الوحدة الأولى : الزخم الخطي والتصادمات

الدرس الاول الزخم الخطي والدفع Linear Momentum and Impulse

الزخم الخطي (كمية التحرك) Linear momentum : هو ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجه (v) رمزه (p) وهو كمية متجهة .

$$p = mv$$

ويقاس حسب النظام الدولي للوحدات بوحدة : $kg.m/s$

الزخم الخطي كمية متجهة، له اتجاه السرعة نفسها .

العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي لجسم :

1: يزداد بزيادة مقدار سرعته .

2: يزداد بزيادة كتلته.

: يعتبر الزخم الخطي مقياس لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية.

الزخم الخطي والقانون الثاني لنيوتن في الحركة :

linear Momentum and Newton's Second Law of Motion

يلزم قوة لتغيير مقدار الزخم الخطي أو اتجاهه أو كليهما. ويستخدم القانون الثاني لنيوتن في الحركة للربط بين الزخم الخطي للجسم والقوة المحصلة المؤثرة فيه، علما أن نيوتن صاغ قانون الثاني بدلالة الزخم كما يأتي:

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

حيث $\sum F$ هي القوّة المحصلة المؤثرة في الجسم وعند ثبات الكتلة يمكن كتابة القانون الثاني لنيوتن بدلالة الزّخَم كما يأتي:

$$\sum F = \frac{d(mv)}{dt} = m\frac{dv}{dt} = ma$$

وعندما يحدث تغير في الزخم الخطي (Δp) خلال فترة زمنية معينة (Δt)؛ يمكن إعادة كتابة العلاقة السابقة في الصورة الآتية:

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{t_f - t_i} = \frac{m(\Delta v)}{\Delta t} = ma$$

وينص القانون الثاني لنيوتن في الحركة بحسب هذه الصيغة (المتعلقة بالزخم) على أن: "المعدل الزمني لتغير الزخم الخطي للجسم يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه". ويكون متجه التغير في الزخم الخطي باتجاه القوة المحصلة دائما .

العلاقة بين الزخم والطاقة الحركية :

الزخم هو كمية الحركة ويحسب من خلال حاصل ضرب الكتلة في السرعة، اما الطاقة الحركية فهي عبارة عن نصف حاصل ضرب الكتلة في مربع السرعة، وهما مصطلحان فيزيائيان متشابهان ولكن توجد بينهما فروق، فبينما تكون الطاقة الحركية موجبة، قد يكون الزخم موجباً او سالباً، وبينما لا تعتمد الطاقة الحركية على الأتجاه، فان الزخم كمية متجهة، وبينما تصف الطاقة الحركية طاقة الجسم عند لحظة زمنية ، يصف الزخم حالة الجسم عند نقطة ما.

اما العلاقة الرياضية التي تربط الزخم بالطاقة الحركية :

و بالضرب في $\frac{m}{m}$

$$k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2 \times \frac{m}{m} = \frac{m^2v^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$$

$$k = \frac{p^2}{2m}$$

$$p = \sqrt{k \times 2m}$$

ملاحظة : من المهم ان يعلم الطالب اثبات العلاقة السابقة لكنها لا تستخدم الا في الاسئلة الموضوعية .

مثال 1:

احسب الزخم الخطي لسيارة كتلتها (1000 kg) تسير بسرعة (20 m/s) باتجاه الشرق .

الحل :

p=mv

$= 1000 \times 20$

$= 2\times 10^4$ kg . m/s, + x

مثال 2 :

كرة كتلتها (2 kg) تتحرك نحو الجنوب بطاقة حركية (16 J) احسب الزخم الخطي لها ؟

الحل :

$k = \frac{1}{2}mv^2$

$16 = \frac{1}{2}2v^2 \rightarrow v = \sqrt{16} = -4$ m/s

$= 4$ m/s, $-$y

$p = mv = 2 \times -4 = -8$ kg . m/s

$= 8$ kg . m/s , $-$y

$k = \frac{1}{2}mv^2$ $16 = \frac{1}{2}2v^2 \rightarrow v = \sqrt{16} = -4$ m/s $p = mv = 2 \times -4 = -8$ kg . m/s $= 8$ kg . m/s , $-$y	حل اخر: $p = \sqrt{k \times 2m}$ $= \sqrt{16 \times 2 \times 2}$ $= 8$ kg . m/s , $-$y

مثال 3 :

جسم زخمه (6 kg. m/s) شرقاً ، ما مقدار التغير في زخمه إذا أصبح زخمه

a) (8 kg.m/s) شرقاً.

b) (8 kg.m/s) غرباً.

c) (8 kg.m/s) شمالاً.

الحل :

a) $\Delta P = P_f - P_i$

$\Delta P = 8 - 6 = 2$ kg. m / s , + x شرقاً

b) $\Delta P = P_f - P_i$

$\Delta P = -8 - 6 = -14$ kg. m / s , + x غرباً

b) $\Delta P = P_f - P_i$

$\Delta P = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10$ kg. m / s $= \beta = \tan^{-1}(\frac{6}{8}) = 36.8°$, + x

مثال 4 :

جسمان كتلة الأول مثلي كتلة الثاني فما زخم الثاني بالنسبة لزخم الأول ، إذا كانت :

a) سرعة الثاني 4 أمثال سرعة الأول.

b) طاقة حركة الثاني 4 أمثال طاقة حركة الأول.

