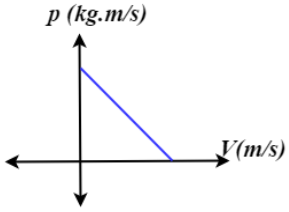
ب-



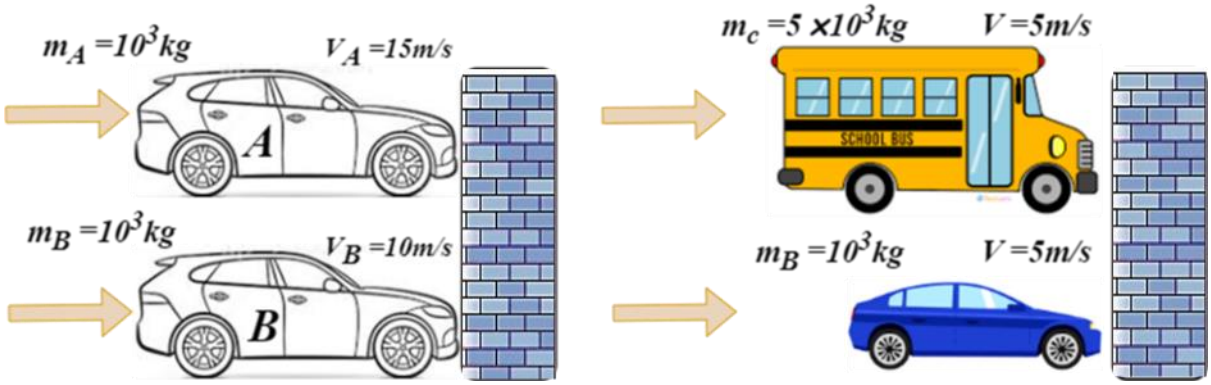
حـ-



ء-



بعض المشاهدات الحياتية على الزخم الخطي



نلاحظ

نلاحظ

الطاقة الحركية (Kinetic Energy)

- رمزها $(K.E)$
- تقاس بوحدة (J)
- كمية قياسية (بدون اتجاه)
- هي الطاقة التي يمتلكها الجسم المتحرك
- يمكن حسابها من العلاقة ⇦ $K.E = \frac{1}{2} mV^2$

سؤال

جسم كتلته $(6\ kg)$ يتحرك شرقاً بسرعة ثابتة مقدارها $(4\ m/s)$ احسب :

1. الزخم الخطي للجسم
2. طاقته الحركية

تمرين

جسم كتلته $(5\ kg)$ يتحرك شرقاً بسرعة ثابتة ويمتلك زخم خطي مقداره $(30\ kg.m/s)$ احسب :

1.سرعة الجسم .

2.طاقته الحركية

تمرين

جسم يتحرك غربا بسرعة ثابتة مقدارها $(8m/s)$ اذا علمت ان طاقته الحركية $(160J)$ احسب :

1.كتلة الجسم .

2. زخمه الخطي .

تمرين

دراجة هوائية كتلتها $(150\ kg)$ تتحرك بسرعة ثابتة وتمتلك زخماً خطياً مقداره $(600\ kg.m/s)$ فان سرعتها

أ- $450\ m/s$ ب- $-450\ m/s$ حـ- $-4\ m/s$ ء- $4\ m/s$

تمرين

سيارة كتلتها $(1500\ kg)$ تتحرك غربا بسرعة ثابتة وتمتلك طاقة حركية مقدارها $(3000J)$ فان سرعتها:

هـ- $2\ m/s$ و- $-2\ m/s$ سـ- $-4\ m/s$ ع- $4\ m/s$

التغير في الزخم الخطي

$$\Delta P = P_f - P_i$$
$$\Delta P = mV_f - mV_i$$
$$\Delta P = m(V_f - V_i)$$
$$\Delta P = m\Delta V$$

س/ متى يتغير الزخم الخطي للجسم؟

عندما تتغير سرعته وذلك من خلال تأثير قوة محصلة على الجسم

التغير في الطاقة الحركية

$$\Delta K.E = KE_f - KE_i$$
$$\Delta K.E = \frac{1}{2}\, mV_f^2 - \frac{1}{2}\, mV_i^2$$
$$\Delta K.E = \frac{1}{2}\, m(V_f^2 - V_i^2)$$

س/ متى تتغير الطاقة الحركية؟

عندما تتغير سرعته وذلك من خلال تأثير قوة محصلة على الجسم

سؤال

سيارة كتلتها $(2 \times 10^3\ kg)$ تتحرك غرباً بسرعة $(8\ m/s)$ ضغط السائق على دواسة الوقود فأصبحت سرعتها $(10\ m/s)$. احسب

أ- التغير في الزخم الخطي

ب- الزخم الخطي النهائي

حـ- التغير في الطاقة الحركية.

سؤال

جسم يتحرك شرقا ويمتلك زخم خطي مقداره $(22kg.m/s)$ اثرت عليه قوة محصلة فاصبح زخمه الخطي $(36kg.m/s)$ بعد مرور دقيقة احسب التغير في زخمه الخطي .

تمرين

سميرة كتلتها $(40\ kg)$ تركض بسرعة مقدارها $(0.8\ m/s)$ إذا اصبحت سرعتها $(0.6\ m/s)$ بعد مرور $(200\ s)$. فأحسب:

أ- زخمها الخطي النهائي

ب- التغير في زخمها الخطي

حـ- التغير في طاقتها الحركية

ء- طاقتها الحركية النهائية

الدفع $(Impulse)$

- رمزه (I)
- يقاس بوحدة $(N.s)$ أو $(kg.m/s)$
- كمية متجهة (اتجاهها نفس اتجاه (ΔP) و $\bar{F}$ و a
- الدفع
  - هو وصف للتغير في الزخم الخطي للجسم $I = \Delta P$
  - هو ناتج ضرب القوة المحصلة المؤثرة في الجسم في زمن تأثيرها

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

مبرهنة الزخم الخطي إلى الدفع $(Impulse - momentum\ theorem)$

- تنص على ان (دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي)
- القانون: $I = \Delta P$

- تكلمنا وتعلمنا عند تغير سرعة الجسم فإن زخمه الخطي وطاقته الحركية تتغير وهذا يحدث عندما تؤثر قوة محصلة على الجسم
- أيضاً عند تغير سرعة الجسم فإن تسارعه (a) يتغير ومن هنا جاء القانون الثاني لنيوتن

القانون الثاني لنيوتن

بدلالة التسارع

- القانون $\sum F = ma$
- نص القانون:

(يتناسب تسارع الجسم طردياً مع القوة المحصلة المؤثرة فيه)

بدلالة الزخم الخطي

- القانون $\sum F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$
- نص القانون:

(المعدل الزمني لتغير الزخم الخطي لجسم يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه)

- يكون متجه التغير في الزخم الخطي باتجاه القوة المحصلة دائما.
- مقدار القوة المحصلة اللازم التأثير بها في جسم لتغيير زخمه الخطي تزداد بزيادة مقدار هذا التغير.

☒ للمعرفة والمطالعة الذاتية

$$\sum F = \frac{dP}{dt}$$

☒ عند تغير السرعة مع ثبات الكتلة

$$\sum F = \frac{d(mV)}{dt}$$

$$\sum F = m\frac{dV}{dt}$$

$$\sum F = ma$$

سؤال

جسم كتلته $(30\ kg)$ يتحرك بسرعة $(2\ m/s)$ إذا أصبحت سرعته $(6\ m/s)$ خلال $(20\ s)$ فاحسب القوة المحصلة المؤثرة فيه

سؤال

جسم كتلته $(20\ kg)$ يتحرك بسرعة $(4\ m/s)$ أثرت عليه قوة محصلة فأصبحت سرعته $(10\ m/s)$ بعد مرور $(20\ s)$ احسب :

أ- الزخم الخطي النهائي

ب- التغير في الزخم الخطي

حـ- القوة المحصلة المؤثرة في الجسم

ء- طاقته الحركية الابتدائية

هـ- التغير في طاقته الحركية

و- دفع القوة المحصلة المؤثرة فيه خلال تلك الفترة

سؤال

جسم كتلته $(10\ kg)$ يتحرك بسرعة $(2\ m/s)$ نحو الشرق اثرت عليه قوة محصلة فتوقف بعد مرور دقيقة. احسب

س- الزخم الخطي الابتدائي

ع- التغير في الزخم الخطي

ط- دفع القوة المؤثرة فيه

∴- طاقته الحركية النهائية

ك- التغير في طاقته الحركية

ل- القوة المحصلة المؤثرة فيه خلال تلك الفترة

سؤال

أعرف القوة المحصلة المؤثرة في جسم باستخدام القانون الثاني لنيوتن

سؤال

ما العلاقة بين قوة محصلة مؤثرة في جسم والتغير في زخمه الخطي

سؤال

اثبت ان $(kg.m/s)$ تكافئ $(N.s)$

توضيح مهم جداً جداً

① عند ثبات القوة المحصلة المؤثرة في جسم، يزداد التغير في الزخم الخطي بزيادة زمن تأثير هذه القوة

أي ان $\Delta P \propto \Delta t$ تتناسب طردياً

مثل:

أ- دفع عربة تسوق بقوة ثابتة يزداد التغير في زخمها الخطي بزيادة زمن تأثير القوة

ب- عند ركل لاعب كرة قدم يزداد التغير في زخمها الخطي بزيادة زمن تلامسها مع قدمه

---

② عند ثبات مقدار التغير في الزخم الخطي، فإن مقدار القوة المحصلة المؤثرة يقل بزيادة زمن التأثير.

أي ان $\sum F \propto \frac{1}{\Delta t}$ تتناسب عكسياً

مثل:

أ- يثني المظلي رجليه لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض

ب- الوسادة الهوائية في السيارات وأحزمة الأمان

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

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

الربط مع التكنولوجيا

تنتفخ الوسادة الهوائية في أثناء حدوث تصادم لسيارة، إذ تحفز القوة الناتجة عن التصادم مجساً محدداً، يُطلق تفاعلاً كيميائياً ينتج عنه غاز يؤدي إلى انتفاخ الوسادة بسرعة. وتعمل الوسادة الهوائية على زيادة زمن تأثير القوة الذي يتم خلاله إيقاف جسم الراكب عن الحركة، وبالتالي تقليل مقدار القوة المؤثرة فيه، ما يُقلّل من احتمال حدوث الإصابات، أو تقليل خطورتها. كما تعمل الوسادة الهوائية على توزيع القوة على مساحة أكبر من جسم الراكب، فيقل ضغطها المؤثر فيه.

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

الحزام المطاطي المحيط بجسم السيارة يجعل زمن التصادم بين السيارات أكبر، نتيجة امتصاص التصادمات، مما يجعل القوة المؤثرة على السيارات أقل، فالقوة تناسب عكسياً مع الزمن $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$

أصدر حكماً: في أثناء دراسة غيث لهذا الدرس، قال: «إن وسائل الحماية في السيارات قديماً أفضل منها في السيارات الحالية؛ إذ أن هياكل السيارات الحديثة مرنة تتشوه بسهولة عند تعرض السيارة لحادث، على عكس هياكل السيارات القديمة الصلبة». أناقش صحة قول غيث.

كلام غيث غير صحيح، لأن الهيكل المرن يجعل زمن التصادم أطول، وبالتالي القوة المؤثرة على الركاب تكون أقل وبالتالي يقل خطر التصادم، فالقوة تناسب عكسياً مع الزمن $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$، أما في الهياكل الصلبة، فإن التغير في الزخم يحدث في زمن قصير، مما يزيد من القوة المؤثرة على السيارة والركاب مما قد يسبب ضرر كبير للركاب.

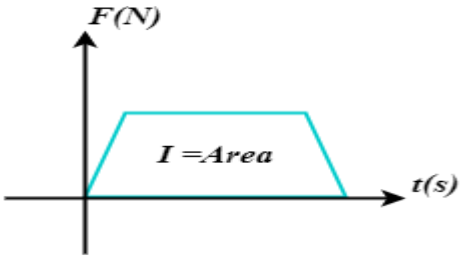
أفسر ما يأتي: تغطى أرضية ساحات الألعاب عادة بالعشب أو الرمل، حيث يكمن خطر سقوط الأطفال.

لكي تزدار الفترة الزمنية اللازمة للتوقف عند السقوط، مما يجعل القوة المؤثرة من الأرض على الطفل أقل وبالتالي يقل خطر السقوط. القوة تتناسب عكسيا مع الزمن

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

- إذا تغيرت القوة المؤثرة في جسم ومثلت العلاقة بين القوة المؤثرة على الجسم والزمن بيانياً فإن

{المساحة تحت المنحى تمثل الدفع الذي تؤثر به القوة على الجسم}



تذكر المساحات

عرض × طول $A =$ مستطيل

مثلث $A = \frac{1}{2}$ (قاعدة) (ارتفاع)

شبه المنحرف $A = \frac{1}{2}$ (مجموع القاعدتين) (ارتفاع)

إذا طلب حساب متوسط القوة $(\bar{F})$ فإننا نطبق

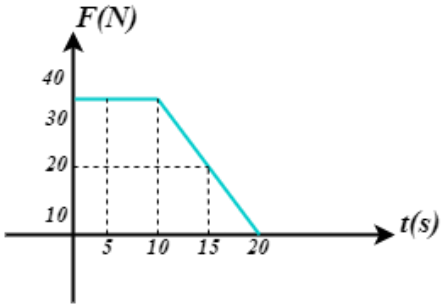
$$I = \bar{F} \times \Delta t$$

متوسطة

- نعامل $\bar{F}$ معاملة القوة الثابتة
- إذا طلب حساب القوة عند لحظة معينة فإننا نجدها مباشرة من الرسم

سؤال

تؤثر قوة محصلة باتجاه محور $+x$ في جسم ساكن كتلته $(4\ kg)$ مدة زمنية مقدارها $(20\ s)$ بالاعتماد على المنحنى أجب عن كل من



ا- مقدار القوة عند اللحظة $(5\ s)$ و $(15\ s)$

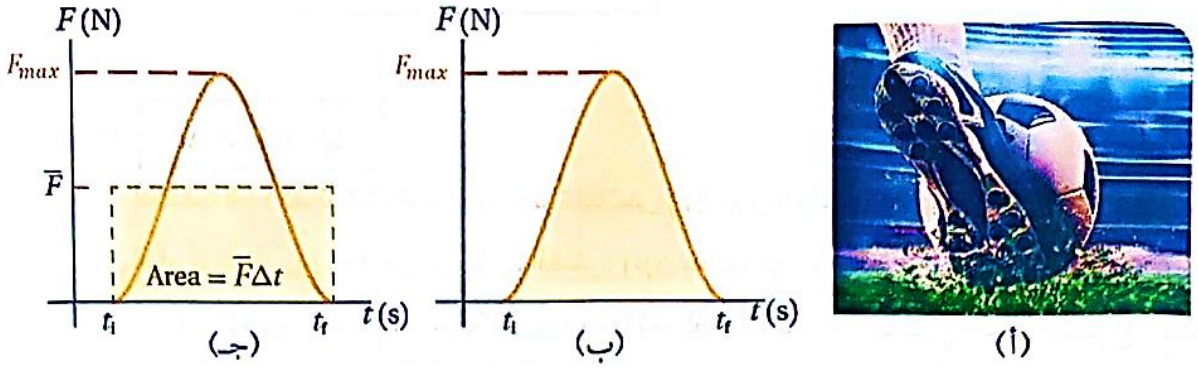
ب- الدفع المؤثر في الجسم خلال الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة

حـ- التغير في الزخم الخطي للجسم

ء- السرعة النهائية للجسم

هـ- القوة المتوسطة ومثلها بيانياً

توضيح لتأثير لاعب يركل كرة قدم وتمثيل العلاقة بين القوة المتغيرة المؤثرة والزمن

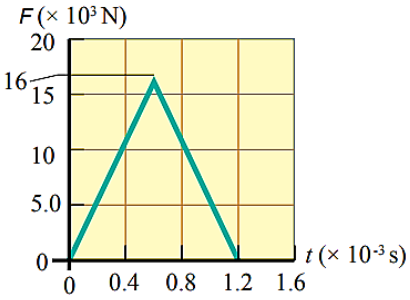


(أ) لاعب يركل كرة، (ب) منحنى (القوة - الزمن) يبين تغير القوة المؤثرة في كرة بدلالة الزمن، (جـ) القوة المتغيرة والقوة المتوسطة يحدثان التغير نفسه في الزخم الخطي خلال الفترة الزمنية نفسها.

يكون موضع القوة المتوسطة $(\bar{F})$ بين أقل قيمة وأعلى قيمة للقوة على الرسم البياني، وإذا كان الاقتران خطياً، تكون القوة المتوسطة في المنتصف بين أعلى قيمة وأقل قيمة.

يبين الشكل $(2/\text{أ})$ قدم لاعب يركُل كرة قدم؛ فيتغير زخمها الخطي بسبب قوته المؤثرة فيها. بينما يُوضح الشكل $(2/\text{ب})$ كيفية تغير مقدار تلك القوة مع الزمن أثناء مُلامسة قدم اللاعب للكرة لفترة زمنية (Δt). يُحسَبُ مقدار الدفع المؤثر في الكرة عن طريق إيجاد المساحة Area تحت منحنى (القوة – الزمن) المُوضّح في الشكل $(2/\text{ب})$، أو باستخدام مقدار القوة المتوسطة مضروباً في زمن تأثيرها، كما في الشكل $(2/\text{جـ})$، عن طريق إيجاد المساحة المحصورة تحت منحنى (القوة المتوسطة - الزمن) خلال الفترة الزمنية نفسها. والقوة المتوسطة $(\bar{F})$ كما في الشكل $(2/\text{جـ})$ هي القوة المحصلة الثابتة التي إذا أثرت في الجسم لفترة زمنية (Δt) لأحدثت الدفع نفسه الذي تحدثه القوة المُتغيّرة أثناء الفترة الزمنية نفسها

سؤال



أفسّر البيانات: يوضح الشكل المجاور منحنى (القوّة - الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في كرة بيسبول كتلتها $(145\ g)$ في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. أستعين بهذا المنحنى والبيانات المثبتة فيه للإجابة عمّا يأتي بإهمال وزن الكرة:

أ- ما الذي يمثله الرقم (16) على محور القوّة؟

ب- أحسب مقدار الدفع المؤثر في الكرة نتيجة تلامسها مع المضرب.

حـ- أحسب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوّة المُحصّلة فيها، باعتبارها ساكنة لحظة بدء تأثير القوة المحصلة.

ء- أحسبُ مقدار القوّة المتوسطة المؤثرة في الكرة أثناء زمن تلامسها مع المضرب.

ملاحظات ومسلمات لا تنس

جميع القوانين

المثال 2

الشكل (5): لاعب يركل كرة قدم.

يركل لاعب كرة قدم ساكنةً كتلتها $(0.450\ kg)$؛ فتنطلق بسرعة $(30.0\ m/s)$ في اتجاه محور $+x$. أنظر الشكل (5). إذا علمتُ أنّ مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب يُساوي $(135\ N)$؛ فأحسب مقدار ما يأتي بإهمال وزن الكرة مقارنة بالقوة المؤثرة فيها.

أ- الزخم الخطي للكرة عند لحظة ابتعادها عن قدم اللاعب.

ب- زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب.

حـ- الدفع المؤثر في الكرة نتيجة تلامسها مع قدم اللاعب.

سؤال

يتحرك جسم كتلته $(10\ kg)$ أفقياً بسرعة ثابتة $(5\ m/s)$ شرقاً. إن مقدار الزخم الخطي لهذا الجسم واتجاهه هو:

- (a) $0.5\ kg.m/s$ شرقاً
- (b) $50\ kg.m/s$ غرباً
- (c) $2\ kg.m/s$ غرباً
- (d) $50\ kg.m/s$ شرقاً

سؤال

تتحرك سيارة شمالاً بسرعة ثابتة، بحيث كان زخمها الخطي يساوي $(9 \times 10^4\ N.s)$ إذا تحركت السيارة جنوباً بمقدار السرعة نفسها فإن زخمها الخطي يساوي:

- (a) $9 \times 10^4\ N.s$
- (b) $-9 \times 10^4\ N.s$
- (c) $18 \times 10^4\ N.s$
- (d) $0\ N.s$

الأسئلة الحسابية المركبة (باستخدام شريط القوانين)

① **أحلل واستنتج:** تتحرك سيارة كتلتها $(1.35 \times 10^3\ kg)$ بسرعة مقدارها $(15\ m/s)$ شرقاً، فتصطدم بجدار وتتوقف تماماً خلال فترة زمنية مقدارها $(0.115\ s)$، فأحسب مقدار ما يأتي:

أ- التغير في الزخم الخطي للسيارة.

ب- القوة المتوسطة التي يؤثر به الجدار في السيارة.

$-20250\ N.s$
$-176087\ N$

---

② **أحسب:** أثرت قوة محصلة مقدارها $(1 \times 10^3\ N)$ في جسم ساكن كتلته $(10\ kg)$ وحركته باتجاهها فترة زمنية مقدارها $(0.01\ s)$. أحسب مقدار ما يأتي:

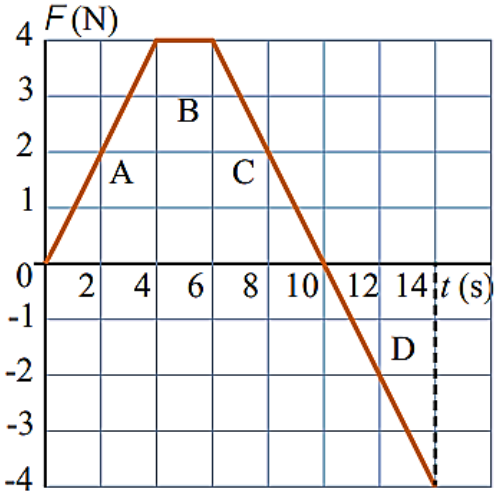
أ- التغير في الزخم الخطي للجسم.

ب- السرعة النهائية للجسم.

$10\ N.s$
$1\ m/s$

المثال 3

تؤثر قوة محصلة باتجاه محور x في صندوق ساكن كتلته $(4\ kg)$ مدةً زمنيةً مقدارها $(14\ s)$. إذا علمتُ أنّ مقدار القوّة المحصلة يتغير بالنسبة للزمن كما هو موضح في منحنى (القوّة - الزمن) في الشكل (6)؛ فأحسبُ مقدار ما يأتي:



الشكل (6): منحنى (القوّة – الزمن).

أ- الدفع الكليّ المؤثر في الصندوق نتيجةً لتأثير القوة المحصلة، وأُحدّد اتجاهه.

ب- السرعة النهائية للصندوق في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة، وأحدّد اتجاهها.

حـ- القوة المتوسطة المؤثرة في الصندوق خلال هذه الفترة الزمنية.

✸ الربط بين الزخم الخطي (P) والطاقة الحركية $(K.E)$

الاستخدام	القانون
اذا اعطانا السؤال m و V وطلب P	$P = mV$
اذا اعطانا السؤال m و $K.E$ وطلب P	$P = \sqrt{2m\ K.E}$
اذا اعطانا السؤال $K.E$ و V وطلب P	$P = \frac{2K.E}{V}$
اذا اعطانا m و V وطلب $K.E$	$K.E = \frac{1}{2}mV^2$
اذا اعطانا m و P وطلب $K.E$	$K.E = \frac{P^2}{2m}$
اذا اعطانا P و V وطلب $K.E$	$K.E = \frac{1}{2}PV$

س1 أثبت ان $K.E = \frac{P^2}{2m}$

س2 أثبت ان $K.E = \frac{1}{2}PV$

س3 أثبت ان $P = \sqrt{2m\ K.E}$

س4 أثبت ان $P = \frac{2K.E}{V}$

س متوقع: اي معا يأتي يكافئ $(kg.m/s)$

أ. $J.m.s$ ب. $J.s/m$ حـ. $J.m/s$ ى. $J.m/s^2$

ورقة عمل (1)

يتحرك جسم كتلته $(100\ kg)$ بسرعة $(4\ m/s)$ جد:

① زخمه

② السرعة التي يجب أن يتحرك بها جسم آخر كتلته $(20\ kg)$ ليكون لهما نفس الزخم.

$400\ N.s, x^+$
$20\ m/s, x^+$

يتحرك جسم كتلته $(2\ kg)$ بزخم مقداره $(8\ N.s)$، جد طاقته الحركية.

$16\ J$

يتحرك جسم سرعته $(6\ m/s)$ بزخم مقداره $(9\ N.s)$، جد طاقته الحركية.

$27\ J$

يتحرك جسم كتلته $(4\ kg)$ بطاقة حركية مقدارها $(8\ J)$، جد زخم الجسم.

$8\ N.s$

يتحرك جسم سرعته $(8\ m/s)$ بطاقة حركية مقدارها $(16\ J)$، جد زخم الجسم.

$4\ J$

تتحرك كرة نحو اليمين بزخم خطي مقداره $(40\ N.s)$ فاصطدمت بجدار وارتدت عنه بزخم مقداره $(10\ N.s)$ نحو اليسار خلال $(0.05\ s)$ جد:

① الدفع (التغير في زخم الجسم الخطي) مقداراً واتجاهاً.

② متوسط القوة المؤثرة على الكرة مقداراً واتجاهاً.

$50\ N.s, x^-$
$10^3\ N, x^-$

سؤال

جسم كتلته (m) ويتحرك بسرعة (V) وضح ماذا يحدث لكل من زخمه الخطي وطاقته الحركية في كل من الحالات التالية:

أ- عند مضاعفة سرعته مرتان

ب- عند نقصان سرعته إلى الثلث

حـ- عند مضاعفة كتلته ثلاث مرات ونقصان سرعته إلى السدس

ء- عند نقصان كل من كتلته وسرعته إلى النصف

هـ- عند مضاعفة زخمه الخطي مرتين ومضاعفة سرعته ثلاث مرات.

و- عند نقصان طاقته الحركية إلي الثمن وبقاء كتلته ثابتة.

أسئلة النسبة والرموز

1- جسمان لهما نفس الكتلة (m)، إذا كانت الطاقة الحركية للأول ضعف الطاقة الحركيّة للثاني فإن نسبة زخم الجسم الثاني إلى زخم الجسم الأول:

أ. $\sqrt{2}$ ب. 2 حـ. $\frac{1}{2}$ ى. $\frac{1}{\sqrt{2}}$

2- كرتان (x, y)، حيث $\left(m_x = \frac{1}{2}\ m_y\right)$ و $\left(K_y = 8\ K_x\right)$. إن الزخم الخطي للكرة (x) يساوي:

أ. $\frac{1}{4}\ p_y$ ب. p_y حـ. $4\ p_y$ ى. $8\ p_y$

3- كرتان (x, y)، حيث $\left(m_x = \frac{1}{2}\ m_y\right)$ ولهما نفس الطاقة الحركية، إنّ الزخم الخطي للكرة (x) يساوي:

أ. $\frac{1}{2}\ p_y$ ب. $2\ p_y$ حـ. $\frac{1}{\sqrt{2}}\ p_y$ ى. $\sqrt{2}\ p_y$

4- كرتان (x, y)، حيث $\left(m_y = \frac{1}{4}\ m_x\right)$ و $\left(p_y = \frac{1}{4}\ p_x\right)$، إن الطاقة الحركية للكرة (y) تساوي:

أ. $16\ K_x$ ب. $\frac{1}{64}\ K_x$ حـ. $\frac{1}{16}\ K_x$ ى. $\frac{1}{4}\ K_x$

5- كرتان (x, y)، حيث $\left(m_x = m_y\right)$ و $\left(p_x = 2\ p_y\right)$، إن الطاقة الحركية للكرة (x) تساوي:

أ. $4\ K_y$ ب. $\frac{1}{2}\ K_y$ حـ. $2\ K_y$ ى. $\frac{1}{4}\ K_y$

6- كرتان (x, y)، حيث $\left(m_x = 4\ m_y\right)$ ولهما نفس الطاقة الحركية، إنّ النسبة $\left(p_x : p_y\right)$ تساوي:

أ. $(2:1)$ ب. $(1:2)$ حـ. $(4:1)$ ى. $(1:4)$

7- أي الكميات الآتية تمثل (المعدل الزمني للتغير في الزخم)؟

أ. الدفع ب. التسارع حـ. الطاقة الحركية ى. القوة المؤثرة

8- إذا مثلت العلاقة البيانية بين الزخم الخطي (على محور $(+y)$) والزمن (على محور $(+x)$)، فإن ميل المنحنى يمثل:

أ. الدفع ب. التسارع حـ. الطاقة الحركية ى. القوة المؤثرة

س/ تتحرك كرة كتلتها $(2\ kg)$ نحو اليسار بسرعة ثابتة مقدارها $(6\ m/s)$ فاصطدمت بجدار عمودي، وارتدت عنه بسرعة $(4\ m/s)$ فإذا استمر التصادم لمدة $(0.02\ s)$، جد:

① التغير في زخم (كمية تحرك) الكرة.

② الدفع المؤثر من الجدار على الكرة.

③ القوة المؤثرة من الجدار على الكرة.

$20\ N.s, x^+$
$20\ N.s, x^+$
$1000\ N, x^+$

س/ تسقط كرة كتلتها $(0.5\ kg)$ من الأعلى سقوطاً حراً، فتصطدم بالأرض بسرعة $(20\ m/s)$، فإذا أثرت الأرض على الكرة بقوة دفع مقدارها $(600\ N)$ نحو الأعلى، واستمر التلامس بين الكرة والأرض $(0.02\ s)$، جد سرعة الكرة بعد التصادم.

$4\ m/s, y^+$

س/ تسقط كرة كتلتها $(0.5\ kg)$ من الأعلى سقوطاً حراً فتصطدم بالأرض بسرعة $(20\ m/s)$، وترتد عنها بسرعة $(16\ m/s)$ للأعلى، فإذا أثرت الأرض على الكرة بقوة دفع مقدارها $(600\ N)$ نحو الأعلى، جد:

① التغير في كمية التحرك.

② زمن التلامس بين الكرة والأرض.

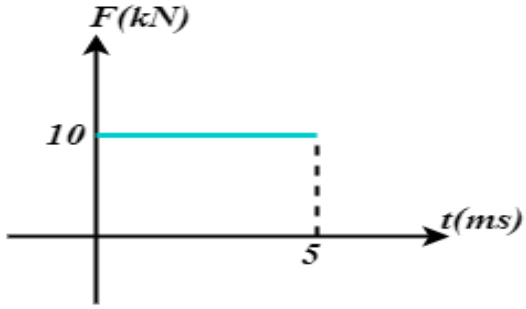
$18\ N.s, y^+$
$0.03\ s$

س/ اعتماداً على الرسم البياني المجاور، جد (اعتبر كتله الجسم $(10\ kg)$)

① الدفع من $t = 0\ ms$ إلى $t = 5\ ms$

② متوسط القوة (مثلها بيانياً) خلال الفترة الزمنية كاملة

③ سرعة الجسم عند $t = 5\ ms$ ، علماً بأن الجسم بدأ الحركة بسرعة $(3\ m/s)$ نحو اليسار.



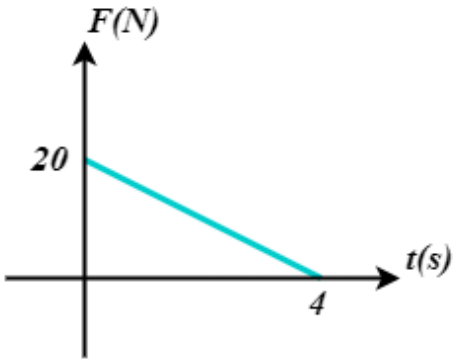
$50\ N.s$
$10\ kN$
$2\ m/s\ ,x^+$

س/ اعتماداً على الرسم البياني المجاور، جد (اعتبر كتلة الجسم $(2\ kg)$)

① الدفع.

② متوسط القوة (مثلها بيانياً).

③ إذا بدأ الجسم الحركة من السكون، فكم ستكون سرعته عند $t = 4\ s$:



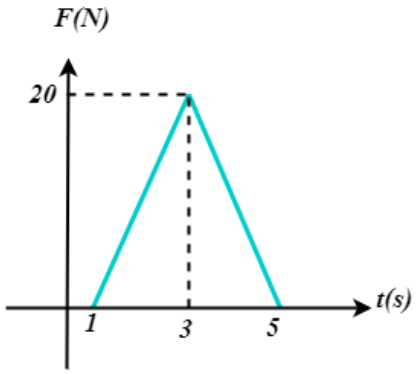
$40\ N.s$
$10\ N$
$20\ m/s$

س/ اعتماداً على الرسم البياني المجاور، جد (اعتبر كتلة الجسم $(2\ kg)$)

① الدفع (التغير في زخم الجسم الخطي).

② متوسط القوة (مثلها بيانياً).

③ إذا بدا الجسم الحركة من السكون عند $t = 1\ s$، فكم ستكون سرعته عند $t = 5\ s$.



$40\ N.s$
$10\ N$
$20\ m/s$

س/ اعتماداً على الرسم البياني المجاور جد: (اعتبر كتلة الجسم $(4\ kg)$)

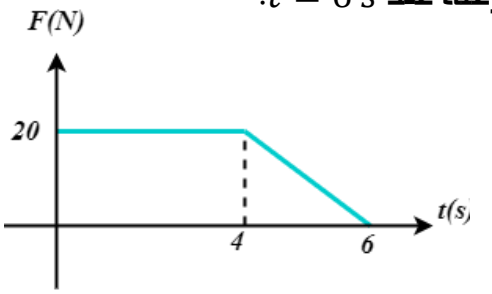
① الدفع من $t = 0\ s$ إلى $t = 4\ s$.

② الدفع من $t = 4\ s$ إلى $t = 6\ s$.

③ الدفع الكلي.

④ متوسط القوة (مثلها بيانياً) خلال الفترة الزمنية كاملة.

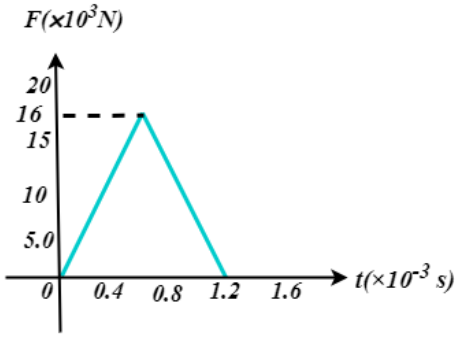
⑤ إذا بدأ الجسم الحركة من السكون، فكم ستكون سرعته عند $t = 6\ s$.



$80\ N.s$
$20\ N.s$
$100\ N.s$
$16.67\ N$
$25\ m/s$

س/ اعتماداً على الرسم البياني المجاور، إذا بدأ جسم كتلته $(2\ kg)$ الحركة من السكون بحيث أصبحت سرعته في نهاية الفترة الزمنية $(4.8\ m/s)$. جد:

1. المساحة المحصورة تحت المنحني.
2. التغير في زخم الجسم (الدفع).
3. متوسط القوة (مثلها بيانياً) خلال الفترة الزمنية كاملة.
4. القوة العظمى المؤثرة على الجسم.
5. سرعة الجسم عندي $t = 0.6 \times 10^{-3}$.



$9.6\ N.s$
$9.6\ N.s$
$8\ kN$
$16\ kN$
$2.4\ m/s\ , x^{+}$

أسئلة إضافية:

1- أصدر حكماً: في أثناء دراسة رويدا هذه الوحدة، قالت: «إنه عندما يقفز شخص من ارتفاع معين عن سطح الأرض، فإنه يتعين عليه أن يُبقي رجليه ممدودتين لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض حفاظاً على سلامته». أناقش صحة قول رويدا بناءً على المفاهيم الفيزيائية التي تعلمتها في هذه الوحدة.

- رويدا مخطئة، فالقفز برجلين ممدودتين تجعل زمن التصادم قصير جداً وبالتالي يتغير الزخم خلال زمن صغير مما يجعل القوة التي تؤثر بها الأرض على الشخص كبيرة جداً، مما قد يلحق به الأذى وقد حدث كسر في العظام، ولهذا يجب ثني الرجلين عند القفز مما يجعل زمن تناقص الزخم أطول، مما يقلل القوة المؤثرة على جسم الشخص.

2- أفسر ما يلي:

1. تغطى جدران نوادي بعض الألعاب الرياضية كالكاراتيه بطبقات اسفنجية.
2. تغطى أرضيات ملاعب بعض الرياضات مثل كرة السلة بالباركيه.
3. تغطى أرضيات بعض المنازل بالباركيه أو الموكيت.
4. الجلوس على مقاعد مغطاة بطبقة اسفنجية أكثر راحة من الجلوس عليها بدون اسفنج.