الحل :

a) $m_1 = 2m_2$, $v_2 = 4v_1$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1} = \frac{m_2 v_2}{2m_2 1/4 v_2} = \frac{1}{1/2} = 2$$

b) $m_1 = 2m_2$, $k_2 = 4k_1$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{\sqrt{k_2 \times 2m_2}}{\sqrt{k_1 \times 2m_1}} = \frac{\sqrt{4k_1 \times 2m_2}}{\sqrt{k_1 \times 2(2m)_2}} = \sqrt{2}$$

مثال 5 :

اسقطت كرة كتلتها (0.5kg) سقوطاً حراً من ارتفاع (3.2m) فاصطدمت بالأرض ثم ارتدت عنها إلى ارتفاع (1.8 m) فما التغير في زخم الكرة ؟

الحل :

نحسب سرعة الكرة قبل التصادم مباشرة وبعد التصادم مباشرة ومن معادلات الحركة أو حفظ الطاقة الميكانيكية تكون:

$$v_i = \sqrt{0 + 2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 3.2} = -8 \text{ m/s}, -x$$

$$v_f = \sqrt{0 + 2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 1.8} = 6\text{m/s m/s}, +x$$

$$\Delta p = m(v_f - v_i) = 0.5(6 + (-8)) = -7 \text{ kg. m/s}, +x$$

الزخم الخطي والدفع :

يعرف الدفع (I)Impulse المؤثر في جسم بأنه:ناتج ضرب القوة المحصلة المؤثرة في الجسم في زمن تأثيرها .

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

يقاس الدفع بوحدة (N. s) حسب النظام الدولي للوحدات. ويمكن استخدام القانون الثاني لنيوتن للتعبير عن الدفع بالعلاقة الآتية:

$$I = \Delta p$$

تسمى هذه المعادلة مبرهنة (الزخم الخطي– الدفع) Impulse – momentum theorem وتنص أن:

"دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي".

والدفع كمية متجهة، يكون باتجاه تغير الزخم الخطي، وهو اتجاه القوة المحصلة نفسه. وبما أن الزخم الخطي و الدفع والقوة كميات متجهة فإن الإشارات الموجبة والسالبة ضرورية لتحديد اتجاهاتها .

ما العوامل التي يعتمد عليها الدفع؟

يعتمد الدفع على

1) القوة المؤثرة والتناسب طردي .

2) زمن تأثير القوة والتناسب طردي .

بين ان وحدات الدفع هي نفسها وحدات الزخم ؟

$$I = \sum F\,\Delta t = (ma)\Delta t = (kg\,.\,\frac{m}{s^2}).\,s = kg\,.\,\frac{m}{s}$$

اي ان الوحدتان متكافئتان

$$kg\,.\,\frac{m}{s} = N.\,s$$

علاقة الدفع بالقوة :

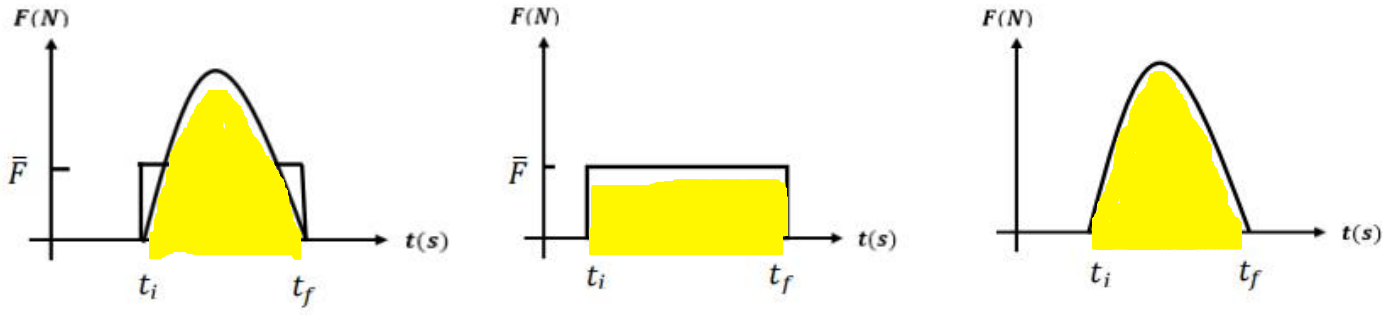
ينتج الدفع عن قوة مؤثرة خلال فترة زمنية محددة وهناك ثلاث انواع من هذه القوى :

1) قوة ثابتة مع الزمن يكون فيها مجموع القوة النهائي ثابت بالنسبة لزمن التاثير حيث تمثل المساحة تحت المحني مقدار الدفع كما في الشكل(2)

2) قوة متغير مع الزمن والمساحة تحت المحني تمثل مقدار الدفع كما في الشكل(1)

3) قوة متغيرة مع الزمن كالحالة السابقة يمكن التعبير عنها بمتوسط القوة كما في الشكل(3)

القوة المتوسطة هي القوة المحصلة الثابتة التي إذا أثرت في الجسم لفترة زمنية (Δt) لأحدثت الدفع نفسه الذي تحدثه القوة المتغيرة أثناء الفترة الزمنية نفسها.