- لأن الطبقات الإسفنجية أو الباركيه يمتص الصدمة عند التلامس
- مما يزيد من زمن تأثير القوة
- مما يجعل مقدار القوة المؤثرة أقل
- فيقل الضرر من التصادم

أسئلة سنوات سابقة:

1- يركل لاعب كرة قدم ساكنة كتلتها $(0.5\ kg)$ فتنطلق بسرعة $(20\ m/s)$ باتجاه محور $(+x)$، إذا علمت أن زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب يساوي $(0.1\ s)$، فإن القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة بوحدة نيوتن (N) تساوي:

أ- 100 باتجاه $(+x)$ ب- 100 باتجاه $(-x)$

حـ- 400 باتجاه $(+x)$ ء- 400 باتجاه $(-x)$

أ

2- سيارة كتلتها (m) تتحرك بسرعة (v)، ضغط السائق على دواسة المكابح فنتج عن ذلك قوة احتكاك، أدت إلى توقف السيارة بعد فترة زمنية (Δt) من لحظة الضغط على المكابح. إذا أثرت قوة الاحتكاك نفسها في سيارة كتلتها $(2m)$ تتحرك بالسرعة نفسها (v) فإن الفترة الزمنية التي تتوقف خلالها السيارة الثانية بدلالة (Δt) تساوي:

أ- $\frac{1}{2}\ \Delta t$ ب- Δt حـ- $\sqrt{2}\ \Delta t$ ء- $2\ \Delta t$

ء

3- جسمان ساكنان، الجسم (A) كتلته (m)، والجسم (B) كتلته $(2m)$ أثرت فيهما قوتان محصلتان متساويتان. اعتماداً على ذلك، فإن إحدى العبارات الآتية تعبر بشكل صحيح عن العلاقة بين الجسمين بعد فترة زمنية (Δt) من تأثير القوتين:

أ- سرعة الجسم (A) تساوي سرعة الجسم (B)

ب- سرعة الجسم (B) تساوي مثلي سرعة الجسم (A)

حـ- الزخم الخطي الجسم (A) يساوي الزخم الخطي للجسم (B)

ء- الزخم الخطي للجسم (B) يساوي مثلي الزخم الخطي للجسم (A)

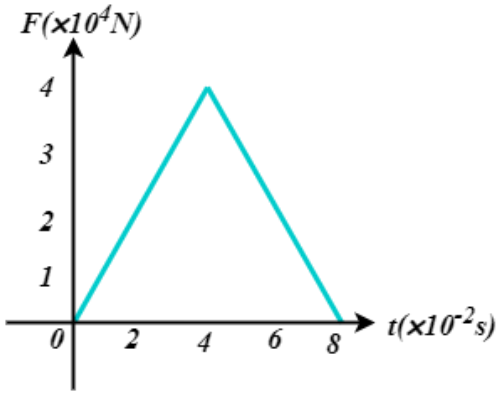
حـ

4- جسمان (A و B) كتلة الجسم (A) مثلي كتلة الجسم (B) ولهما الزخم الخطي نفسه. الطاقة الحركية (KE_A) بدلالة الطاقة الحركية (KE_B) تساوي:

أ- $\frac{1}{4}\ KE_B$ ب- $\frac{1}{2}\ KE_B$ حـ- $2\ KE_B$ ء- $4\ KE_B$

ب

❖ يوضح الشكل المجاور منحنى (القوة – الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في كرة تنس أرضي كتلتها $(5 \times 10^{-2}\ kg)$ في أثناء تلامسها مع المضرب. استعن بالمنحنى والبيانات المثبتة فيه للإجابة عن الفقرتين (5، 6) الآتيتين:



5- مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب بوحدة (N) يساوي:

أ- 2×10^2 ب- 2×10^4

حـ- 4×10^2 ء- 4×10^4

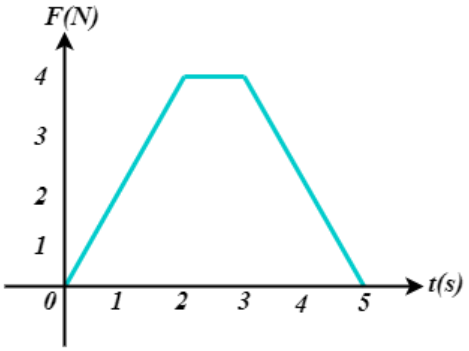
ب

6- إذا علمت أن الكرة ساكنة لحظة بدء تأثير القوة المحصلة فيها، فإن مقدار سرعة الكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة فيها بوحدة (m/s) يساوي:

أ- 3.2×10^2 ب- 3.2×10^4 حـ- 6.4×10^2 ء- 6.4×10^4

ب

❖ يوضح الشكل المجاور منحنى (القوة - الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في جسم ساكن في أثناء فترة تأثير القوة. إذا علمت أن القوة تؤثر باتجاه $(+x)$ فأجب عن الفقرتين (7، 8) الأتيتين:



7- مقدار الدفع المؤثر في الجسم بوحدة $(N.s)$، واتجاهه:

أ- (12)، باتجاه $(+x)$

ب- (12)، باتجاه $(-x)$

حـ- (20)، باتجاه $(+x)$

ء- (20)، باتجاه $(-x)$

أ

8- مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الجسم خلال فترة تأثيرها بوحدة نيوتن (N) يساوي:

أ- 2 ب- 2.4 حـ- 4 ء- 4.8

ب

9- أثرت قوة (F) في جسم كتلته (m) لفترة زمنية. إذا زاد زمن تأثير القوة، فإن ما يحدث للدفع المؤثر في الجسم، والتغير في زخمه الخطي على الترتيب:

أ- يزداد، يزداد ب- يزداد، يقل حـ- يقل، يزداد ء- يقل، يقل

أ

10- جسمان (A و B) يستقران على سطح أفقي أملس. أثرت فيهما القوة المحصلة نفسها باتجاه $(+x)$ للفترة الزمنية (Δt) نفسها. إذا علمت أن كتلة الجسم (m_B) تساوي مثلي كتلة الجسم (m_A)، فإن العلاقة بين زخمهما الخطي في نهاية الفترة الزمنية:

أ- $p_A = p_B$ ب- $p_A = 2\,p_B$ حـ- $p_A = \frac{1}{2}\,p_B$ ء- $p_A = \frac{1}{4}\,p_B$

أ

ورقة عمل (1)

1- القوة المؤثرة في جسم متحرك تساوي المعدل الزمني للتغير في:

أ. سرعة الجسم ب. الطاقة الحركية حـ. الزخم الخطي ى. تسارع الجسم

2- متوسط القوّة التي إذا أثرت على سيارة كتلتها $(1000kg)$ تسير بسرعة $25\ m/s$ فتؤدّي إلى خفضها إلى سرعة $(5\ m/s)$ في نفس الاتجاه في زمن قدره $(20\ s)$ تساوي:

أ. $-1000\ N$ ب. $-1500\ N$ حـ. $15000\ N$ ى. $10000\ N$

3- إذا علم مقدار الدفع المؤثر على جسم كتلته $(m = 2kg)$، عندها يمكن حساب لهذا الجسم:

أ. السرعة الابتدائية ب. السرعة النهائية حـ. التغيّر في السرعة ى. التسارع

4- سيارة كتلتها $(1200\ kg)$ ازدادت سرعتها من $(10\ m/s)$ إلى $(25\ m/s)$ خلال فترة زمنيّة مقدارها نصف دقيقة. إن متوسط القوّة التي أثرت في السيارة خلال هذه الفترة الزمنية تساوي:

أ. $3600\ N$ ب. $600\ N$ حـ. $1000\ N$ ى. $400\ N$

5- دراجة هوائيّة كتلتها $(15\ kg)$ تسير بسرعة $(20\ m/s)$، فإذا انخفضت سرعتها إلى $(10\ m/s)$ خلال $(5\ s)$، إن متوسط القوة المؤثرة عليها خلال هذه الفترة تساوي:

أ. $-30\ N$ ب. $-7.5\ N$ حـ. $15\ N$ ى. $75\ N$

6- أسقطت كرة كتلتها (m) سقوطاً حراً، فوصلت الأرض بسرعة $(3\ v)$، وارتدّت رأسياً لأعلى بسرعة $(2\ v)$. إنّ دفع الأرض على الكرة يساوي:

أ. $(5\ mv, +y)$ ب. $(mv, +y)$ حـ. $(5mv, -y)$ ى. $(mv, -y)$

7- جسم كتلته (m) وسرعته (v) ، اصطدم بجدار وارتدّ بنفس السرعة، إن التغيّر في زخمه الخطي يساوي:

أ. صفر ب. $1.5\ mv$ حـ. $2\ mv$ ى. mv

ورقة عمل (1)

8- اقتربت كرة كتلتها $(0.2\ kg)$ من مضرب بسرعة $(40\ m/s)$ بالاتجاه الأفقي وارتدّت عنه بالاتجاه المعاكس بسرعة $(50\ m/s)$، إن الدفع الذي أثر في الكرة أثناء فترة التلامس يساوي:

أ. $18\ N.s$ ب. $2\ N.s$ حـ. $900\ N.s$ ى. $90\ N.s$

9- إذا تغيّرت سرعة جسم كتلته $(4\ kg)$ بمقدار $(12\ m/s)$، فإن الدفع الذي يؤثر عليه يساوي:

أ. $3\ N.s$ ب. $48\ N.s$ حـ. $32\ N.s$ ى. $0.33\ N.s$

10- يتحرك جسم باتجاه $(+x)$ بزخم خطي (p)، فإذا أثرت عليه قوة جعلت زخمه الخطي $(4p)$ باتجاه $(-x)$، فإن دفع القوة المؤثرة عليه يساوي:

أ. $(3p, +x)$ ب. $(3p, -x)$ حـ. $(5p, +x)$ ى. $(5p, -x)$

11- إن النسبة بين دفع القوّة المحصلة المؤثرة على جسم متحرك وكتلة الجسم تساوي التغيّر في:

أ. طاقته الحركية ب. زخمه الخطي حـ. سرعته ى. كتلته

12- إنّ مقدار الدفع اللازم لإيقاف جسم كتلته $(5\ kg)$ يتحرك بسرعة $(4\ m/s)$ يساوي:

أ. $40\ N.s$ ب. $20\ N.s$ حـ. $-40\ N.s$ ى. $-20\ N.s$

حفظ الزخم الخطي

قبل ان نتعرف على نص وقانون حفظ الزخم الخطي عليك أن تعلم

النظام

هو مجموعة من الأجسام التي تؤثر على بعضها

النظام المعزول

هو النظام الذي تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه صفراً $(\sum F_{ext} = 0)$ وهنا القوى المؤثرة قوى داخلية فقط.

ملاحظة هنا سنتعامل مع أنظمة معزولة

من هنا نبدأ

قانون حفظ الزخم الخطي

ينص على ان ((عندما يتفاعل جسمان أو أكثر في نظام معزول يظل الزخم الخطي للنظام ثابتاً))

أو بصيغة أخرى

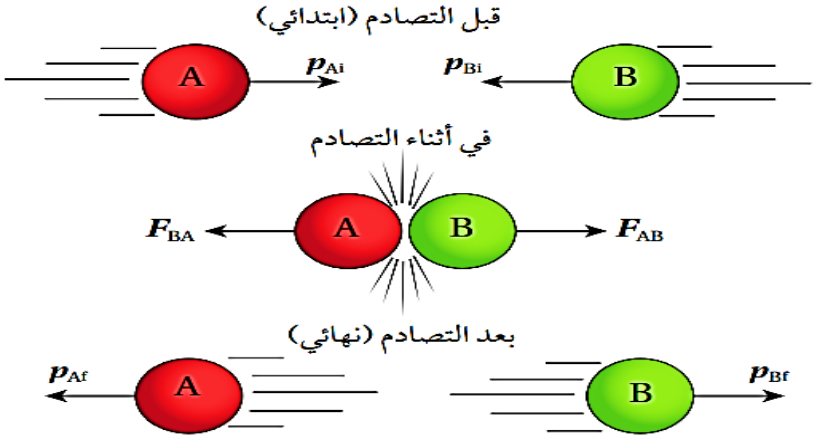
ينص على ان ((الزخم الخطي الكلي لنظام معزول قبل التصادم مباشرةً يساوي الزخم الخطي الكلي للنظام بعد التصادم مباشرة))

معادلة قانون حفظ الزخم الخطي

$$\sum P_i = \sum P_f$$

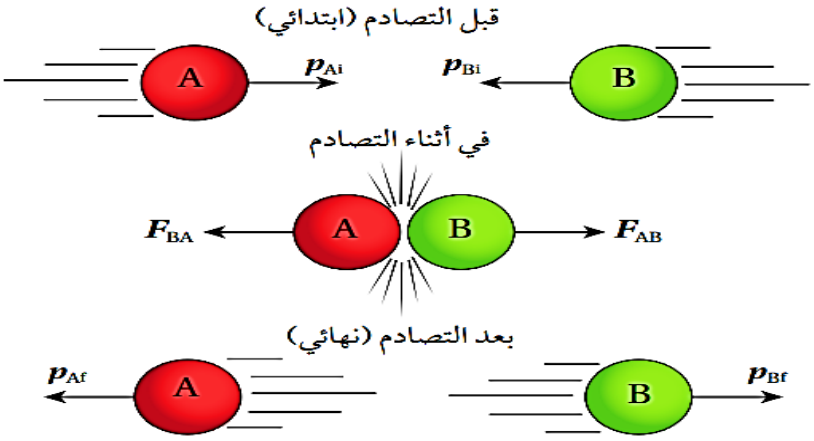
$$m_A\, v_{Ai} + m_B\, v_{Bi} = m_A\, v_{Af} + m_B\, v_{Bf}$$

هنا يكون التغير في الزخم الخطي للنظام يساوى صفراً $\Delta P = 0$



الشكل (8): تصادم كرتين.

- يوضح الشكل تصادم كرتي بلياردو قبل التصادم مباشرة وفي أثناء التصادم وبعد التصادم مباشرةً
- تؤثر كل كرة بقوة في الكرة الأخرى في أثناء عملية تصادمهما معاً
- افترض أنه مقدار كل من القوتين ثابت في أثناء الفترة الزمنية لتلامس الكرتين



الشكل (8): تصادم كرتين.

- بحسب القانون الثالث لنيوتن تكون هاتان القوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه
- تمثلان القوتان زوجي تأثير متبادل ((فعل ورد فعل)) وأعبر عنهما كما يأتي

هنا نستخدم

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

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

الأهم $\Delta P_B = -\Delta P_A$

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

لان لها نفس الفترة الزمنية نستطيع ان نضرب Δt بالطرفين

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

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

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

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

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

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

$$\sum P_f = \sum P_i$$

سؤال

أفكر: متى يمكنني إهمال القوى الخارجية المؤثرة في نظام لكي أعده نظاماً معزولاً؟

يمكن عد النظام بأنه معزول عندما تكون القوى الخارجية المؤثرة فيه، مثل قوة الاحتكاك مثلاً صغيرة مقارنة بالقوى التي تؤثر بها مكونات النظام في بعضها ((مثل قوى الفعل ورد الفعل بين كرتين عند تصادمهما))

سؤال

أفكر: ما العلاقة بين اتجاه الدفع المؤثر في جسم واتجاه التغير في زخمه الخطي؟

يكون اتجاه الدفع باتجاه تغير الزخم الخطي، وهو اتجاه القوة المحصلة نفسه

ملاحظات بعد تنفيذ تجربة حفظ الزخم الخطي كتاب الطالب صفحة (18)

1. الزخم الخطي الكلي لنظام العربتين قبل التصادم يساوي الزخم الخطي الكلي لنظام العربتين بعد التصادم
2. الزخم الخطي لأي نظام معزول لا يتغير وهو ما يثبت حفظ الزخم الخطي في الأنظمة المعزولة
3. يحدث التصادم بين الأجسام في بعد واحد او بعدين أو ثلاثة أبعاد
4. بعد التصادم يمكن ان يكون التصادم على اي من الأشكال التالية
   - ترتد الأجسام بعضها عن بعض (مرن / غير مرن)
   - تلتحم الأجسام مع بعضها (عديم المرونة)
   - تنفصل الأجسام عن بعضها. (الانفجارات / الانقسامات)

س/ جسمان (A, B) حيث $(m_A = 2m_B)$، تتحرّكان نحو بعضهما بسرعة (v) لكل منهما، فإنّ:

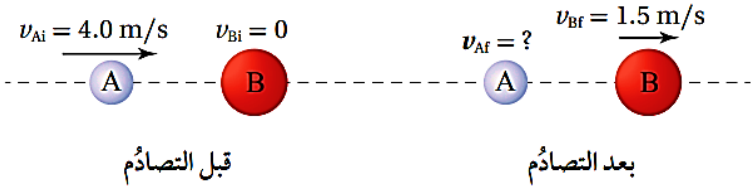
أ. دفع (A) على (B) أكبر من دفع (B) على (A).

ب. دفع (A) على (B) أقل من دفع (B) على (A).

حـ. دفع (A) على (B) يساوي دفع (B) على (A) مقداراً واتجاهاً.

ء. دفع (A) على (B) يساوي دفع (B) على (A) مقداراً ويعاكسه في الاتجاه.

المثال 4



الشكل (9): تصادم كرتين.

يوضح الشكل (9) تصادمَ كُرتين A و B، حيث تتحرّك الكرة A باتجاه محور $+x$ بسرعة مقدارها $(4.0\ m/s)$ نحو الكرة B الساكنة. بعد التصادم تحرّكت الكرة B بسرعة مقدارها $(1.5\ m/s)$ باتجاه محور $+x$. إذا علمتَ أنّ $(m_A = 1.0\ kg)$ و $(m_B = 2.0\ kg)$؛ فأحسب:

أ- مقدار سرعة الكرة A بعد التصادم وأحدّد اتجاهها.

ب- الدفع الذي تؤثر به الكرة (A) في الكرة (B)

جـ- الدفع المؤثر في الكرة (A)

د- التغير في الطاقة الحركية للكرة (B)

سؤال

أحسبُ: أثرت قوة محصلة مقدارها $(1 \times 10^3\ N)$ في جسم ساكن كتلته $(10\ kg)$ وحرّكته باتجاهها مدة زمنيةً مقدارها $(0.01\ s)$. أحسب مقدار ما يأتي:

أ- التغير في الزخم الخطي للجسم.

ب- السرعة النهائية للجسم.

مراجعة الدرس

للحصول على حلول الأسئلة امسح الرمز

1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصود بالزخم الخطي لجسم؟ ما العلاقة بين الدفع المؤثر في جسم والتغير في زخمه الخطي؟

2. **أستنتج:** بحسب علاقة تعريف الزخم الخطي $p = mv$؛ تكون وحدة قياسه $kg.m/s$، وبحسب مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) تكون وحدة قياسه $(N.s)$. أثبت أن هاتين الوحدتين متكافئتان.

3. **أوضح:** متى يكون الزخم الخطي لنظام محفوظا؟

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

5. **أفسر 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.

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

أ- سرعة كُل من العربتين بعد التصادم مباشرةً.

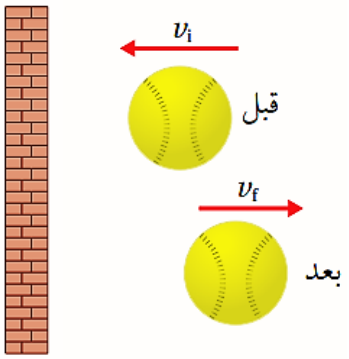
ب- زمن التلامس بين العربتين إذا كانت القوة التي أثرت بها إحدى العربتين في الأخرى $(5.0\ N)$.

7. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:**

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

أ. 0.04 ب. 4 حـ. 16 ء. 64

2- كرة كتلتها $(0.5\ kg)$ تصطدم بجدار بسرعة $(v_i = 30\ m/s)$، وترتد عنه بسرعة (v_f)، كما يبين الشكل. إذا كان الدفع المؤثر في الكرة $(25\ kg.m/s)$؛ فإن مقدار السرعة (v_f) بوحدة (m/s) يساوي:



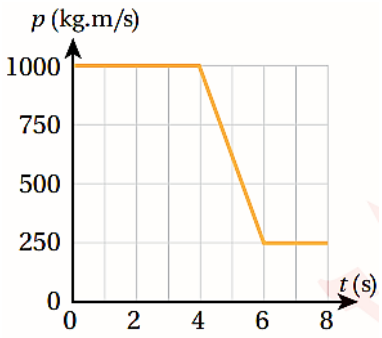
أ. 80 ب. 30
حـ. 20 ء. 0

3- شاحنة غير محملة بالبضائع تتحرك بسرعة (v)، عند الضغط على المكابح توقفت خلال مدة زمنية (Δt_1). عندما تكون هذه الشاحنة محملة بالبضائع، وتتحرك بالسرعة نفسها وتؤثر المكابح بالقوة نفسها تتوقف خلال مدة زمنية (Δt_2). أي العلاقات الآتية تصف التغير في الزخم ومدة التوقف في الحالتين؟

أ. $\Delta P_2 > \Delta P_1 , \Delta t_2 > \Delta t_1$ ب. $\Delta P_2 < \Delta P_1 , \Delta t_2 < \Delta t_1$

حـ. $\Delta P_2 = \Delta P_1 , \Delta t_2 > \Delta t_1$ ء. $\Delta P_2 = \Delta P_1 , \Delta t_2 < \Delta t_1$

✸ **يبين الشكل المجاور تمثيلاً بيانيًا لزخم دراجة هوائية متحركة خلال مدة $(8.0\ s)$. عند اللحظة $(t = 4.0\ s)$ استخدم راكب الدراجة المكابح. معتمدا على الرسم البياني، أجيب عن الفقرتين الآتيين:**



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

أ. $125\ N$ ب. $250\ N$ حـ. $375\ N$ ء. $750\ N$

5- إذا كانت السرعة الابتدائية للدراجة $(20\ m/s)$، فإن سرعتها النهائية بعدم استخدام المكابح تساوي:

أ. $5\ m/s$ ب. $8\ m/s$ حـ. $10\ m/s$ ء. $15\ m/s$

الدرس الثاني: تطبيقات على حفظ الزخم الخطي

الفكرة الرئيسة

للتصادمات نوعان رئيسان، وتساعد معرفتهما في تصميم الأجهزة والأدوات المتعددة التي يعتمد مبدأ عملها على هذه التصادمات او الحماية منها.

- الطاقة الحركية والزخم الخطب في الأنظمة المعزولة

عليك ان تعلم

في الأنظمة المعزولة يكون الزخم الخطي محفوظاً أما الطاقة الحركية فلا تكون محفوظة دائماً

- في هذا الدرس سأتعرف على كيفية تطبيق قانون حفظ الزخم وكيفية حساب التغير في الطاقة الحركية

وسنتعامل مع نوعين من الأنظمة المعزولة

أولاً: تفكك جسم إلى جسمين (انفصال)

مثل:

1. إطلاق مدفع لقذيفة
2. انفصال صاروخ فضائي إلى جزأين خلال مراحل حركته

ثانياً: التصادمات

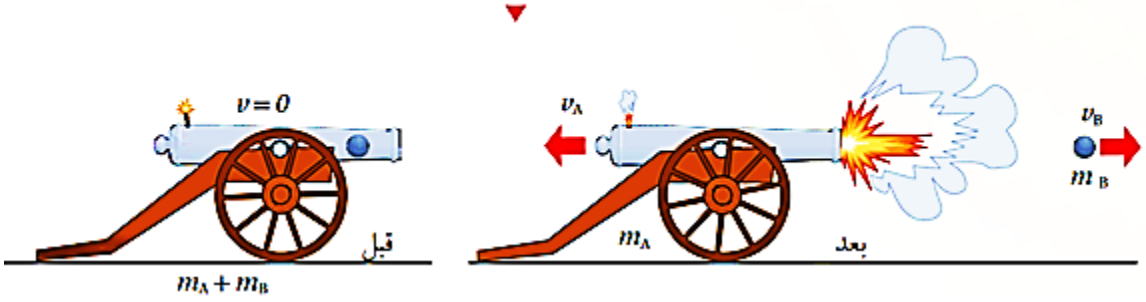
- المرن
- غير المرن
- عديم المرونة

أولاً: حفظ الزخم الخطي عند إطلاق قذيفة

✸ تفكك جسم إلى جسمين.

يوضح الشكل (10) 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.

الشكل (10): نظام المدفع والقذيفة الذي يُعدّ معزولًا.



بعد الانفجار، يكون الزخم الخطي الكُلّي للنظام مساويًا للزخم الخطي الكلي قبل الانفجار؛ ويساوي صفرًا. ومع ذلك فإن طاقة الحركة للنظام ليست محفوظة. إذ يكتسب النظام مقدارا كبيرا من طاقة الحركة بعد الانفجار؛ هذه الزيادة في طاقة الحركة للنظام مصدرها الطاقة الناتجة عن الانفجار نفسه.

✓ أتحقق: في الشكل (10)، أقارن بين زخم المدفع وزخم القذيفة بعد الانفجار.

عرفتُ أن الزخم الخطي يكون محفوظاً أيضًا عندما ينفصل جسم إلى أجزاء تبتعد عن بعضها بعضًا. فإذا كان الجسم ساكناً؛ فإنّ الأجسام الناتجة عن الانفصال تبدأ حركتها من حالة السكون، وتكون اتجاهات حركتها بحيث يبقى الزخم الخطي الكُلّي بعد انفصالها مساويًا له قبل انفصالها في المقدار؛ أي صفراً هذه الحالة. وهذا يفسر سبب ارتداد البندقية للخلف عند إطلاق رصاصة منها، كما يُفسّر لماذا يحتاج خرطوم إطفاء الحريق عادةً إلى أكثر من إطفائي للإمساك به عند اندفاع الماء منه، كما هو موضح في الشكل (11).

الشكل (11): اندفاع الماء من خرطوم إطفاء الحريق.

✓ **أتحقق:** أوضح علام ينص قانون حفظ الزخم الخطي.

المثال 5

مدفع ساكن كتلته $(2.0 \times 10^3\ kg)$، فيه قذيفةٌ كتلتها $(50.0\ kg)$. أطلقت القذيفة أفقياً من المدفع بسرعة $(1.2 \times 10^2\ m/s)$ باتجاه محور $+x$. أحسب مقدار ما يأتي:

أ- الدفع الذي تؤثر به القذيفة في المدفع، وأُحدّد اتجاهه.

ب- سرعة ارتداد المدفع.

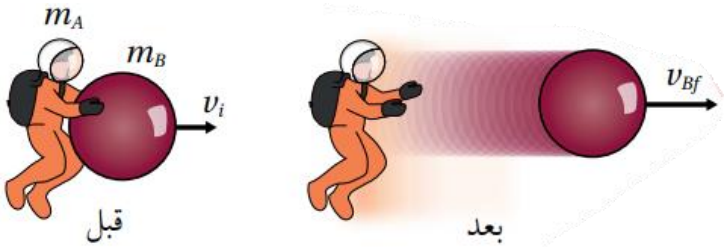
المثال 6

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 $(21\ m/s)$، كما في الشكل (12).

أحسب ما يأتي:

أ- سرعة رائد الفضاء بعد قذفه للجسم؟

ب- التغير في الطاقة الحركية، مفسّرًا سبب هذا التغير.



الشكل (12): رائد فضاء يقذف جسمًا نحو الأمام.

ثانيًا: التصادمات (Collisions)

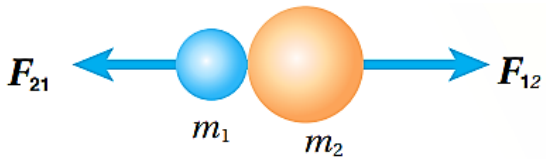
التصادم

هو حدث يقترب فيه جسمان أحدهما من الآخر ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة

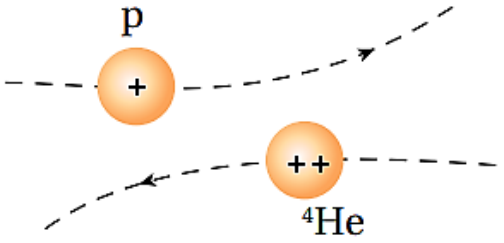
يتضمن التصادم

- تلامساً بين جسمين
- عدم حدوث تلامس بس جسمين

- مثل: كرات البلياردو
- يوضح الشكل تصادم جسمين على المستوى الجاهري (يمكن رؤيتها بالعين المجردة)



- مثل: تصادم بروتون بجسيم ألفا (نواة ذرة الهيليوم)
- يوضح الشكل تصادم جسمين مشحونين على المستوى دون الجاهرى.



تعرفت في الدرس السابق أن الزخم الخطي محفوظ دائماً عند تصادم الأجسام أو انفصال بعضها عن بعض في الأنظمة المعزولة

سؤال

هل تكون الطاقة الحركية محفوظة في التصادمات؟

- قد تكون الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة محفوظة وقد تكون غير محفوظة اعتماداً على نوع التصادم

سؤال

ماذا يعني أن الطاقة الحركية غير محفوظة؟

- هذا يعنى أن جزءا منها تحول إلى شكل او أشكال أخرى من الطاقة مثل الطاقة الحرارية والطاقة الصوتية وغيرها...

تصنف التصادمات بحسب حفظ الطاقة الحركية إلى نوعيين رئيسين

① التصادم المرن

② التصادم غير المرن وتوجد حالة خاصة تسمي بـ

③ عديم المرونة

أنواع التصادمات

التصادم المرن

التصادم غير المرن

التصادم عديم المرونة

الزخم الخطي محفوظ

$$\sum P_i = \sum P_f$$

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

الطاقة الحركية محفوظة

$$\sum K.E_i = \sum K.E_f$$

التغير في الطاقة الحركية يساوي صفر

$$\Delta K.E = 0$$

هنا لا يتغير شكل أي من الجسمين

مثل: تصادم كرات البلياردو

(هنا نهمل خسران جزء صغير من الطاقة على شكل طاقة صوتية)

الزخم الخطي محفوظ

$$\sum P_i = \sum P_f$$

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

الطاقة الحركية غير محفوظة

$$\sum K.E_i \neq \sum K.E_f$$

التغير في الطاقة الحركية أقل من صفر

$$\Delta K.E < 0$$

هنا يتغير شكل أي من الجسمين (يحدث تشوه)

مثل: تصادم كرة مطاطية بسطح صلب

الزخم الخطي محفوظ

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi} = (m_A + m_B) V_f$$

الطاقة الحركية غير محفوظة

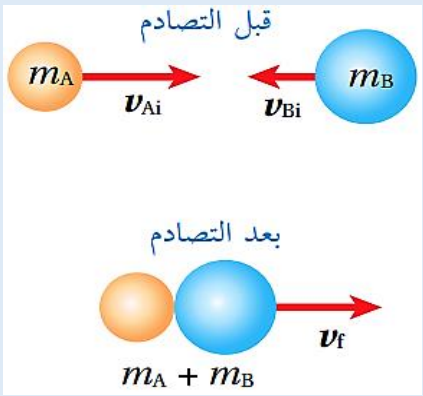
$$\sum K.E_i \neq \sum K.E_f$$

التغير في الطاقة الحركية أقل من صفر

$$\Delta K.E < 0$$

هنا يحدث التحام للجسمين

مثل: تصادم كرتي صلصال معاً تصادم سيارتين والتحامهم



عليك ان تعلم

$$\sum K.E_i = \frac{1}{2} m_A V_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bi}^2$$

$$\sum K.E_f = \frac{1}{2} m_A V_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bf}^2$$

$$\Delta K.E = \sum K.E_f - \sum K.E_i$$

للنظام

عليك ان تعلم

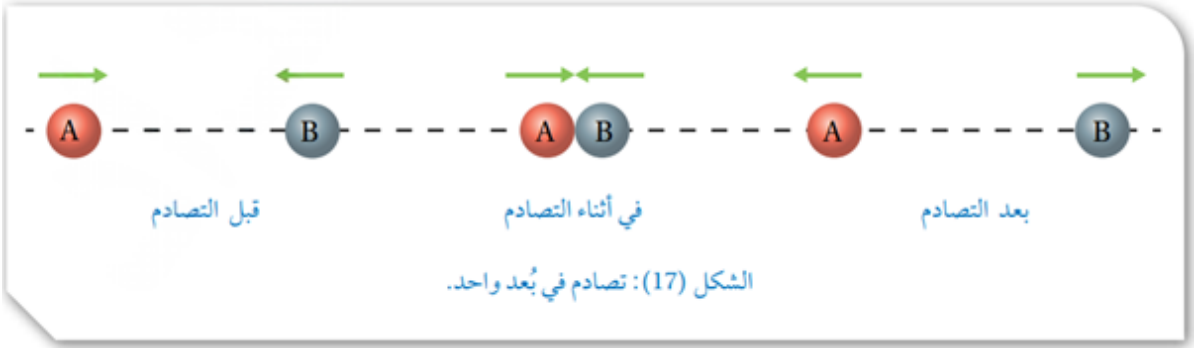
- الزخم الخطي يكون محفوظاً في جميع أنواع التصادمات التي تكون فيها القوى الخارجية المؤثرة في النظام (إن وجدت) صغيرة جداً مقارنه بقوى الفعل ورد الفعل المتبادلة بين الأجسام المتصادمة.

عليك ان تعلم

- عند التحام الأجسام المتصادمة فإنها تصبح جسماً واحداً كتلته تساوي مجموع كتل الأجسام المتصادمة.

عليك ان تعلم

- سندرس فقط التصادم في بعد واحد (One Dimensional Collision) حيث يتحرك جسمان قبل التصادم على امتداد الخط المستقيم نفسه ويتصادمان رأساً برأس بحيث تبقى حركتيهما بعد التصادم على المسار المستقيم نفسه.



الشكل (17): تصادم في بُعد واحد.

الأسئلة ؟

الأسئلة النظرية

✓ **أتحقق:** أقارن بين التصادم المَرِن، والتصادم غير المرن، والتصادم عديم المرونة من حيث: حفظ الزخم الخطي، حفظ الطاقة الحركية، التحام الأجسام بعد التصادم.

نوع التصادم	حفظ الزخم الخطي	حفظ الطاقة الحركية	التحام الجسمين بعد التصادم
المرن			
غير المرن			
عديم المرونة			

أفكر:

عند تصادم جسمين في بعد واحد تصادماً عديم المرونة، ما الشرط الضروري لتفقد الطاقة الحركية الابتدائية للنظام بعد الاصطدام؟ أناقش أفراد مجموعتي، للتوصل إلى إجابة عن السؤال.

- يجب أن يتحرك الجسمان قبل التصادم بزخمين متساويين مقداراً ومتعاكسان اتجاهاً، وبالتالي يكون الزخم الكلي للجسمين قبل التصادم يساوي صفر.
- وحسب قانون حفظ الزخم الكلي قبل التصادم وبعده فيكون الزخم الكلي للجسمين بعد التصادم صفراً أيضاً. ولأن التصادم عديم المرونة، فيجب أن يتوقف الجسمان الملتحمان ليكون زخمهما صفراً بعد التصادم.
- وكونهما متوقفين يعني أن طاقتهما الحركية قبل التصادم قد فقدت بعده.

س/ أوضحُ: متى يكون الزخم الخطي لنظام محفوظاً؟

ج/ إذا كان النظام معزولا، أي أن محصلة القوى الخارجية المؤثرة في النظام تساوي صفر. والقوى الوحيدة المؤثرة عليه هي القوى الداخلية (الفعل ورد الفعل).

س/ الفكرة الرئيسة: ما نوعا التصادم بحسب حفظ الطاقة الحركية؟ وما الفرق بينهما؟

1- التصادم المرن: وتكون فيه الطاقة الحركية محفوظة.

2- التصادم غير المرن: وتكون فيه الطاقة الحركية غير محفوظة.

س/ أفسر: عندما تتصادم سيارتان فإنهما عادةً لا تلتحمان معا؛ فهل يعني ذلك أن تصادمهما مرن؟ أوضح إجابتي.

ج/ لا، تصادم سيارتين معا هو تصادم غير مرن يحدث فيه ضياع للطاقة، إذ يتحول جزءاً منها إلى أشكال أخرى من الطاقة. حيث يحدث تشوه في هيكل السيارة الخارجي وهذا يحتاج إلى بذل شغل على حساب طاقة النظام. كما أن الاحتكاك يستهلك جزءا من الطاقة أيضاً.

س/ أحلّل وأستنتج: تصادم جسمان تصادما مرناً. أجيب عمّا يأتي:

أ- هل مقدار الزخم الخطي لكل جسم قبل التصادم يساوي مقدار زخمه الخطي بعد التصادم؟ أفسر إجابتي.

ب- هل مقدار الطاقة الحركية لكل جسم قبل التصادم يساوي مقدار طاقته الحركية بعد التصادم؟ أفسّر إجابتي.

ج/ أ- ليس بالضرورة، فقد يتغير الزخم لكل جسم، لكن الزخم الخطي للنظام هو من يبقى محفوظا

ب- ليس بالضرورة، فقد تتغير الطاقة لكل جسم، لكن الطاقة الحركية للنظام هي من تبقى محفوظة.

س/ أحلّل: يقف صياد على سطح قارب صيد طويل ساكن، ثم يتحرك من نهاية القارب نحو مقدمته أجيب عما يأتي:

أ- أفسر: هل يتحرك القارب أم لا؟ أفسّر إجابتي.

ب- أقارن بين مجموع الزخم الخطي للقارب والصيّاد قبل بدء حركة الصياد وبعد حركته.

أ- القارب والصياد يشكلان نظاماً معزولاً، ولأنهما ابتداءً في حالة سكون، فإن الزخم الكلي للنظام يكون صفراً. ويجب أن يبقى كذلك بعد حركة الصياد للأمام، ومع امتلاك الصياد زخماً خطياً نحو مقدمة القارب، يجب أن يمتلك القارب زخماً باتجاه نهاية القارب ومساوياً لزخم الصياد لكي يبقى الزخم الكلي محفوظاً. فيتحرك القارب باتجاه معاكس لحركة الصياد وبنفس مقدار زخمه.

ب- القارب والصياد هما النظام، وزخم النظام يبقى محفوظاً في النظام المعزول. أي أن مجموع الزخم الكلي للقارب والصياد معاً يبقى ثابتاً ولا يتغير، وقيمته تساوي صفر.

س/ أحلّل وأستنتج: في أثناء مشاهدة هند عرضاً عسكرياً لمجموعة من جنود الجيش العربي الأردني لفت انتباهها إسناد الجنود كعوب بنادقهم على أكتافهم بإحكام عند إطلاق الرصاص منها. لماذا يفعلون ذلك؟

لأن البندقية والرصاصة بداخلها تعد نظاماً معزولاً، فعند انطلاق الرصاصة، ترتد البندقية إلى الخلف للإبقاء على الزخم الكلي للنظام صفراً كما كان قبل إطلاق الرصاصة. فإذا كانت البندقية بعيدة عن الكتف، فإنها أثناء عودتها للخلف، تصطدم بالكتف، وقد تسبب لحاملها إصابة. أما إذا كانت مسندة إلى الكتف، فإنها والكتف تعود إلى الخلف دون تعريض الكتف لأي إصابة. كذلك عدم إسنادها إلى الكتف قد يؤدي إلى سقوطها عند عودتها إلى الخلف بزخم معاكس لزخم الرصاصة.

س/ أفسّرُ: تُغيّر المركبة الفضائية مقدار سرعتها واتجاه حركتها باندفاع غازات منها. أوضح كيف يعمل اندفاع الغازات على تغيير مقدار السرعة واتجاهها.

المركبة الفضائية والغازات المنبعثة منها تشكل نظاماً معزولاً، ولهذا يكون الزخم الخطي للغازات المندفعة للأسفل عند انطلاق الصاروخ، مما يجعل الزخم الخطي الصاروخ نحو الأعلى، لكي يتحقق مبدأ حفظ الزخم الخطي، فينطلق الصاروخ للأعلى. وكلما زادت سرعة اندفاع الغازات، يزداد بالمقابل سرعة انطلاق الصاروخ. ويكون اتجاه اندفاع الصاروخ معاكساً لاتجاه انطلاق الغازات، وهكذا يتم التحكم باتجاه حركة الصاروخ.

س/ أفسرُ ما يأتي:

تقف نرجس على زلاجة ساكنة موضوعة على أرضيّة غرفة ملساء وهي تحمل حقيبتها.

وعندما قذفت حقيبتها إلى الأمام تحركت هي والزلاجة معاً إلى الخلف.

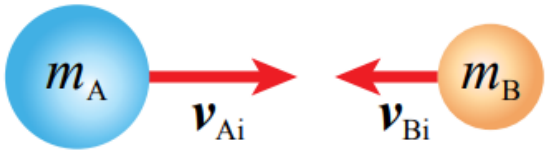
- نرجس والزلاجة من جهة، والحقيبة من جهة أخرى تشكلان نظاماً محفوظاً. ولهذا يجب أن يكون الزخم الكلي للنظام معزولاً. ولأن نرجس والحقيبة في البداية في حالة سكون، فإن الزخم الكلي لهما يكون صفراً، وعند قذف الحقيبة للأمام، ستمتلك الحقيبة زخماً نحو الأمام، ولكي يكون مجموع الزخم صفراً بعد التصادم، يجب أن ترجع نرجس والزلاجة للخلف ليكون زخمها مساوياً ومعاكساً لزخم الحقية بعد الانقسام.