شكل (1) شكل (2) شكل (3)

وتستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) في توضيح نقطتين مهمتين:

1 . عند ثبات مقدار القوة المحصلة المؤثرة، يزداد مقدار التغير في الزخم الخطي بزيادة زمن تأثير هذه القوة. فمثلا؛ عند دفع عربة تسوق بقوة ثابتة، يزداد زخمها الخطي بزيادة زمن تأثير القوة فيها. وعند ركل لاعب كرة قدم يزداد زخمها الخطي بزيادة زمن تلاقيها مع قدمه.

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

2. عند ثبات مقدار التغير في الزخم الخطي، يتناسب مقدار القوة المحصلة المؤثرة عكسيا مع زمن تأثيرها. فمثلا؛ يثني المظلي رجليه لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض، وهذا يجعل تغير زخمه الخطي يستغرق فترة زمنية أطول، فيقل مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيه. كما أنني أثني رجلي تلقائيا عند ملامسة قدمي سطح الأرض بعد القفز.

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

: **كيف تعمل الوسادة الهوائية علي حماية الركاب عند حدوث اصطدام بين المركبات ؟**

تنتفخ الوسادة الهوائية في أثناء حدوث تصادم لسيارة، إذ تحفز القوّة الناتجة عن التصادم مجس محدد يطلق تفاعلاً كيميائيًا ينتج عنه غازاً يؤدي إلى انتفاخ الوسادة بسرعة. وتعمل الوسادة الهوائية على :

1) زيادة زمن تأثير القوّة الذي يتم خلاله إيقاف جسم الراكب عن الحركة، وبالتالي تقليل مقدار القوّة المؤثرة فيه، ممّا يقلل من احتمال حدوث الإصابات ، أو تقليل خطورتها.

2) كما تعمل الوسادة الهوائية على توزيع القوّة على مساحة أكبر من جسم الراكب، فيقل ضغط القوة المؤثرة في الراكب.

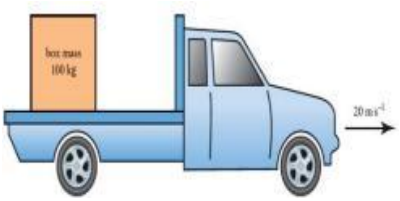
مثال 6 :

وضع صندوقٍ كتلته (100 kg) في شاحنةٍ تتحرّك شرقًا بسرعة مقدارها (20 m/s) ، كما هو موضح في الشكل إذا ضغط السائق على دَوّاسةِ المكابح ، فتوقفت الشاحنة خلال (5.0 s) من لحظةِ الضغطِ على المكابح ؛ فأحسب مقدارَ ما يأتي:

أ. الزخَم الخطيّ الابتدائيّ للصندوق.

ب. الدفع المؤثر في الصّندوق.

ج. قوّة الاحتكاك المتوسّطة اللازم تأثيرها في الصّندوق لمنعهِ من الانزلاق.



المُعطيات:

$m = 100\ kg,\ \ v_i = 20\ m/s, +x, v_f = 0, \Delta t = 5.0\ s.$

المطلوب: $p_i = ?,\ \ I = ?\ \ , Fs = ?$

الحل: أختار نظام إحداثياتٍ يكون فيه الاتّجاه الموجب باتّجاه حركةِ الشاحنة، وهو باتّجاه محور +x .

أ. تتحرّك الشاحنة باتّجاه محور +x؛ لذا تكون السرعة المتجهة الابتدائية للصندوق موجبة وأحسب زخَمه الخطيّ كما يأتي:

$p_i = mv_i = 100 \times 20 = 2 \times 10^3\ kg.m/s$

$pi = 2 \times 10^3\ kg.m/s, +x$

الزخَم الخطيُّ الابتدائيّ موجبٌ ؛ فيكون باتّجاه محور +x.

ب. أستخدم مبرهنة (الزخَم الخطيّ − الدفع) لحسابِ الدفع. ألاحظ أن الزخَم الخطيّ النهائيّ للصُندوق يساوي صفرًا ؛ لأنّ مقدارَ سرعته المتجهة النهائيّة يساوي صفرًا.

$I = \Delta p = p_f - p_i$

$= mv_f - 2 \times 10^3 = 100 \times 0 - 2 \times 10^3$

$= -2 \times 10^3\ kg.m/s$

$I = 2 \times 10^3\ kg.m/s, -x$

الدفع سالبٌ، حيث يؤثر في اتّجاه الغرب (−x)؛ لأنه يؤثر في الصُندوق بعكس اتّجاه سرعته الابتدائية.