المثال 7

تتحرك الكرة (A) باتجاه محور $+x$ بسرعة $(6.0\ m/s)$؛ فتصطدم رأساً برأس بكرةٍ أخرى (B) أمامها تتحرك باتجاه محور $+x$ بسرعة $(3.0\ m/s)$. أنظرُ الشكل (18). بعد التصادم تحرّكت الكرة (B) بسرعة مقدارها $(2.0\ m/s)$ باتجاه محور x+. إذا علمتَ أن $(m_A = 5.0\ kg\ , m_B = 3.0\ kg)$، فأجيب عما يأتي:

أ- أحسب سرعة الكرة (A) بعد التصادم.

ب- أحدّد نوع التصادم.



الشكل (18): تصادم كرتين في بُعد واحد.

سؤال

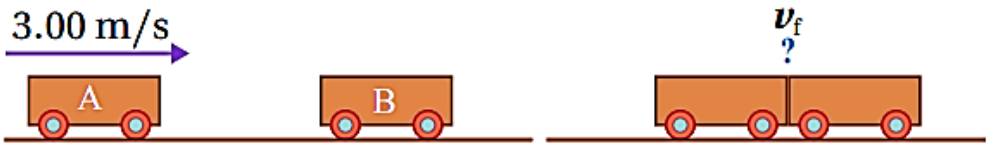
كرة (A) كتلتها $(0.2\ kg)$ تتحرك شرقاً بسرعة $(3\ m/s)$ اصطدمت رأساً برأس بكرة أخرى (B) مماثلة لها تتحرك غرباً بسرعة $(2\ m/s)$ بعد التصادم تحركت الكرة (A) بسرعة $(2\ m/s)$ نحو الغرب احسب:

أ- سرعة الكرة (B) بعد التصادم

ب- ما نوع التصادم

المثال 9

عربة قطار (A) كتلتها $(1.80 \times 10^3\ kg)$ تتحرّك في مسار أفقي مستقيم لسكة حديد بسرعة مقدارها $(3.00\ m/s)$ باتجاه محور $+x$، فتصطدم بعربة أُخرى (B) كتلتها $(2.20 \times 10^3\ kg)$ تقف على المسار نفسه، وتلتحمان معاً وتتحرّكان على المسار المستقيم لسكة الحديد نفسه، كما هو موضح في الشكل (19). أُجيب عما يأتي:



الشكل (19): تصادم عربتي قطار.

أ- أحسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم، وأُحدّد اتجاهها.

ب- ما نوع التصادم؟ وهل الطاقة الحركية محفوظة في هذا النوع من التصادمات؟ أُبرّر إجابتي.

سـ كرة (A) تتحرك بسرعة $(2\ m/s)$ غرباً؛ فتصطدم بكرة أُخرى ساكنة (B) مماثلة لها تصادماً مرناً في بعد واحد. إذا توقفت الكرة (A) بعد التصادم، فإن مقدار سرعة الكرة (B) واتجاهها بعد التصادم يساوي:

أ- $2\ m/s$ شرقاً ب- $2\ m/s$ غرباً حـ- $1\ m/s$ شرقاً ء- $1\ m/s$ غرباً

ب

المثال 8

كرتا بلياردو كتلة كلّ منهما $(0.16\ kg)$. تتحرك الكرة (A) باتجاه محور $+x$ بسرعة $(2\ m/s)$ نحو الكرة (B) الساكنة وتتصادمان رأساً برأس تصادماً مرناً، انظر الشكل (19).

أحسب مقدار سرعة الكرة (B) بعد التصادم .

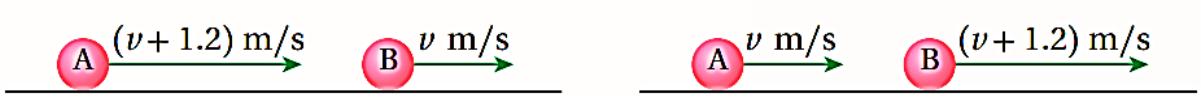
الشكل (19): تصادم مرن لكرتين في بُعد واحد.

٣- **أستخدم الأرقام:** تتحرك كرة زجاجية كتلتها $(1.0\ kg)$ باتجاه الغرب بسرعة مقدارها $(0.5\ m/s)$، فتصطدم رأساً برأس بكرة زجاجية أخرى كتلتها $(2.0\ kg)$ تتحرك شرقاً بسرعة مقدارها $(0.4\ m/s)$. بعد التصادم ارتدت الكرة الأولى شرقاً بسرعة مقدارها $(0.7\ m/s)$. أُجيب عمّا يأتي:

أ- أحسب سرعة الكرة الثانية بعد التصادم.

ب- أحدّد نوع التصادم.

س أحلّل وأستنتج: كرتا بلياردو (A و B) لهما الكتلة نفسها وتتحركان في الاتجاه نفسه في خط مستقيم، كما هو موضح في الشكل. بالاستعانة بالبيانات المثبتة في الشكل، أبين إذا كان التصادم مرنا أم غير مرن.



أحسب التغير في الطاقة الحركية للكرتين كما يأتي:

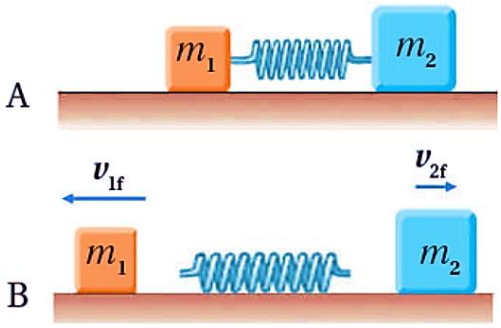
$$\Delta K.E = K.E_f - K.E_i$$

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

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

إذا التصادم مرن.

نعم مرن

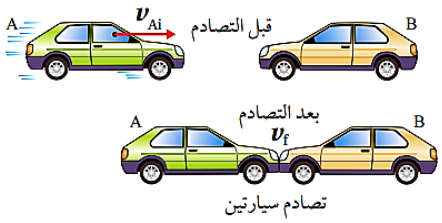


س أحلّل وأستنتج: وضعت إسلام نابض خفيف مضغوط بين صندوقين كتلتيهما m_1 و m_2 موضوعين على سطح أفقي أملس، كما هو مبين في الشكل A. لحظة إفلات إسلام النابض، تحرّك الصندوقان باتجاهين متعاكسين كما في الشكل B. إذا علمت أن $(m_2 = 2m_1)$، فأجد ما يأتي:

أ- نسبة سرعة الصندوق الأول النهائية إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني النهائية لحظة ابتعاد كل منهما عن النابض.

ب- نسبة طاقة الحركة للصندوق الأول إلى طاقة الحركة للصندوق الثاني.

أمثلة على التصادم عديم المرونة (الالتحام)



س/ أحسب السيارة (A) كتلتها $(1.1 \times 10^3\ kg)$ تتحرك بسرعة $(6.4\ m/s)$ باتجاه محور $+x$، فتصطدم رأساً برأس بسيارة ساكنة (B) كتلتها $(1.2 \times 10^3\ kg)$ وتلتحم السيارتان معاً بعد التصادم وتتحركان على المسار المستقيم نفسه قبل التصادم، كما هو موضح في الشكل المجاور. أحسب ما يأتي:

أ. سرعة السيارتين بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.

ب. الدفع الذي تؤثر به السيارة (B) في السيارة (A).

تمرين

أستخدم الأرقام: 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 $(m_A = m_B = 5000\ kg)$ أحسب الطاقة الحركية المفقودة في التصادم.

س/ أطلقت مريم سهما كتلته $(0.20\ kg)$ أفقياً بسرعة مقدارها $(15\ m/s)$ باتجاه الغرب نحو هدف ساكن كتلته $(5.8\ kg)$، فاصطدم به واستقر فيه وتحرّكا كجسم واحد نحو الغرب. أحسب مقدار ما يأتي:

أ- سرعة النظام (السهم والهدف) بعد التصادم.

ب- التغير في الطاقة الحركية للنظام.

$0.5\ m/s\ , x^-$
$-21.75\ J$

س/ يركض عمر شرقًا بسرعة $(4.0\ m/s)$، ويقفز في عربة كتلتها $(90.0\ kg)$ تتحرك شرقاً بسرعة مقدارها $(1.5\ m/s)$. إذا علمتَ أن كتلة عمر $(60.0\ kg)$؛ فما مقدار سرعة حركة عمر والعربة معا؟ وما اتجاهها؟

أ- $2.0\ m/s$ شرقاً ب- $5.5\ m/s$ غرباً حـ- $4.2\ m/s$ غرباً ء- $2.5\ m/s$ شرقاً

ء

✸ أقرأ الفقرة الآتية، ثم أجيب عن الأسئلة (1-3) بافتراض الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

سيارة رياضية كتلتها $(1.0 \times 10^3\ kg)$ تتحرك شرقاً $(+x)$ بسرعة ثابتة مقدارها $(90.0\ m/s)$، فتصطدم بشاحنة كتلتها $(3.0 \times 10^3\ kg)$ تتحرّك في الاتجاه نفسه. بعد التصادم التحمتا معاً وتحركتا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادم بسرعة مقدارها $(25\ m/s)$.

① ما الزخم الخطيّ الكُلّي للسيارة والشاحنة بعد التصادم؟

أ- $-7.5 \times 10^4\ kg.m/s$ ب- $1.0 \times 10^5\ kg.m/s$

حـ- $7.5 \times 10^4\ kg.m/s$ ء- $-1.0 \times 10^5\ kg.m/s$

② ما الزخم الخطي الكلي للسيارة والشاحنة قبل التصادم؟

أ- $-7.5 \times 10^4\ kg.m/s$ ب- $7.5 \times 10^4\ kg.m/s$

حـ- $1.0 \times 10^5\ kg.m/s$ ء- $-1.0 \times 10^5\ kg.m/s$

③ ما السرعة المتجهة للشاحنة قبل التصادم مباشرة؟

أ- $-25\ m/s$ ب- $25\ m/s$ حـ- $-3.3\ m/s$ ء- $3.3\ m/s$

ب
حـ
ء

س/ أستخدم المتغيرات: كرة صلصال كتلتها $(2\ kg)$ تتحرك شرقاً بسرعة ثابتة، وتصطدم بكرة صلصال أخرى ساكنة، فتلتحمان معاً وتتحركان شرقاً بسرعة يساوي مقدارُها رُبعَ مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى. أحسبُ مقدار كتلة الكرة الثانية.

$6\ kg$

س/ أصدر حكماً: تتحرك شاحنة غرباً بسرعة ثابتة؛ فتصطدم تصادما عديم المرونة مع سيارة صغيرة تتحرّك شرقاً بمقدار سرعة الشاحنة نفسه. أُجيب عمّا يأتي:

أ- أيهما يكون مقدار التغير في زخمها الخطي أكبر: الشاحنة أم السيارة؟

ب- أيهما يكون مقدار التغير في طاقتها الحركية أكبر: الشاحنة أم السيارة؟

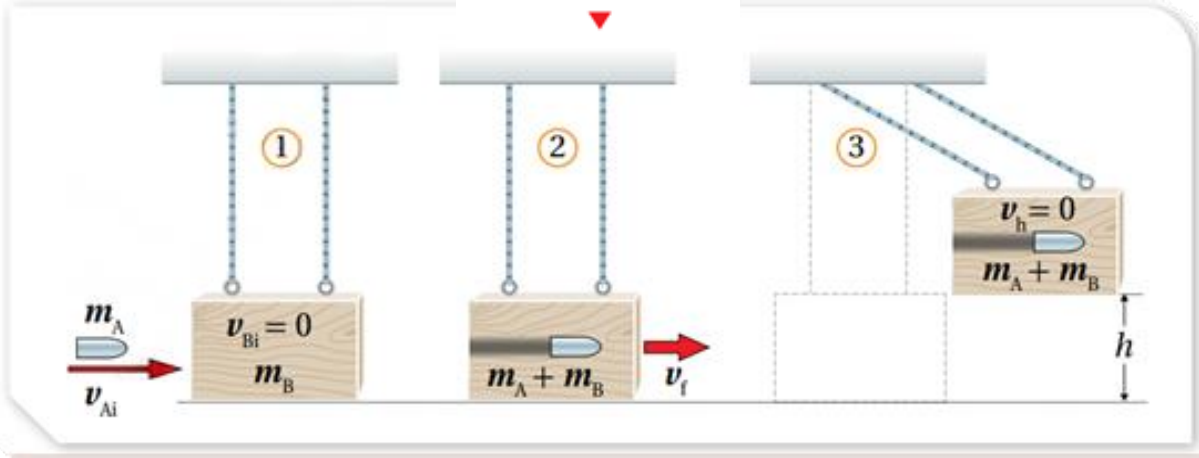
متساوي
الشاحنة

البندول القذفي

- يعد البندول القذفي من التطبيقات الهامة على النوع الثالث للتصادمات؛ وهو التصادم عديم المرونة.
- يدمج هذا التطبيق بين درس التصادمات وبين درس حفظ الطاقة الميكانيكية.
- فكرة الدرس: هي ان صندوق خشبي ساكن تخترقه رصاصة متحركة وتستقر بداخله، وبنطلق الجسمان بعد التصادم كجسم واحد له سرعة واحدة.
- لأن البندول القذفي من تطبيقات تصادمات الأجسام، فإنه الزخم الخطي للنظام محفوظ. ولأنه تصادم عديم المرونة فان الطاقة الحركية غير محفوظة
- يستخدم البندول القرض عملياً لقياس مقدار سرعة مقذوف مثل رصاصة أو سهم
- يستخدم قانون حفظ الزخم الخطي وقانون حفظ الطاقة الميكانيكية لمعرفة سرعة الرصاصة الابتدائية

- في تطبيق البندول القذفي لا يوجد طاقة ضائعة لان البندول سيتحرك في الهواء ولهذا يعد النظام محافظاً عند الحركة من النقطة (2) إلى النقطة (3) ولذا تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة
  - تكون (h) في النقطة (2) تساوي صفر لأننا نفرض انها مستوى الاسناد
  - تكون (v) عند النقطة (3) عند اقصى ارتفاع تساوي صفر لأن الجسم يتوقف لحظياً

الشكل (21): تحرّك البندول القذفي جانبيًّا بعد اختراق الرصاصة له.



- هنا يكون الزخم الخطي محفوظاً في التصادم عديم المرونة بين الرصاصة والبندول
- تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للسهم قبل التصادم، كما تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للبندول والرصاصة بدءاً من حركتهما معاً بعد التصادم مباشرة، وحتى وصولهما اقصى ارتفاع، وذلك عند اهمال قوى الاحتكاك

هنا

m_A ← كتلة الرصاصة

m_B ← كتلة اللوح الخشبي

V_f ← السرعة النهائية للرصاصة واللوح الخشبي

V_{Ai} ← السرعة الابتدائية للرصاصة قبل التصادم

نطبق حفظ الزخم الخطي بين النقطتين ① و ②

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi} = (m_A + m_B) V_f$$

$$m_A V_{Ai} + 0 = (m_A + m_B) V_f$$

$$\boxed{V_{Ai} = \frac{m_A + m_B}{m_A} V_f}$$

$$\boxed{V_{Ai} = \frac{m_A + m_B}{m_A} \sqrt{2gh}}$$

نطبق حفظ الطاقة الميكانيكية وهنا بين النقطتين ② و ③

$$ME_2 = ME_3$$

$$K.E_2 + P.E_2 = K.E_3 + P.E_3$$

$$\frac{1}{2}(m_A + m_B){V_f}^2 + 0 = 0 + (m_A + m_B)gh$$

$$\frac{1}{2}(m_A + m_B){V_f}^2 = (m_A + m_B)gh$$

$${V_f}^2 = \frac{2(m_A + m_B)}{m_A + m_B} gh$$

$${V_f}^2 = 2gh$$

$$\boxed{V_f = \sqrt{2gh}}$$

g : تسارع السقوط الحر $(g = 10\ m/s^2)$

المختصر وقبل البدء بحل الأمثلة

السرعة الابتدائية للرصاصة V_{Ai}

$$V_{Ai} = \frac{m_A + m_B}{m_A} V_f$$

$$V_{Ai} = \frac{m_A + m_B}{m_A} \sqrt{2gh}$$

السرعة النهائية للنظام V_f

$$V_f = \frac{V_{Ai}\, m_A}{m_A + m_B}$$

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

المثال 10

أطلق سعد سهماً كتلته $(0.03\ kg)$ أفقياً باتجاه بندول قذفي كتلته $(0.72\ kg)$؛ فاصطدم به والتحما معاً، بحيث كان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له $(20\ cm)$. بافتراض تسارع السقوط الحر $(10\ m/s^2)$، وبإهمال القوى الخارجية، أجيب عما يأتي:

أ- أي مراحل حركة النظام المُكوّن من البندول والسهم يكون فيها الزخم الخطي محفوظاً؟

ب- أي مراحل حركة النظام تكون فيها الطاقة الميكانيكية محفوظة؟

حـ- أحسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم.

تمرين

أحسب: أطلق محقق رصاصةً كتلتها $(0.030\ kg)$ أفقياً باتجاه بندول قذفي كتلته $(0.97\ kg)$، فاصطدمت به والتحما معاً، فكان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له $(45\ cm)$. أحسب مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة.

س/ أطلقت مريم سهما كتلته $(0.20\ kg)$ أفقياً بسرعة مقدارها $(15\ m/s)$ باتجاه الغرب نحو هدف ساكن كتلته $(5.8\ kg)$ فاصطدم به واستقر فيه وتحركا كجسم واحد نحو الغرب. أحسب مقدار ما يأتي:

أ. سرعة النظام (السهم والهدف) بعد التصادم.

ب. التغير في الطاقة الحركية للنظام.

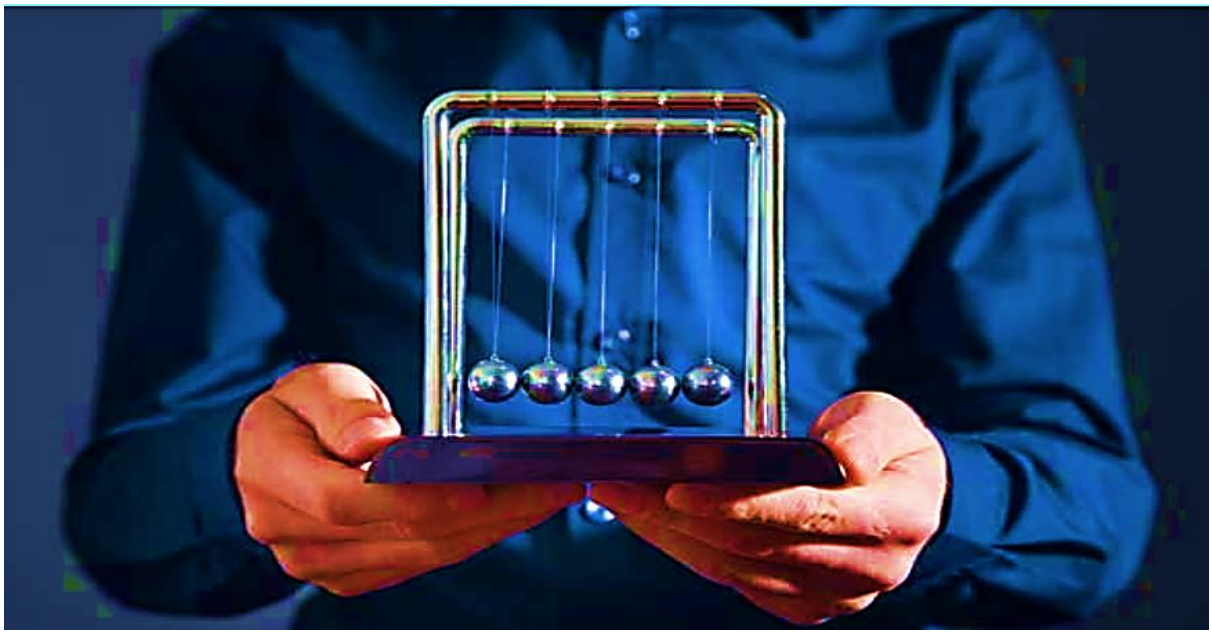
من التطبيقات العملية على حفظ الزخم الخطي

كرات نيوتن

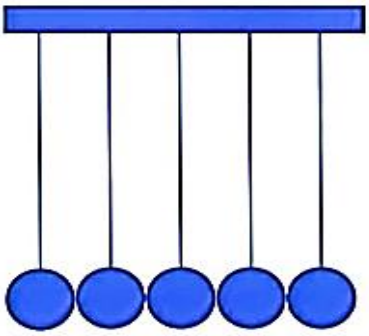
س/ تفكير ناقد تظهر في الشكل أدناه لعبة شهيرة تسمى كرات نيوتن (Newton's cardle)؛ تتكون من كرات عدة فلزية متماثلة متراصة معلّقة بخيوط خفيفة. عند سحب إحدى الكرات الفلزية الخارجية نحو الخارج ثم إفلاتها؛ فإنّها تصطدم تصادماً مرناً بالكرة التي كانت مجاورة لها، وبدلاً من حركة هذه الكرة؛ ألاحظ أن الكرة الخارجية على الجانب الآخر من اللعبة تقفز في الهواء.

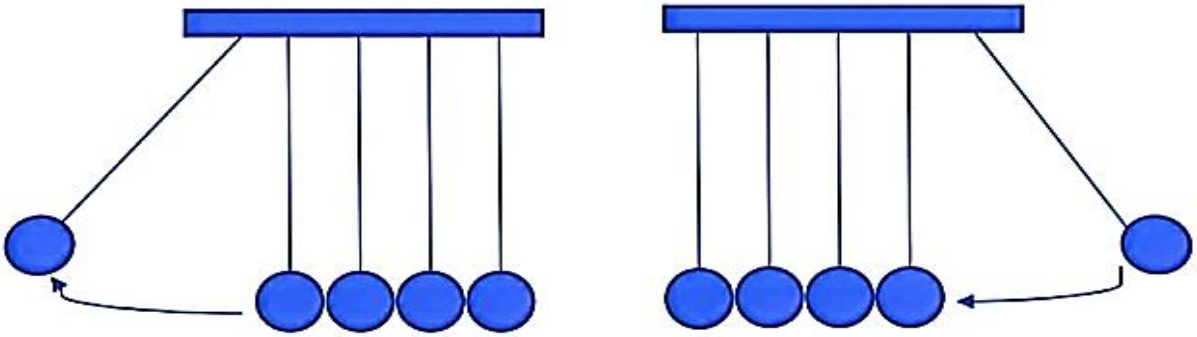
أ- أفسر ما الذي حدث.

ب- أتوقع: ماذا سيحدث إذا سحبت كرتين من الجانب الأيسر جانبياً ثم أفلتهما معا؟

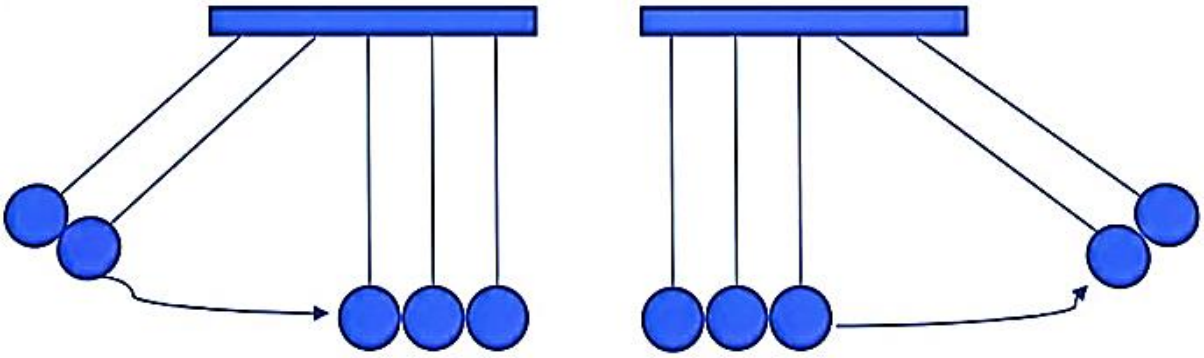


أ- عند سحب الكرة (1) إلى اليمين ومن ثم إفلاتها، فإنها تصطدم بالكرة رقم (2) تصادماً مرناً بسرعة مقدارها (v) نحو اليسار، فيكون زخمها (mv) لليسار، ويكون زخم الكرة زخماً للنظام ككل لأن باقي الكرات ساكنة، وزخمها يساوي صفر. ولإن النظام معزول، فيجب أن يبقى زخمه محفوظاً بعد التصادم، فيجب أن تنطلق كرة أخرى بنفس الزخم مقداراً واتجاهاً، فتنطلق الكرة رقم (5) نحو اليسار وبنفس مقدار السرعة (v). ولأن التصادم مرن والطاقة محفوظة، تصل الكرة (5) إلى نفس ارتفاع الكرة (1) الأصلي.





ب- ستنطلق الكرتان (1) و (2) من الجهة اليمنى نحو اليمين بنفس السرعة وإلى نفس الارتفاع لكي يتحقق مبدأ حفظ الزخم ومبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية.



أسئلة سنوات سابقة:

1- في جميع أنواع التصادمات بين الأجسام في الأنظمة المعزولة فإن:

أ. الطاقة الحركية للأجسام تبقى محفوظة

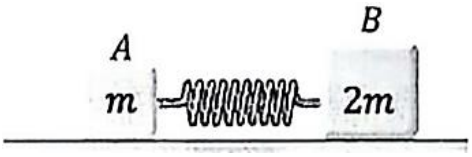
ب. الزخم الخطي الكلي للأجسام يبقى ثابتاً

حـ. مجموع سرعات الأجسام قبل التصادم يساوي مجموع سرعاتها بعد التصادم

ء. مجموع القوى الداخلية المؤثرة في الأجسام يساوي مجموع القوى الخارجية المؤثرة فيها

الحل ب

2- وضع نابض خفيف مضغوط بين صندوقين (A, B) كتلتيهما $(m, 2m)$ موضوعين على سطح أفقي أملس، كما في الشكل المجاور. إذا أفلت النابض لينطلق الصندوقان باتجاهين متعاكسين، فإنه لحظة ابتعاد كل منهما عن النابض يكون:



أ. مجموع الطاقة الحركية للصندوقين يساوي صفراً

ب. مجموع الزخم الخطي للصندوقين يساوي صفراً

حـ. الطاقة الحركية للصندوق (B) تساوي مثلي الطاقة الحركية للصندوق (A)

ء. الزخم الخطي للصندوق (B) يساوي مثلي الزخم الخطي للصندوق (A)

الحل ب

✸ **تتحرك كرة (A) كتلتها $(2\ kg)$ شرقاً بسرعة $(6\ m/s)$ فتصطدم رأساً برأس بكرة أخرى (B) كتلتها $(4\ kg)$ تتحرك غرباً بسرعة $(8\ m/s)$ إذا علمت أن الكرة (A) ارتدت بعد التصادم مباشرة غرباً بسرعة $(5\ m/s)$، أجب عن الفقرتين (3، 4) الآتيتين:**

3- مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة (A) بوحدة $(kg.m/s)$ واتجاهه على الترتيب:

أ. (2) شرقاً ب. (2) غرباً حـ. (22) شرقاً ء. (22) غرباً

الحل ء

4- مقدار سرعة الكرة (B) بعد التصادم مباشرة بوحدة (m/s) واتجاهها على الترتيب:

أ. (2.5) غرباً ب. (2.5) شرقاً حـ. (5) غرباً ء. (5) شرقاً

الحل أ

5- أطلقت قذيفة أفقياً من مدفع ساكن كتلتها $(30\ kg)$ بسرعة $(100\ m/s)$ باتجاه $(+x)$. التغير في الزخم الخطي للمدفع بوحدة $(kg.m/s)$ يساوي:

أ. صفر
ب. 3×10^3 باتجاه $(+x)$
حـ. 6×10^3 باتجاه $(-x)$
ء. 3×10^3 باتجاه $(-x)$

الجواب: ء

6- تكون الطاقة الحركية الخطية محفوظة في إحدى الحالات الآتية:

أ. في التصادمات المرنة
ب. عندما يكون الزخم الخطي محفوظاً
حـ. في جميع الأنظمة المعزولة
ء. في جميع أنواع التصادمات

الجواب: أ

7- عند اصطدام كرة مطاطية بسطح صلب، فإن التصادم يوصف بأنه:

أ. مرن وتكون الطاقة الحركية فيه محفوظة
ب. غير مرن وتكون الطاقة الحركية فيه محفوظة
حـ. غير مرن وتكون الطاقة الحركية فيه غير محفوظة
ء. عديم المرونة وتكون الطاقة الحركية فيه غير محفوظة

الجواب: حـ

✸ **جسم (A) كتلته (m) ينزلق على مسار أفقي مستقيم أملس بسرعة (v) باتجاه $(+x)$، اصطدم رأساً برأس بجسم آخر (B) كتلته $(2m)$ ينزلق على المسار نفسه بسرعة (v) باتجاه $(-x)$. إذا علمت أن الجسمين التحما معاً وتحركاً على المسار المستقيم نفسه، أجب عن الفقرتين (8، 9) الآتيتين:**

8- سرعة الجسمين بعد التصادم بدلالة (v) واتجاهها على الترتيب:

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

الجواب: ب

9- الطاقة الحركية لنظام الجسمين قبل التصادم بدلالة كل من (m) و (v) تساوي:

أ. $\left(\frac{1}{2}\ mv^2\right)$
ب. $\left(\frac{2}{3}\ mv^2\right)$
حـ. (mv^2)
ء. $\left(\frac{3}{2}\ mv^2\right)$

الجواب: ء

✸ كرة (A) كتلتها $(2\ kg)$ تتحرك بسرعة $(5\ m/s)$ شرقاً، فتصطدم رأساً برأس بكرة أخرى ساكنة (B) كتلتها $(8\ kg)$. إذا تغير الزخم الخطي للكرة (A) نتيجة التصادم بمقدار $(-16\ kg.m/s)$ فأجب عن الفقرتين (10، 11) الآتيتين:

10- مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم مباشرة بوحدة (m/s)، واتجاهها على الترتيب:

أ. (2)، شرقاً　　ب. (2)، غرباً　　حـ. (3)، شرقاً　　ء. (3)، غرباً

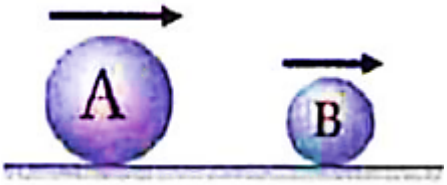
الجواب: ء

11- التغير في الطاقة الحركية للكرة (B) بوحدة جول (J) يساوي:

أ. 8　　ب. 12　　حـ. 16　　ء. 36

الجواب: حـ

12- في الشكل المجاور تتحرك كرة (A) باتجاه $(+x)$، فتصطدم رأساً برأس بكرة أخرى (B) تتحرك أمامها بالاتجاه نفسه وكتلتها أقل من كتلة الكرة (A). إذا استمرت الكرتان بعد التصادم في الحركة في الاتجاه نفسه، يكون اتجاه التغير في الزخم الخطي لكلاً الكرتين نتيجة التصادم:



أ. باتجاه $(+x)$

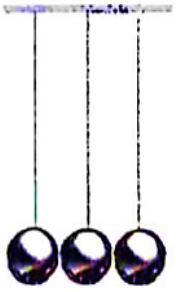
ب. للكرة (A) باتجاه $(+x)$ والكرة (B) باتجاه $(-x)$

حـ. باتجاه $(-x)$

ء. للكرة (B) باتجاه $(+x)$ والكرة (A) باتجاه $(-x)$

الجواب: ء

13- في الشكل ثلاث كرات فلزية متماثلة متراصة معلقة بخيوط خفيفة. إذا سحبت الكرة التي على الجانب الأيمن نحو اليمين ثم أفلتت، لتصطدم تصادماً مرناً بالكرة التي كانت مجاورة لها بسرعة (v)، فإن الذي يحدث بعد التصادم مباشرة:



أ. تسكن الكرة المتحركة، وتقفز الكرة التي على الجانب الأيسر بسرعة (v)

ب. تسكن الكرة المتحركة، وتقفز الكرتان الساكنتان بسرعة $\left(\frac{1}{2}v\right)$ لكل منهما

حـ. ترتد الكرة المتحركة بسرعة $\left(\frac{1}{2}v\right)$، وتقفز الكرة التي على الجانب الأيسر بسرعة $\left(\frac{1}{2}v\right)$

ء. ترتد الكرة المتحركة بسرعة $\left(\frac{1}{2}v\right)$، وتقفز الكرتان الساكنتان بسرعة $\left(\frac{1}{3}v\right)$ لكل منهما

الجواب: أ

✸ أطلقت قذيفة كتلتها $(200\ g)$ أفقياً باتجاه الشرق $(+x)$ نحو هدف ساكن كتلته $(4\ kg)$، فاصطدمت به واستقرت فيه وتحركا كجسم واحد نحو الشرق بسرعة $(5\ m/s)$ معتمداً على هذه البيانات أجب عن الفقرتين (14، 15) الأتيتين:

14- مقدار سرعة القذيفة قبل اصطدامها بالهدف مباشرة بوحدة (m/s) يساوي:

أ. 10 ب. 100 حـ. 105 ء. 210

الحل: حـ

15- الزخم الخطي الكلي للقذيفة والهدف بعد التصادم مباشرة بوحدة $(kg.m/s)$ يساوي:

أ. -20 ب. $+20$ حـ. -21 ء. $+21$

الحل: ء

16- يقف صياد كتلته (m) على سطح قارب صيد كتلته (M) ساكن على سطح الماء، ثم يتحرك الصياد بسرعة (v) من نهاية القارب نحو مقدمته. إذا علمت أن $(M > m)$، فإن العبارة التي تصف بشكل صحيح ما يحدث نتيجة حركة الصياد:

أ. يتحرك القارب بسرعة (v) باتجاه حركة الصياد نفسه

ب. يتحرك القارب بسرعة (v) بعكس اتجاه حركة الصياد

حـ. يكتسب القارب زخماً خطياً مساوياً لمقدار الزخم الخطي للصياد وله الاتجاه نفسه

ء. يكتسب القارب زخماً خطياً مساوياً لمقدار الزخم الخطي للصياد ويعاكسه في الاتجاه

الحل: ء

✸ كرة (A) كتلتها $(2\ kg)$ تتحرك بسرعة $(5\ m/s)$ شرقاً، فتصطدم بكرة أخرى ساكنة (B) كتلتها $(8\ kg)$ تصادماً مرناً في بعدٍ واحد. إذا أصبحت الطاقة الحركية للكرة (A) بعد التصادم مباشرة $(9\ J)$. فأجب عن الفقرتين (17، 18) الأتيتين:

17- الطاقة الحركية للكرة (B) بعد التصادم مباشرة بوحدة جول (J) تساوي:

أ. 11 ب. 16 حـ. 25 ء. 34

الحل: ب

18- مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم مباشرة بوحدة (m/s)، واتجاهها:

أ. 2 شرقاً ب. 2 غرباً حـ. 3 شرقاً ء. 3 غرباً

الحل: ء

✸ سيارة (A) كتلتها $(750\ kg)$ تتحرك شرقاً، فتصطدم رأساً برأس بسيارة أخرى (B) كتلتها $(500\ kg)$ تتحرك بسرعة $(12\ m/s)$ غرباً. إذا علمت أن كلا السيارتين توقفتاً تماماً بعد التصادم مباشرة، فأجب عن الفقرتين (19، 20) الأتيتين:

19- مقدار دفع السيارة (B) للسيارة (A) بوحدة $(N.s)$، واتجاهه:

أ. 6000 شرقاً　　ب. 6000 غرباً　　حـ. 9000 شرقاً　　ء. 9000 غرباً

الحل ب

20- مقدار سرعة السيارة (A) بوحدة (m/s) قبل التصادم مباشرة يساوي:

أ. 216　　ب. 96　　حـ. 18　　ء. 8

الحل ء

مراجعة الدرس

للحصول على حلول الأسئلة امسح الرمز

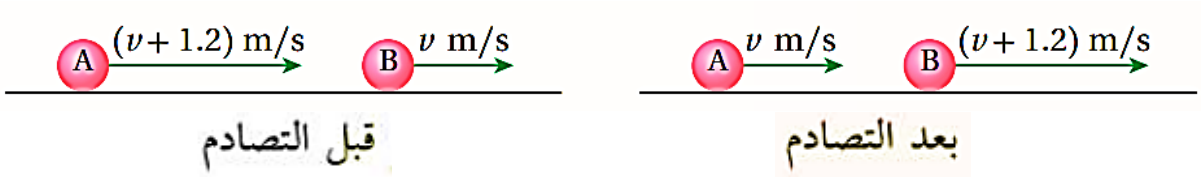
1. **الفكرة الرئيسة:** ما نوعا التصادم بحسب حفظ الطاقة الحركية؟ وما الفرق بينهما؟

2. **أفسر:** عندما تتصادم سيارتان فإنهما عادةً لا تلتحمان معا؛ فهل يعني ذلك أن تصادمهما مرن؟ أوضح إجابتي.

3. **أستنتج:** تصادم جسمان تصادما مرنا. أجيب عما يأتي:
   أ. هل يتساوي الزخم الخطي لكل جسم قبل التصادم مع زخمه الخطي بعد التصادم؟ أفسر إجابتي.
   ب. هل تتساوي الطاقة الحركية لكل جسم قبل التصادم مع طاقته الحركية بعد التصادم؟ أفسر إجابتي

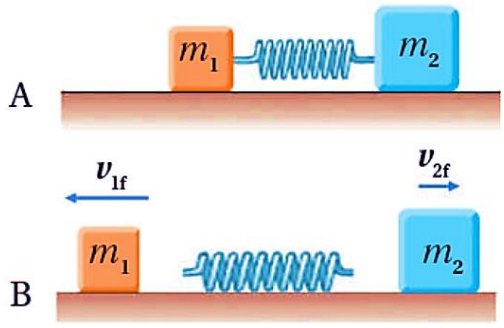
4. **أستخدم الأرقام:** كرة صلصال كتلتها $(2\ kg)$ تتحرك شرقاً بسرعة ثابتة، وتصطدم بكرة صلصال أخرى ساكنة، فتلتحمان معاً وتتحركان شرقاً بسرعة مقدارها ربع مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى. أحسب مقدار كتلة الكرة الثانية.

5. **أحلل واستنتج:** كرتا بلياردو (A و B) لهما الكتلة نفسها وتتحركان في الاتجاه نفسه في خط مستقيم، كما هو موضح في الشكل. بالاستعانة بالبيانات المثبتة في الشكل، أبين إذا كان التصادم مرنا أم غير مرن.