ج. أستخدم الصيغة العامّة للقانون الثاني لنيوتن لحساب قوّة الاحتكاك اللازم تأثيرها في الصُندوق لمنعه من الانزلاق، وهي نفسها القوّة المتوسّطة المؤثرة فية فيه خلالَ فترة توقُف الشاحنة.

$$\sum F = \overline{F}_S = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-2 \times 10^3}{50} = -4 \times 10^2\ N$$

$$\overline{F}_S = 4 \times 10^2\ \text{N}, -x$$

تؤثر قوّة الاحتكاك في الاتّجاه المعاكس لاتّجاه سرعة الصُندوق؛ لذا يكون اتّجاهها في اتّجاه x−(غرباً).

مثال 7 :

يركل لاعبٌ كرةَ قدمٍ ساكنةً كتلتها (0.450 kg)؛ فتنطلق بسرعة(30 m/s) في اتّجاه محور x + إذا علمت أنّ القوّة المتوسطة المؤثرة في الكرةِ خلالَ زمن تلامسها مع قدم اللاعب تساوي (135 N) فأحسب مقدارَ ما يأتي بإهمالِ وزنِ الكرة مقارنة بالقوّة المؤثرة فيها.

أ. زخم الكرةِ عند لحظةِ ابتعادِها عن قدم اللاعب.

ب. زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب.

ج. الدفع المؤثر في الكرة خلال زمنِ تلامسها مع قدم اللاعب.

المعطيات:

$m = 0.450$ kg, $v_i = 0$ m/s, , $v_f = 30.0$ m/s, $+x$, $\sum F = 135$ N, $+x$.

المطلوب: $p_f = ?$, $\Delta t = ?$, $I = ?$

الحل : أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتّجاه الموجب باتّجاه محور +x .

أ. أحسب الزخم الخطي للكرة لحظة ابتعادها عن قدم اللاعب، وهو يساوي زخمها النهائي حيث زخمها الابتدائي صفر إذ تكون الكرة ساكنةً قبل ركلِها.

$$p_f = mv_f = 0.450 \times 30.0$$

$$= 13.5\ \text{kg. m/s}$$

$$p_f = 13.5\ \text{kg. m/s},\ +x$$

الزخَم الخطيُ النهائيّ موجبٌ اذ تتحرك الكرة في اتّجاه محور +x .

ب .أستخدم الصيغةَ العامّة للقانون الثاني لنيوتن لحساب زمنِ تلامس الكرةِ مع قدمِ اللاعب كما يأتي:

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

$$\Delta t = \frac{p_f - p_i}{\sum F} = \frac{13.5 - 0}{135} = 0.10 \text{ s}$$

ج. أستخدم مبرهنة (الزخَم الخطيّ – الدفع) لحساب الدفع.

$$I = \Delta p = p_f - p_i$$
$$= 13.5 - 0 = 13.5 \text{ kg. m/s}$$

$$I = 13.5 \text{ kg. m/s}, +x$$

الدفع موجبٌ ؛ حيث يؤثر في اتّجاه محور x+ لأنه يؤثر في الكرة باتّجاه القوّة لمحصلة المؤثرة فيها من قدم اللاعب.

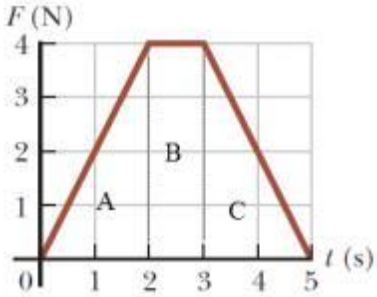
كما يمكن حساب الدفع باستخدامِ تعريفِ الدفع كما يأتي:

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

$$= 135 \times 0.10 = 13.5 \text{ N. s}$$

$$I = 13.5 \text{ N. s}, +x$$

مثال 8 :



منحنى (القوّة – الزمن).

تؤثر قوة محصّلةٌ باتّجاه محور x+ في صندوقٍ ساكنٍ كتلته (3kg) مدّةً زمنيةً مقدارها (5s) إذا علمت أنّ مقدار القوّة المحصلة يتغيّر بالنسبة للزمن كما هو موضح في منحنى (القوّة – الزمن) في الشكل فأحسب مقدارَ ما يأتي:

أ. الدفع المؤثر في الصّندوق خلالَ الفترة الزمنيّة لتأثير القوّة المحصلة، وأحدّد اتّجاهها.

ب. السرعة النهائية للصّندوق في نهاية الفترة الزمنيّة لتأثير القوّة المحصلة وأحدّد اتّجاهها.

ج. القوّة المتوسطة المؤثرة في الصّندوق خلال هذه الفترة الزمنية.

المعطيات:

$m = 3 \text{ kg}, v_i = 0 \text{ m/s}, \Delta t = t = 5 \text{ s}$

الحل :

أختار نظامَ إحداثيات يكون فيه الاتّجاه الموجب باتّجاه محور x+ +x ⟶

أ. الدفع المؤثر في الصُندوق خلالَ فترةِ تأثير القوّة يساوي المساحة المحصورة بين منحنى (القوّة – الزمن) ومحور الزمن، ويساوي مجموع المساحات (A+B+C) ويحسب مقدارة كما يأتي:

$$I = A + B + C$$

$$= \frac{1}{2} \times (2-0) \times 4 + 4 \times 1 + \frac{1}{2} \times (5-3) \times 4$$

$$= 12 \text{ kg. m/s}$$

$$I = 12 \text{ kg. m/s}, +x$$

اتّجاه الدفع باتّجاه القوّة المحصلة المؤثرة في الصُندوق باتّجاه محور x+.