6. **أصدر حكماً:** تتحرك شاحنة غرباً بسرعة ثابتة؛ فتصطدم تصادماً عديم المرونة مع سيارة صغيرة تتحرك شرقاً بمقدار سرعة الشاحنة نفسه. أجيب عما يأتي:
   أ. أيهما يكون التغير في زخمها الخطي أكبر؛ الشاحنة أم السيارة؟
   ب. أيهما يكون التغير في طاقتها الحركية أكبر؛ الشاحنة أم السيارة؟

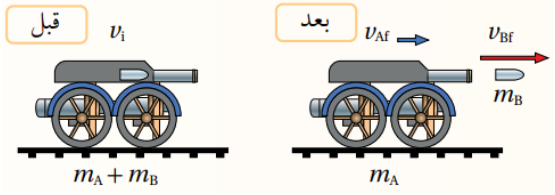
7. **أستنتج:** وضعت إسلام نابض خفيف مضغوط بين صندوقين كتلتيهما m_1 و m_2 موضوعين على سطح أفقي أملس، كما هو مبين في الشكل A. لحظة إفلات إسلام النابض، تحرّك الصندوقان باتجاهين متعاكسين كما في الشكل B. إذا علمت أن $(m_2 = 2m_1)$، فأجد ما يأتي:



أ- نسبة مقدار سرعة الصندوق الأول النهائية إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني النهائية لحظة ابتعاد كل منهما عن النابض.

ب- نسبة طاقة الحركة للصندوق الأول إلى طاقة الحركة للصندوق الثاني.

8. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:



1- عربة مدفع كتلتها والقذيفة بداخلها $(500\ kg)$ تتحرك على سكة حديد أفقية، كما في الشكل، أطلقت العربة قذيفة كتلتها $(20\ kg)$ بسرعة $(200\ m/s)$ شرقًا، فأصبحت سرعة العربة بعد الإطلاق $(5\ m/s)$ شرقاً. إذا علمت أن نظام العربة والقذيفة معزول؛ فإن سرعة النظام قبل الإطلاق مباشرة بوحدة (m/s) واتجاهها، يكونان :

أ. (8.5) غربًا ب. (8.5) شرقًا حـ. (12.5) غربًا ء. (12.5) شرقًا

2- كرتان من المعجون؛ الأولى كتلتها $(2\ kg)$ تتحرك بسرعة $(5\ m/s)$ باتجاه الشرق، فتصطدم بالكرة الثانية وكتلتها $(3\ kg)$ تتحرك بسرعة $(4\ m/s)$ باتجاه الغرب. بعد التصادم التحمت الكرتان معا وتحركتا بسرعة:

أ. (0.4) غربًا ب. (0.4) شرقًا حـ. (4.4) غربًا ء. (4.4) شرقًا

✸ **كرة (A) كتلتها $(0.8\ kg)$ تتحرك بسرعة $(5\ m/s)$ شرقًا؛ اصطدمت بكرة ساكنة (B) كتلتها $(2.4\ kg)$ تصادمًا مرنًا. إذا علمت أن طاقة حركة الكرة (A) بعد التصادم مباشرة أصبحت $(2.5\ J)$؛ فأجيب عن الفقرتين الآتيتين:**

3- سرعة الكرة (B) بعد التصادم مباشرة بوحدة (m/s) واتجاهها يكونان:

أ. (2.5) شرقًا ب. (7.5) شرقًا حـ. (2.5) غربًا ء. (7.5) غربًا

4- طاقة حركة الكرة (B) بعد التصادم مباشرة بوحدة جول (J) تساوي:

أ. (2.5) ب. (5) حـ. (7.5) ء. (10)

✸ عربة (A) كتلتها (m) تنزلق على مسار أفقي مستقيم أملس بسرعة (v) باتجاه $(-x)$، اصطدمت بعربة أخرى (B) كتلتها $(2\ m)$ تنزلق على المسار نفسه بسرعة (v) باتجاه $(+x)$. إذا علمت أن العربتين التحمتا معا بعد التصادم وتحركنا على المسار نفسه؛ أجيب عن الفقرتين الآتيتين:

5- سرعة الجسم الناتج عن التحام العربتين بعد التصادم بدلالة (v) تساوي:

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

حـ. (v) باتجاه $(+x)$ ء. (v) باتجاه $(-x)$

6- الطاقة الحركية للنظام المكون من العربتين قبل التصادم بدلالة كل من (m) و (v) تساوي:

أ. $\left(\frac{1}{2}\ mv^2\right)$ ب. $\left(\frac{2}{3}\ mv^2\right)$ حـ. (mv^2) ء. $\left(\frac{3}{2}\ mv^2\right)$

للحصول على حلول الأسئلة امسح الرمز

مراجعة الوحدة

① أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. كلما زاد زمن تأثير قوة (F) في جسم كتلته (m):
   - أ. زاد الدفع المؤثر فيه، وزاد التغير في زخمه الخطي.
   - ب. زاد الدفع المؤثر فيه، ونقص التغير في زخمه الخطي.
   - حـ. نقص الدفع المؤثر فيه، وزاد التغير في زخمه الخطي.
   - ء. نقص كل من: الدفع المؤثر فيه، والتغير في زخمه الخطي.

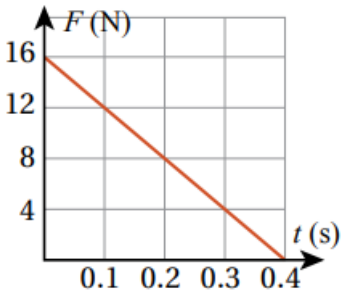
2. توفر الوسادة الهوائية الحماية للراكب عند حدوث التصادم، حيث تعمل على تقليل مقدار القوة التي تؤثر فيه؛ وذلك عن طريق:

   - أ. إنقاص معدل تغير الزخم الخطي.
   - ب. إنقاص التغير في الزخم الخطي.
   - حـ. زيادة معدل تغير الزخم الخطي.
   - ء. زيادة التغير في الزخم الخطي.

3. تتحرك سيارة شمالاً بسرعة ثابتة؛ بحيث كان زخمها الخطي يساوي $(9 \times 10^4\ N.s)$. إذا تحركت السيارة جنوباً بمقدار السرعة نفسه فإن زخمها الخطي يساوي:

   أ. $9 \times 10^4\ N.s$ ب. $-9 \times 10^4\ N.s$ حـ. $18 \times 10^4\ N.s$ ء. $0\ N.s$

4. جسم يلامس نابضًا مضغوطا، 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 $(8\ N)$.
   - حـ. الدفع $(4.6\ N.s)$، والقوة المتوسطة $(4\ N)$.
   - ء. الدفع $(12.8\ N.s)$، والقوة المتوسطة $(8\ N)$.

5. صندوقان $(A$ و $B)$ يستقران على سطح أفقي أملس. أثرت في كل منهما القوة المحصلة نفسها باتجاه محور $+x$ للفترة الزمنية (Δt) نفسها. إذا علمت أن كتلة الصندوق (m_A) أكبر من كتلة الصندوق (m_B)؛ فأي العلاقات الآتية صحيحة في نهاية الفترة الزمنية؟

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

حـ. $p_A = p_B \, , KE_A < KE_B$ ء. $p_A > p_B \, , KE_A > KE_B$

6. رميت كرة كتلتها m أفقياً بسرعة مقدارها v نحو جدار؛ فارتدت الكرة أفقياً بمقدار السرعة نفسه. إن مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة يساوي:

أ. mv ب. $-mv$ حـ. $2mv$ ء. صفراً

7. تتحرك قذيفة كتلتها $(5\ kg)$ بسرعة أفقية $(200\ m/s)$ شرقا، 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 حـ. (375) شرقًا ء. (375) غربًا

✸ أسقطت كرة كتلتها $(0.2\ kg)$ نحو الأسفل فاصطدمت بسطح الأرض بسرعة $(-4\ m/s)$، وارتدت 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. (1.4) إلى الأعلى ب. (0.2) إلى الأعلى

حـ. (1.4) إلى الأسفل ء. (0.2) إلى الأسفل

9. إن التغير في الطاقة الحركية للكرة بوحدة جول (J) يساوي:

أ. (-0.7) ب. (0.7) حـ. (1.6) ء. (-1.6)

10. كرة (A) تتحرك بسرعة $(2\ m/s)$ غرباء فتصطدم بكرة أخرى ساكنة (B) مماثلة لها تصادماً مرناً في بعدٍ واحد. إذا توقفت الكرة (A) بعد التصادم، فإن مقدار سرعة الكرة (B) واتجاهها بعد التصادم يساوي:

أ. $2\ m/s$ شرقاً ب. $2\ m/s$ غرباً حـ. $1\ m/s$ شرقاً ء. $1\ m/s$ غرباً

11. يركض عمر شرقا بسرعة $(4.0\ m/s)$، ويقفز في عربة كتلتها $(90.0\ kg)$ تتحرك شرقاً بسرعة مقدارها $(1.5\ m/s)$. إذا علمت أن كتلة عمر $(60.0\ kg)$؛ فما سرعة عمر والعربة معا؟

أ. $2.0\ m/s$ شرقاً ب. $5.5\ m/s$ غرباً حـ. $4.2\ m/s$ غرباً ء. $2.5\ m/s$ شرقاً

12. تقفز شذى من قارب ساكن كتلته $(300\ kg)$ إلى الشاطئ بسرعة أفقية مقدارها $(3\ m/s)$. إذا علمت أن كتلة شذى $(50\ kg)$ فما سرعة القارب؟

أ. $3\ m/s$ نحو الشاطئ ب. $3\ m/s$ بعيداً عن الشاطئ

حـ. $0.5\ m/s$ بعيداً عن الشاطئ ء. $18\ m/s$ نحو الشاطئ

✸ تتحرك سيارة صغيرة كتلتها $(1 \times 10^3\ kg)$ على طريق أفقية بسرعة $(10\ m/s)$ باتجاه الشرق، اصطدمت بشاحنة كتلتها $(4 \times 10^3\ kg)$ 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 حـ. $(5\ m/s)$ غربًا ء. $(4\ m/s)$ غربًا

14. ما الزخم الخطّي الكُلّي للنظام المكوّن من الشاحنة والسيارة قبل التصادم؟

أ. $(-10 \times 10^3\ kg.m/s)$ ب. $(10 \times 10^3\ kg.m/s)$

حـ. $(-30 \times 10^4\ kg.m/s)$ ء. $(30 \times 10^4\ kg.m/s)$

15. ما التغير في الطاقة الحركية للنظام نتيجة التصادم؟

أ. $(90 \times 10^3\ J)$ ب. $(-90 \times 10^3\ J)$ حـ. $(40 \times 10^3\ J)$ ء. $(-40 \times 10^3\ J)$

② **أفسر** ما يأتي:

أ. تقف نرجس على زلاجة ساكنة موضوعة على أرضية غرفة ملساء وهي تحمل حقيبتها. وعندما قذفت حقيبتها إلى الأمام تحركت هي والزلاجة معا إلى الخلف.

ب. تغطى أرضية ساحات الألعاب عادة بالعشب أو الرمل، حيث يكمن خطر سقوط الأطفال.

③ يقف صياد على سطح قارب صيد ساكن على سطح الماء، ثم يتحرك من نهاية القارب نحو مقدمته. أجيب عما يأتي:

أ. **أفسر:** هل يتحرك القارب أم لا؟ أفسر إجابتي.

ب. **أقارن** بين مجموع الزخم الخطي للقارب والصياد قبل بدء حركة الصياد وبعد حركته.

④ **أقارن:** جسمان (A و B) لهما الطاقة الحركية نفسها، هل يكون لهما مقدار الزخم الخطي نفسه؟ أفسر إجابتي.

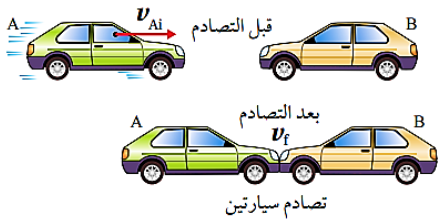
⑤ **أصدر حكماً:** في أثناء دراسة غيث لهذا الدرس، قال: «إن وسائل الحماية في السيارات قديماً أفضل منها في السيارات الحالية؛ إذ إن هياكل السيارات الحديثة مرنة تتشوه بسهولة عند تعرض السيارة لحادث، على عكس هياكل السيارات القديمة الصلبة». أناقش صحة قول غيث.

⑥ **أستخدم الأرقام:** تتحرك سيارة كتلتها $(1.35 \times 10^3\ kg)$ بسرعة مقدارها $(15\ m/s)$ شرقاً، فتصطدم بجدار وتتوقف تماماً خلال فترة زمنية مقدارها $(0.115\ s)$، فأحسب مقدار ما يأتي:

أ. التغير في الزخم الخطي للسيارة.

ب. القوة المتوسطة التي يؤثر بها الجدار في السيارة.

⑦ أحسب السيارة (A) كتلتها $(1.1 \times 10^3\ kg)$ تتحرك بسرعة $(6.4\ m/s)$ باتجاه محور $+x$، فتصطدم رأساً برأس بسيارة ساكنة (B) كتلتها $(1.2 \times 10^3\ kg)$ وتلتحم السيارتان معاً بعد التصادم وتتحركان على المسار المستقيم نفسه قبل التصادم، كما هو موضح في الشكل المجاور. أحسب مقدار ما يأتي:



أ. سرعة السيارتين بعد التصادم.

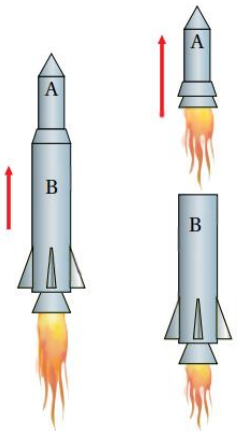
ب. الدفع الذي تؤثر به السيارة (B) في السيارة (A).

⑧ أستخدم الأرقام: أثرت قوة محصلة مقدارها $(1 \times 10^3\ N)$ في جسم ساكن كتلته $(10\ kg)$ وحرّكته باتجاهها مدة زمنية مقدارها $(0.01\ s)$. أحسب مقدار ما يأتي:

أ. التغير في الزخم الخطي للجسم.

ب. السرعة النهائية للجسم.

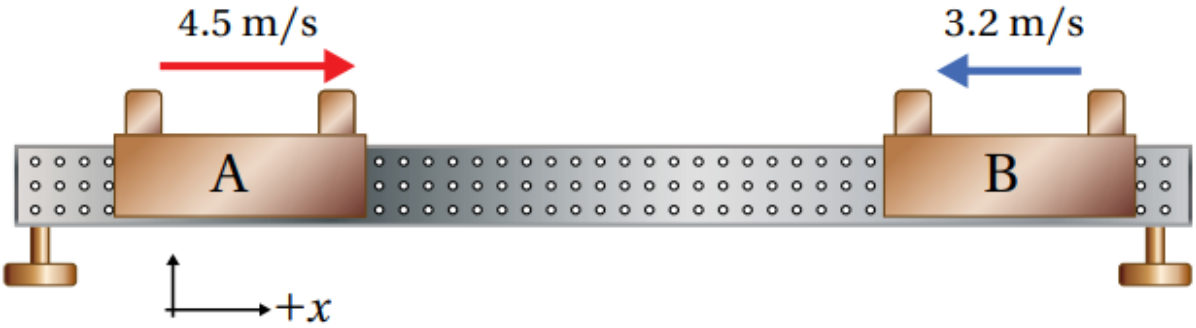
⑨ أستخدم الأرقام: صاروخ فضائي كتلته $(3600\ kg)$، في المرحلة الأولى من حركته انطلق إلى الأعلى بسرعة $(4900\ km/s)$، ثم بدأت المرحلة الثانية لحركته بانفجار صغير فصل الصاروخ إلى جزأين (A, B)؛ العلوي (A) كتلته $(1200\ kg)$، واصل حركته إلى الأعلى بسرعة $(5700\ km/s)$. بافتراض أن النظام معزول؛ أجد ما يأتي:



أ. سرعة الجزء السفلي (B) من الصاروخ بعد الانفصال مباشرةً.

ب. التغير في الطاقة الحركية للصاروخ، مفسرا مصدر هذا التغير.

⑩ **أستنتج:** عربتان (A و B)، تنزلقان باتجاهين متعاكسين على مسار أفقي مستقيم أملس كما هو موضح في الشكل، فتصطدمان رأساً برأس وترتدان باتجاهين متعاكسين على المسار المستقيم نفسه. إذا علمت أن كتلة الجسم A تساوي $(0.28\ kg)$، وسرعة العربتين بعد التصادم مباشرة: $(v_{Af} = -1.9\ m/s)$ و $(v_{Bf} = 3.7\ m/s)$، فأجيب عما يأتي:



أ. أحسب مقدار كتلة الجسم (B).

ب. استخدم القانون الثالث لنيوتن في الحركة لتوضيح سبب أن يكون الزخم الخطي محفوظا في هذا التصادم.

جـ. أوضح هل التصادم مرن أم غير مرن؟

⑪ **أستخدم الأرقام:** أطلقت مريم سهما كتلته $(0.20\ kg)$ أفقياً بسرعة مقدارها $(15\ m/s)$ باتجاه الغرب نحو هدف ساكن كتلته $(5.8\ kg)$ فاصطدم به واستقر فيه وتحركا كجسم واحد نحو الغرب. أحسب مقدار ما يأتي:

أ. سرعة النظام (السهم والهدف) بعد التصادم.

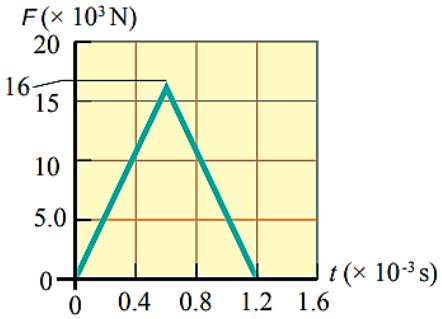
ب. التغير في الطاقة الحركية للنظام.

12 **أستخدم الأرقام:** تتحرك كرة زجاجية كتلتها $(1.0\ kg)$ باتجاه الغرب بسرعة مقدارها $(0.5\ m/s)$، فتصطدم رأساً برأس بكرة زجاجية أخرى كتلتها $(2.0\ kg)$ تنزلق شرقاً بسرعة مقدارها $(0.4\ m/s)$. بعد التصادم ارتدت الكرة الأولى شرقاً بسرعة مقدارها $(0.7\ m/s)$. أجيب عما يأتي:

أ. أحسب مقدار سرعة الكرة الثانية بعد التصادم.

ب. أحدد نوع التصادم.