ب. أستخدم مبرهنة (الزخَم الخطي– الدفع) لحساب مقدار السرعة النهائية للصُندوق في نهاية الفترة الزمنية .

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

$$12 = 3 \times v_f - 0$$

$$v_f = \frac{12}{3} = 4 \text{ m/s}$$

السرعة النهائية موجبةٌ، فيكون اتّجاهها باتّجاه محورx+ .

ج. أستخدام الصيغة العامّة للقانون الثاني لنيوتن لحساب القوّة المتوّسطة المؤثرة في الصُندوق، كما يأتي:

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{12}{3} = 4N$$

ويكون اتّجاه القوّة المتوسطة باتّجاه القوّة المحصلة نفسه باتّجاه المحورx + .

مثال 9 :

كرة تنس كتلتها(0.060 kg) يقذفها لاعب إلى أعلى، وعند وصولها إلى قمة مسارها الرأسي يضربها أفقيا بالمضرب فتنطلق بسرعة مقدارها(55 m/s) في اتجاه محور x + إذا علمت أن زمن تلامس الكرة مع المضرب(4×10^{-3}S) احسب مقدار ما يأتي:

أ. الدفع الذي يؤثر به المضرب في الكرة.

ب.القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب في الكرة.

الحل :

ا. عند وصول الكرة للقمة (اعلى ارتفاع) تكون سرعتها صفرا وكذالك زخمها .

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

$$= 0.06 \times 55 - 0$$

$$= 3.3 \text{ kg. m/s}, +x$$

ب.

$$\sum F = \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{3.3}{4\times 10^{-3}} = 825 \text{ N}, +x$$

مثال 10 :

اطلقت كرة كتلتها(2KG) أفقياً نحو جدار رأسي فاصطدمت به بسرعة (10 m/s) خلال (0.1s) ، فما متوسط قوة دفع الجدار للكرة إذا ارتدت عنه :

أ. بنصف سرعتها.

ب. بربع طاقتها الحركية.

ج. بعد أن خسرت(36%) من طاقتها الحركية.

الحل:

ا . بنصف سرعتها.

$$v_f = \frac{1}{2} v_i = \frac{1}{2} \times 10 = 5 \text{ m/s}, +x$$

$$\sum F = \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2\times(5) - 2\times(-10)}{0.1} = -300\text{N}$$

$$= 300\text{N}, -x$$

ب. بربع طاقتها الحركية.

$$k_f = \frac{1}{4} k_i$$

$$\frac{1}{2} \mathrm{m}v_f^2 = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \mathrm{m}v_i^2$$

$$v_f^2 = \frac{1}{4} v_i^2$$

$$v_f = \frac{1}{2} v_i = \frac{1}{2} \times 10 = 5 \text{ m/s}, + \text{x}$$

$$\sum F = \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2\times(5)-2\times(-10)}{0.1} = -300\text{N}$$

$$= 300\text{N}, -\text{x}$$

ج. خسرت 36% من طاقتها فترتد بطاقة تساوي $100\% - 36\%$.

$$k_f = \frac{100}{100} - \frac{36}{100} k_i = \frac{64}{100} k_i$$

$$\frac{1}{2} \mathrm{m}v_f^2 = \frac{64}{100} \times \frac{1}{2} \mathrm{m}v_i^2$$

$$v_f^2 = \frac{64}{100} v_i^2$$

$$v_f = \frac{8}{10} \times v_i = \frac{8}{10} \times 10 = 8 \text{ m/s}, + \text{x}$$

$$\sum F = \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2\times 8-2\times(-10)}{0.1}$$

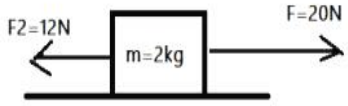
$$= -360\text{N}$$

$$= 360\text{N}, -\text{x}$$

لاحظ هنا ان فقدان نصف السرعة ينتج خسارة في الطاقة الحركية الي الربع .

مثال 11:

أثرت قوتان على جسم ساكن كتلته (2 kg) مدة (3s) كما في الشكل فحركته على سطح أفقي أملس لليمين، فما:



أ. دفع القوة F1 .

ب. دفع القوة F2 .

ج.سرعة الجسم بعد تأثير القوتين .

الحل :

أ .

$I_1 = F_1 \times t = 20 \times 3 = 60$ N. s , + x

ب .

$I_2 = F_2 \times t = -12 \times 3 = -36$ N . s

$= 36$ N . s , − x

ج .

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

$= (20 + -12) \times 3 = 24$ N,+x

$I = \Delta p = p_f - p_i$

$= mv_f - mv_i = 2v_f - 0$

$24 = 2v_f$

$v_f = 12$ m/s ,+ x

حفظ الزخم الخطي : Conservation of Linear Momentum

قانون حفظ الزخم الخطي– Law of conservation of linear momentum

اذ ينص على:

" عندما يتفاعل جسمان أو أكثر في نظام معزول، يظل الزخم الخطي الكلي للنظام ثابتا"

او : الزخم الخطي الكلي للنظام قبل التصادم مباشرة يساوي الزخم الخطي الكلي للنظام بعد التصادم مباشرة"

شروط حفظ الزخم الخطي:

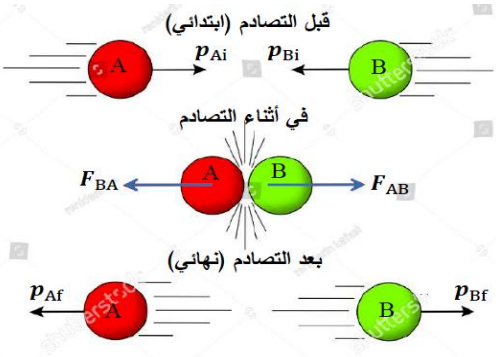
1. ان يكون النظام مغلق .

والنظام المغلق : هو النظام الذي لا يفقد او يكتسب كتلة

2. ان يكون النظام معزول .

والنظام المعزول: هو النظام الذي تكون القوّة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه صفرًا، وتكون القوى المؤثرة قوة داخلية فقط اي ثابت الكتلة والطاقة ومن الامثلة علية تصادم كرات البلياردو اذ يمكن اعتباره معزول باهمال قوة الاحتكاك .

وبالنظر الي الشكل المجاور اثناء التصادم فان الكرات بحسب القانون الثالث لنيوتن في الحركة، تمثلان زوجي تأثيرٍ متبادل (فعلٌ وردُّ فعلٍ) ، وأعبّر عنهما كما يأتي:



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

بالضرب في Δt

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

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

$$\Delta p_B = -\Delta p_A$$

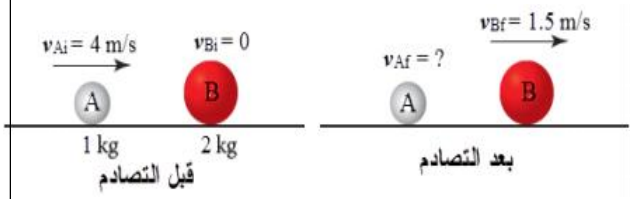
$$p_{Bf} - p_{Bi} = -(p_{Af} - p_{Ai})$$

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

وتسمي هذة المعادلة بمعادلة حفظ الزخم الخطي .

مثال 12:

يوضح الشكل تصادم كرتين A و B، حيث تتحرك الكرة A باتجاه محور x+ بسرعة مقدارها (4.0 m/s) نحو الكرة B الساكنة. بعد التصادم تحركت الكرة B بسرعة مقدارها (1.5m/s) في الاتجاه نفسه لسرعة الكرة A قبل التصادم. إذا علمت أني (m_A = 1.0 kg) و (m_B = 2.0 kg)،؛ فأحسب مقدارسرعة الكرة A بعد التصادم وأحدد اتجاهها.



المعطيات :

$v_{Ai} = 4.0$ m/s,+x, $v_{Bi} = 0$, $v_{Bf} = 1.5$ m/s,+x, $m_A = 1.0$ kg, $m_B = 2.0$ kg

المطلوب: V_{AF} = ?

الحل :

أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتّجاه محور x+ ثم أطبق قانون حفظ الزخَم الخطيِّ على نظام الكرتين

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

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

$$1.0 \times 4.0 + 2.0 \times 0 = 1.0 \times v_{Af} + 2.0 \times$$

$$1.5\, v_{Af} = 4.0 - 3.0 = 1.0 \text{ m/s}$$

$$v_{Af} = 1.0 \text{ m/s}, +x$$

بما أنّ السرعةَ النهائية للكرة A موجبة ؛ فهذا يعني أن اتّجاه سرعتها باتّجاه محور x + أ ي بنفس اتّجاه سرعتها قبل التصادم.

مثال 13

مدفعٌ ساكنٌ كتلته ($2.0 \times 10^3 kg$) فيه قذيفةٌ كتلتها(50.0 kg) أطلقت القذيفة أفقيًا من المدفع بسرعة ($1.2 \times 10^2 m/s$) باتّجاه محور x+ أحسب مقدار ما يأتي:

أ. الدفع الذي اثرت به القذيفة في المدفع، وأحدد اتّجاهه.

ب. سرعة ارتداد المدفع.