13 **أستنتج:** يوضح الشكل المجاور منحنى (القوّة – الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في كرة بيسبول كتلتها $(145\ g)$ في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. أستعين بهذا المنحنى والبيانات المثبتة فيه للإجابة عما يأتي بإهمال وزن الكرة:



أ. ما الذي يمثله الرقم (16) على محور القوّة؟

ب. ما مقدار الدفع المؤثر في الكرة نتيجة تلامسها مع المضرب؟

حـ. ما مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوّة المُحصّلة فيها، باعتبارها ساكنة لحظة بدء تأثير القوة المحصلة؟

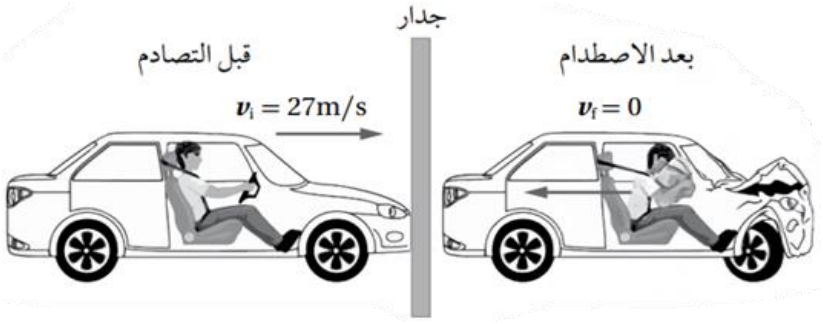
د. ما مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة أثناء زمن تلامسها مع المضرب؟

للحصول على حلول الأسئلة امسح الرمز

أسئلة تفكير

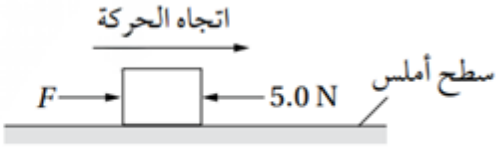
① أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

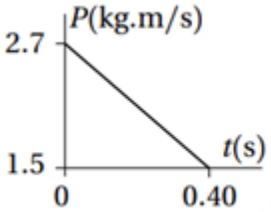
1- يبين الشكل سيارة تتحرك بسرعة $(27\ m/s)$ فتصطدم بجدار وتتوقف. تعمل الوسادة الهوائية وحزام الأمان على إبطاء سرعة السائق تدريجياً؛ بحيث يستغرق زمناً مقداره $(2.5\ s)$ ليتوقف عن الحركة، فتكون القوة المؤثرة في جسمه (F). ودون استخدام حزام الأمان والوسادة، يصبح زمن توقف السائق عن الحركة $(0.2\ s)$، فتكون القوة المؤثرة في جسمه في هذه الحالة:



أ. $54\ F$
ب. $12.5\ F$
حـ. $27\ F$
ء. $2.5\ F$

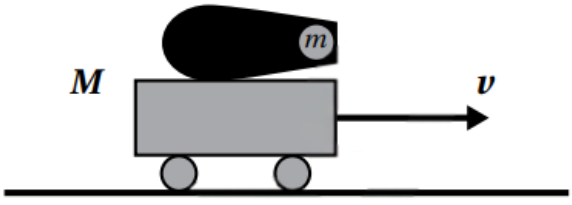
2- يتحرك صندوق على سطح أفقي أملس باتجاه اليمين، وفي أثناء حركته أثرت فيه قوتان ثابتتان إحداهما (F) والقوة الثانية $(5.0\ N)$، كما هو مبين في الشكل. الرسم البياني يبين التغير في الزخم الخطي للصندوق مع الزمن. ما مقدار القوة (F)؟





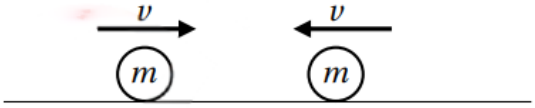
أ. $2.0\ N$
ب. $3.0\ N$
حـ. $5.0\ N$
ء. $8.0\ N$

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. $\frac{M\,v-mv_B}{M-m}$
ب. $\frac{M\,v+mv_B}{M-m}$
حـ. $\frac{M\,v+mv_B}{M}$
ء. $\frac{-M\,v-mv_B}{M+m}$

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



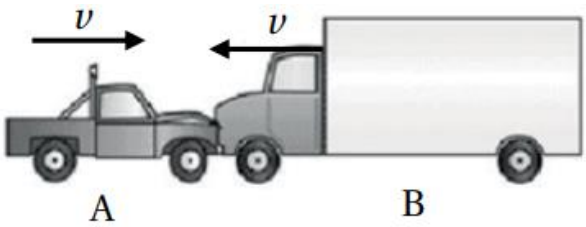
أ. 0 ب. $\frac{1}{2}mv^2$

حـ. mv^2 ء. $2\,mv^2$

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

أ. $\frac{1}{2}$ ب. $\frac{2}{1}$ حـ. $\frac{1}{4}$ ء. $\frac{4}{1}$

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



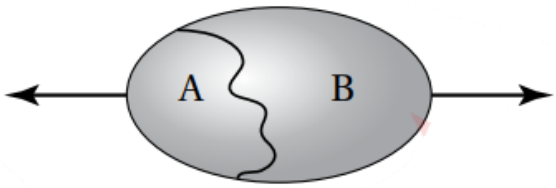
أ. $\Delta v_A > \Delta v_B\,,\Delta P_A > \Delta P_B$

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

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

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

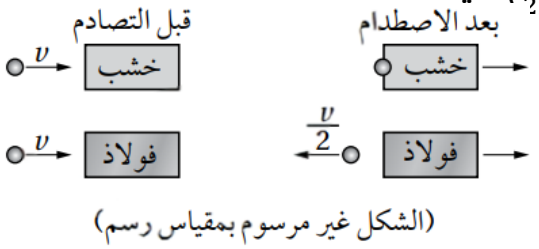
7- مقذوفة ألعاب نارية ساكنة لحظيا على ارتفاع معين انفجرت إلى قسمين (A) و (B)، حيث $(m_A = m\,,m_B = 2m)$، تحركا أفقياً باتجاهين متعاكسين، كما يبين الشكل. إذا كانت الطاقة الحركية الكلية التي انتقلت إليهما (E)، وكتلة القسم (A) تساوي (m)؛ فإن مقدار سرعة القسم (A) بعد الانفجار مباشرة:



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

حـ. $\sqrt{\frac{3E}{3m}}$ ء. $\sqrt{\frac{4E}{3m}}$

8- قالبان متساويان في الكتلة ساكنان على سطح أفقي أملس؛ الأول خشبي والثاني فولاذي. أطلقت كرتان فولاذيتان متماثلتان بسرعة أفقية (v) كما في الشكل؛ كرة نحو كل قالب. انغرست الكرة الفولاذية الأولى في القالب الخشبي وتحركا معًا بعد التصادم. والكرة الثانية ارتدت عن القالب الفولاذي للخلف بسرعة $\left(\frac{v}{2}\right)$. أي الجمل الآتية تصف ما يحدث للقالبين بعد التصادمين مباشرة؟



(الشكل غير مرسوم بمقياس رسم)

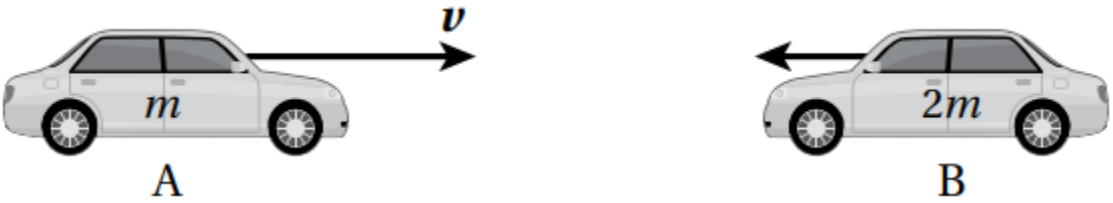
أ. يتحرك القالبان بالسرعة نفسها.

ب. يتحرك القالب الفولاذي بسرعة أكبر من القالب الخشبي.

حـ. يتحرك القالب الخشبي بسرعة أكبر من القالب الفولاذي.

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

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



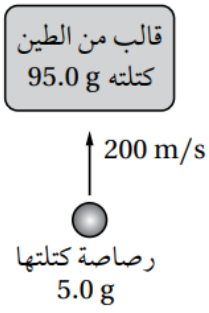
9- سرعة السيارة (B) قبل التصادم مباشرة تساوي:

أ. $2v$ ب. v حـ. $\frac{v}{2}$ ء. $\frac{v}{4}$

10- طاقة الحركة المفقودة في التصادم تساوي:

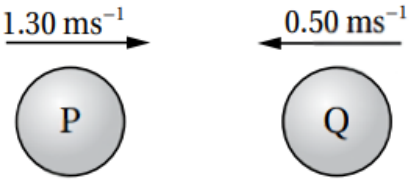
أ. $\frac{3}{4}\ mv^2$ ب. $\frac{1}{2}\ mv^2$ حـ. $\frac{1}{4}\ mv^2$ ء. 0

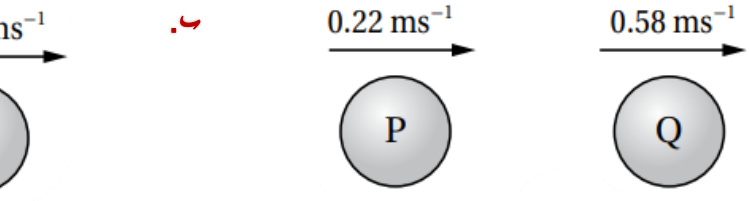
11- أطلقت رصاصة كتلتها $(5.0\ g)$ رأسيا للأعلى بسرعة $(200\ m/s)$، فاخترقت قالبا من الطين في حالة سكون، كتلته $(95\ g)$ اصطدمت الرصاصة بقالب الطين وانغرزت فيه، ثم تحركا معا بسرعة واحدة للأعلى. ما أقصى إزاحة رأسية لقالب الطين بالنسبة إلى موقعه الابتدائي؟ $(g = 9.8\ m/s^2)$

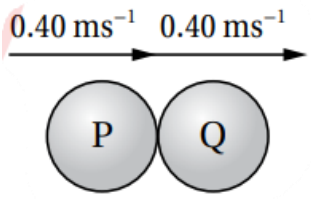


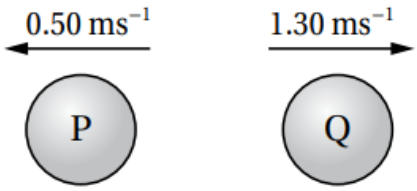
أ. $5.1\ m$ ب. $5.6\ m$ حـ. $10\ m$ ء. $100\ m$

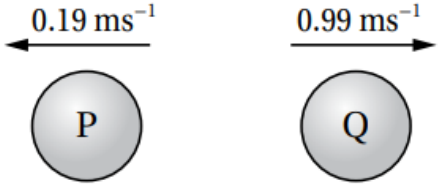
12- كرتان متساويتا الكتلة (P, Q) تتحركان في خط مستقيم نحو بعضهما بعضًا، كما في الشكل المجاور، اصطدمتا معًا رأسًا برأس تصادمًا مرنًا. أي من الأشكال الآتية يوضح الكرتين بشكل صحيح بعد التصادم؟



أ.


ب.


حـ.


ء.


---

② أستنتج: عند تحرك سيارة في مسار دائري بسرعة ثابتة مقداراً؛ فهل يتغير زخمها الخطي؟ أفسر إجابتي.

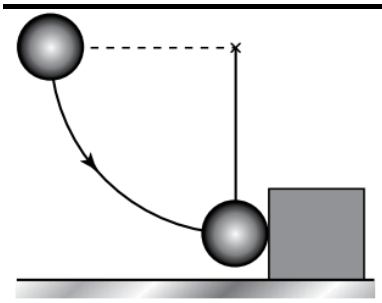
.....

.....

.....

---

③ أستخدم الأرقام: كرة فولاذية كتلتها $(0.500\ kg)$ مربوطة بخيط طوله $(80.0\ cm)$، أزيحت الكرة إلى اليسار كما في الشكل ثم أطلقت من السكون، نحو قالب فولاذي ساكن كتلته $(2.50\ kg)$، موضوع على سطح أفقي أملس، فتحرك القالب بسرعة $(1.20\ m/s)$. مفترضا تسارع السقوط الحر $(g = 10\ m/s^2)$، 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 حسابياً.

الإثراء والتوسع

تصميم السيارة والسلامة Car Design and Safety

تصادم رأس برأس في اختبار تصادم.

عند توقف سيارة بشكل مفاجئ نتيجة لحدوث تصادم، فإن قوى كبيرة تؤثر في السيارة وركابها، وتبدد طاقاتهم الحركية.

يوجد في مقدمة السيارة ونهايتها مناطق انهيار (ماصات صدمات) Crumple zones؛ تنبعج وتتشوه بطريقة يجري فيها امتصاص الطاقة الحركية للسيارة وركابها تدريجياً، كما هو موضح في الصورة. حيث يتشوه هيكل السيارة المرن المصنوع من صفائح لينة، ما يؤدي إلى تناقص سرعتها تدريجياً وامتصاص جزء كبير من الطاقة الحركية للسيارة والركاب، وهذا بدوره يزيد زمن التصادم، ويقلل مقدار القوة المحصلة المؤثرة في السيارة والركاب، ما يقلل احتمالية تعرضهم لإصابات خطيرة.

أما أحزمة الأمان Seat belts، فتؤثر في الركاب بقوة بعكس اتجاه حركة السيارة، خلال مسافة مقدارها $(0.5\ m)$، وهي تقريباً المسافة بين راكب المقعد الأمامي والزجاج الأمامي. ففي أثناء الاصطدام، يُثبت حزام الأمان الراكب في المقعد ويزيد زمن تغير سرعته، وبما أن مقدار التغير في الزخم الخطي للراكب ثابت (فهو يعتمد علي كتلة الراكب وسرعة السيارة سواء استخدم حزام الأمان أم لم يستخدمه)؛ فإن مقدار القوة المؤثرة فيه يصبح أقل نتيجة زيادة زمن توقف جسم الراكب. وفي حال عدم استخدام حزام الأمان سيرتطم الراكب بعجلة القيادة أو زجاج السيارة الأمامي، ويتوقف خلال مدة زمنية قصيرة مقارنة بزمن التوقف عندما يستخدم حزام الأمان، ما يعني تأثير قوة كبيرة فيه لإيقافه عندما لا يستخدم الحزام.

تنتفخ الوسائد الهوائية Air bags الموجودة في بعض السيارات عند حدوث تصادم؛ وتحمي السائق والركاب من الإصابات الخطرة، فهي مثلاً؛ تحمي السائق من الاصطدام بعجلة القيادة، وتزيد زمن تغير سرعته، فيقل مقدار القوة المؤثرة فيه، وتوزع القوة المؤثرة 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 تلفه، وتقل احتمالية التعرض لإصابات خطرة عند وقوع حادث بمقدار كبير إذا استعملت أحزمة الأمان وثبتت مساند الرأس.

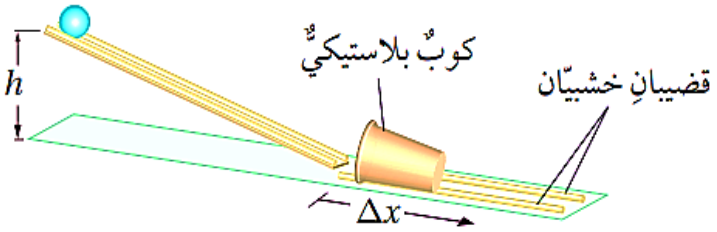
تساعد وسائل الأمان الثانوية هذه جميعها على الحماية من الإصابات الخطرة عند وقوع الحوادث. أما عوامل السلامة الأساسية فهي التي تسهم في منع وقوع الحوادث وتعتمد على: ثبات السيارة على الطريق، وكفاءة المكابح، وفاعلية أنظمة القيادة والتوجيه، ومقدرة السائق على التعامل مع المتغيرات التي تحدث في أثناء القيادة،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

تجربة استهلالية

الزخم الخطي

المواد والأدوات: كرة زجاجية أو فلزية، كرة تنس، سطح خشبي مستو أملس فيه مجرى، حامل فلزي، كوب بلاستيكي، قضيبان خشبيان طول كل منهما $(30\ cm)$ تقريباً، مسطرة مترية، شريط لاصق.

إرشادات السلامة: الحذر من سقوط الكرات على أرضية المختبر، أو تقاذف الطلبة الكرات بينهم.



خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أنفذ الخطوات الآتية:

1- أضع السطح الخشبي على سطح الطاولة، ثم أرفع أحد طرفيه بالحامل الفلزي ليصبح مستوى مائلاً، ثم أثبت قطعة شريط لاصق عليه عند ارتفاع محدّد. بعدها، أثبت القضيبين الخشبيين بشكل متواز على بعد محدد من نهاية المستوى المائل لتشكل مجرى للكوب البلاستيكي، وأضع الكوب بينهما، بحيث تكون فوهته مقابلة للمستوى المائل، كما هو موضح في الشكل.

2- **أقيس:** أضع الكرة الزجاجية على المستوى المائل عند الشريط اللاصق، ثم أفلتها، وأقيس المسافة التي تحركها الكوب بعد اصطدام الكرة به، وأدونها.

3- أكرر الخطوة السابقة باستخدام كرة التنس.

4- **أجرب:** أكرر الخطوة 2 باستخدام الكرة الزجاجية، على أن أغير الارتفاع الرأسي (h) الذي أفلت الكرة منه.

التحليل والاستنتاج:

1. **أقارن** بين المسافة التي تحركها الكوب البلاستيكي في الخطوتين (2، 3). ماذا أستنتج؟ أفسر إجابتي.
2. **أقارن** بين المسافة التي تحركها الكوب البلاستيكي في الخطوتين (2، 4). ماذا استنتج؟ أفسر إجابتي.
3. **أستنتج:** استناداً إلى ملاحظاتي في التجربة، ما العوامل التي تحدّد المسافة التي يتحركها الكوب؟ أفسر إجابتي.

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 وجها لوجه (في بعد واحد) أم لم يكن كذلك، سرعة الكرة المتحركة وكتلتها، نوع التصادم (مرن، غير مرن).

التجربة 1

حفظ الزخم الخطي

المواد والأدوات: مدرج هوائي مع ملحقاته (العربات والبطاقات الخاصة بها، والبوابات الضوئية ومضخة الهواء)، ميزان إلكتروني، أثقال مختلفة، شريط لاصق.

إرشادات السلامة:

ارتداء المعطف واستعمال النظارات الواقية للعينين، والحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أنفذ الخطوات الآتية:

1- أثبت المدرج الهوائي أفقياً على سطح الطاولة، ثم أثبت البوابتين الضوئيتين كما هو موضح في الشكل.

2- أقيس طول كُل من البطاقتين الخاصتين بالعربتين المنزلقتين (S)، ثم أثبتْ كُلا منهما على عربة، وأدوّن طوليهما في الجدول (1)، ثم أُثبت لاصقاً على كل عربة، وأكتب الرمز A على إحداهما، والرمز B على الأخرى.

3- أقيس كتلة كُلٍّ من العربتين، ثم أدونهما في المكان المخصص في الجدول (2).

4- أضع العربة A عند بداية المدرج، ثم أضع العربة B في منتصف المدرج بين البوابتين الضوئيتين، كما هو موضح في الشكل.

5- أجرب: أشغل مضخة الهواء، ثم أدفع العربة A في اتجاه العربة B الساكنة، ثم أدوّن في الجدول (1) الزمن (t_{Ai}) الذي تستغرقه العربة A في عبور البوابة الأولى قبل التصادم، والزمن الذي تستغرقه كل من العربتين A و B $(t_{Af}\ ,t_{Bf})$ في عبور البوابتين الأولى والثانية على الترتيب بعد التصادم.

6- أكرر الخطوة السابقة بوضع أثقال على العربة A، بحيث تصبح كتلتها ضعفي كتلة العربة B، وأدون القياسات الجديدة للكتلة والزمن في الجدولين (1 و 2) للمحاولة 2.

التحليل والاستنتاج:

1. أحسب مقادير السرعات الابتدائية والنهائية للعربتين لكل محاولة باستخدام العلاقة: $v = \frac{S}{\Delta t}$، وأدون السرعات المتجهة للعربتين في الجدولين (1 و 2)، مع الانتباه إلى اتجاه حركة كل من العربتين، مع افتراض أن اتجاه الحركة إلى اليمين هو الاتجاه الموجب.
2. أحسب الزخم الخطي الابتدائي والزخم الخطي النهائي لكل عربة في الجدول (2)، وأدونها فيه.
3. أحسبُ الزخم الخطي الكلي الابتدائي والزخم الخطي الكلي النهائي لنظام العربتين لكل محاولة في الجدول (2)، وأدونها.
4. أقارن: ما العلاقة بين الزخم الخطي الكلي الابتدائي والزخم الخطي الكلي النهائي لنظامي العربتين في التصادمات للمحاولتين 1 و 2؟ أفسر نتائجي.
5. أصدر حكماً: هل تطابقت نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخم الخطي في المحاولتين؟ ماذا أستنتج؟ أوضح إجابتي.
6. أتوقع مصادر الخطأ المحتملة في التجربة.

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 محفوظاً؛ 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 دائماً محفوظاً 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 مراعياً تجلب 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 مثلا)، ....