المعطيات : أفترض رمز المدفع A ورمز القذيفة B

$m_A = 2.0 \times 10^3\ kg,\quad m_B = 50.0\ kg,\quad v_{Ai} = 0,\quad v_{Bi} = 0,\quad v_{Bf} = 1.2 \times 10^2\ m/s, +x.$

المطلوب: $I_{BA} = ?, v_{Af} = ?$

الحل :

أختار نظامَ إحداثياتٍ يكون فيه الاتّجاه الموجب باتّجاهِ محور x+

أ. الدفع الذي اثرت به القذيفة في المدفع (I_{BA}) يساوي في المقدارالدفع الذي اثر به المدفع في القذيفة I_{AB} ويعاكسة في الاتّجاه. أستخدم مبرهنة (الزخَم الخطي – الدفع) لحساب الدفع الذي اثرت به القذيفة في المدفع.

$$I_{BA} = -I_{AB} = -\Delta p_B$$

$$I_{BA} = -(p_{Bf} - p_{Bi})$$

$$= -m_B(v_{Bf} - v_{Bi}) = -50.0 \times (1.2 \times 10^2 - 0)$$

$$= -6.0 \times 10^3\ kg.m/s$$

$$I_{BA} = 6.0 \times 10^3\ kg.m/s,\ -x$$

الدفع سالبٌ، حيث يؤثر في المدفع باتّجاه محورx–.

ب. أطبّق قانون حفظ الزخَم الخطيّ على القذيفة والمدفعَ قبل إطلاقِ القذيفة وبعد إطلاقها مباشرةً، مع ملاحظة أن مجموع الزخَم الخطيِّ للقذيفةِ والمدفع يساوي صفرًا قبل إطلاق القذيفة.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

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

$$2.0 \times 10^3 \times 0 + 50.0 \times 0 = 2.0 \times 10^3 \times v_{Af} + 50.0 \times 1.2 \times 10^2 = 0$$

$$v_{Af} = \frac{-6 \times 10^3}{20 \times 10^3} = -3.0\ m/s$$

$$v_{Af} = 3.0\ m/s,\ -x$$

بما أن السرعة النهائيّة للمدفع (A) سالبةٌ، فهذا يعني أن اتّجاه سرعته باتّجاه محور x ، أي بعكس اتّجاه حركة القذيفة.

مثال 14 :

يجلس طالب كتلته (35 kg) في قارب ساكن كتلته (65 kg)ويحمل صندوقاً كتلته (6 kg) إذا قذف الولد الصندوق أفقياً بسرعة مقدارها (10 m/s) . وباهمال مقاومة الماء، جد سرعة القارب بعد قذف الصندوق مباشرة.

الحل :

$$(m_1 + m_2)\, v_i = m_1\, v_{1f} + m_2\, v_{2f}$$

$$0 = 6 \times 10 + 100 v_{2f}$$

$$v_{2f} = -0.60\ m/s$$

$$= 0.60\ m/s\ ,\ -x$$

مراجعة الدرس الاول

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

الزخم الخطي لجسم يساوي ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة (v) رمزه (p) وهو كمية متجهة.

دفع قوة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي .

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

$$I = \sum F\,\Delta t = (ma)\Delta t = (\,kg\,.\frac{m}{s^2}).\,s = kg\,.\frac{m}{s}$$

اي ان الوحدتان متكافئتان

$$kg\,.\frac{m}{s} = N.\,s$$

3. أوضح متى يكون الزخم الخطي لنظام محفوظا؟

4. يكون الزخم الخطي محفوظا للنظام المعزول، وهو نظام تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفر وعندما تكون القوى الخارجية المؤثرة في النظام صغيرة جدا مقارنة بالقوى الداخلية المتبادلة بين اجزاء النظام بحيث يمكن إهمالها، فيمكن التعامل مع النظام على أنه معزول وان زخمة الخطي محفوظ .

5. أفسر : ذهبت نرجس إلى مدينة الألعاب، وعند قيادتها سيارة كهربائية واصطدامها بالسيارات الأخرى وجدت أن تأثير هذه التصادمات عليها قليل. وعند تركيز انتباهها على هذه السيارات؛ لاحظت وجود حزام من مادة مطاطية يحيط بجسم السيارة. أفسر سبب وجود هذا الحزام المطاطي ؟

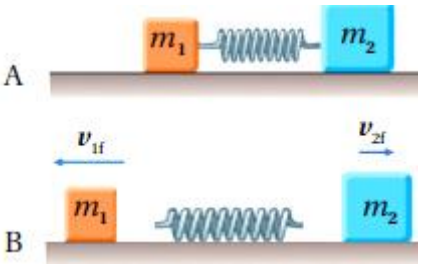
يزيد الحزام المطاطي زمن التصادم مما يقلل من مقدار القوة المؤثرة في السيارات نتيجة التصادم.

وحسب العلاقة $\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ فإن مقدار القوة المؤثرة في السيارة والرّكاب نتيجة التصادم سيقل بزيادة زمن التصادم .

6. أتوقع هل يمكن أن يكون مقدار الزخم الخطي لرصاصة مساويا لمقدار الزخم الخطي لشاحنة؟ أفسر إجابتي.

نعم ممكن لان الزخم الخطي لا يعتمد علي الكتلة فقط بل علي حاصل ضرب الكتلة بالسرعة والنقص في كتلة الرصاصة يمكن تعويضه بسرعتها

6 . وضعت اسلام نابض خفيف مضغوط بين صندوقين كتلتيهما m_1 و m_2 موضوعين على سطح افقي املس كما في الشكل A . عندما افلتت اسلام النابض تحرك الصندوقين باتجاهين متعاكسين كما في الشكل B اذا علمت ان :



($m_2 = 2m_1$). فأجد نسبة مقدار سرعة الصندوق الاول النهائية إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني النهائية لحظة ابتعاد كل منهما عن النابض.

الحل :

اختار الاتجاه الموجب (اتجاة محور x+) باتجاة حركة احد الصندوقين

ونطبق قانون حفظ الزخم الخطي علي الصندوقين

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

$$0 = -m_1 \times v_{1f} + 2m_2 \times v_{2f}$$

$$m_1 \times v_{1f} = 2m_2 \times v_{2f}$$

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

7 . أحلل وأستنتج: أشاهد في أثناء التدريبات العسكرية إسناد الجنود كعوب بنادقهم على أكتافهم بإحكام عند إطلاق الرصاص منها. لماذا يفعلون ذلك؟

عند عدم إسناد البندقية على الكتف فإنها ترتد في الاتجاه المعاكس لحركة الرصاصة نتيجة حفظ الزخم الخطي، مما يجعلها تصطدم بالكتف. لكن عند تثبيت البندقية بالكتف يكون زخم الارتداد لكتلة الجندي وكتلة البندقية معا ، مسببا سرعة ارتداد اقل بكثير من سرعة البندقية في الحالة الاولى . لان كتلة الجندي والبندقية معا اكبر بكثير من كتلة البندقية وحدها .

8. أصدر حكما: في أثناء جلسة نقاش داخل غرفة الصف عن كيفية حركة المركبات الفضائية في الفضاء، قالت بتول: تندفع المركبة الفضائية في الغلاف الجوي للأرض، ويتغير مقدار سرعتها واتجاه حركتها عندما تدفع الغازات المنطلقة من الصواريخ المثبتة عليها الهواء الجوي، وأنه لا فائدة من وجود هذه الصواريخ و المركبة الفضائية في الفضاء؛ إذ لا يمكن لهذه الصواريخ أن تغير مقدار سرعة هذه المركبة في الفضاء أو اتجاه حركتها؛ لأنه لا يوجد هواء في الفضاء تدفعه الغازات الخارجة منها ."أناقش صحة قول بتول.

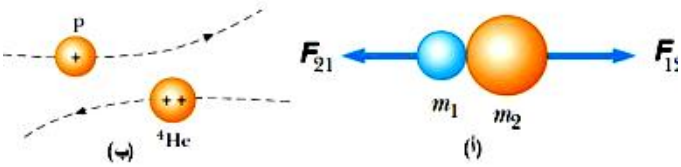
كلام بتول غير صحيح لانه في المركبات الفضائية والصواريخ والمحركات النفاثة يحترق الوقود ويتكون نتيجة لذالك غازات ساخنة جدا وتنطلق هذة الجزيئات الغازية من موخرة المحرك مثل تيار من الرصاصات المنطلقة من بندقية تكرارية وكما ان البندقية ترتد في عكس حركة اتجاة الرصاصة فان الصاروخ والمركبات الفضائية ترتدان ايضا في الاتجاه المعاكس لحركة الغازات المنطلقة وحيث ان جزيئات الغاز قد اكتسبت كمية تحرك الي الخلف فان الصاروخ يجب ان يكتسب كمية تحرك مساوية في الاتجاه المعاكس (الي الامام) لان كمية التحرك محفوظة

بمعني اخر لا تندفع المركبات الفضائية والصواريخ نتيجة الفعل المتبادل بين الغازات والمحيط الجوي الخارجي و الحقيقة ان اداء الصاروخ يكون في احسن حالاته في الفضاء الخارجي حيث لا وجود للهواء . لان الهواء يتسبب في نشأة قوة احتكاك تعيق حركة الصاروخ وبالتالي تقلل من الزخم الناتج من الغازات بسبب الاحتكاك مع الهواء اذن الهواء لا يساعد علي الحركة بل يعيقها

الدرس الثاني :التصادمات Collisions

الزخم الخطي والطاقة الحركية في التصادمات –Linear Momentum and Kinetic Energy in Collisions

التصادم : مصطلح لتمثيل حدث يقترب فيه جسمان أحدهما من الاخر ويؤثر كل منهما في الاخر بقوة



اشكال التصادم:

1. حدوث تلامس بين جسمين شكل (أ) مثل كرات البلياردو (مستوي جاهري بالعين المجردة)
2. عدم حدوث تلامس كتصادم الاجسام شكل(ب) مثل الشحنات المتشابهة (مستوي مجهري بالمجهر)
3. انفجاري مثل القنابل او انحلالي عندما يتفكك جسم الي جزئين

انواع التصادمات حسب الطاقة الحركية Collisions and Kinetic Energy

1. التصادم المرن Elastic collision

تاثيرمتبادل بين جسمين او اكثرا حدهما علي الاقل متحرك بحيث يتحرك كل منهما بشكل منفرد قبل التصادم وبعده ويتحقق فيه قانون حفظ الزخم والطاقة الحركية

الزخم محفوظ :

$$\sum p_i = \sum p$$

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

الطاقة الحركية محفوظة:

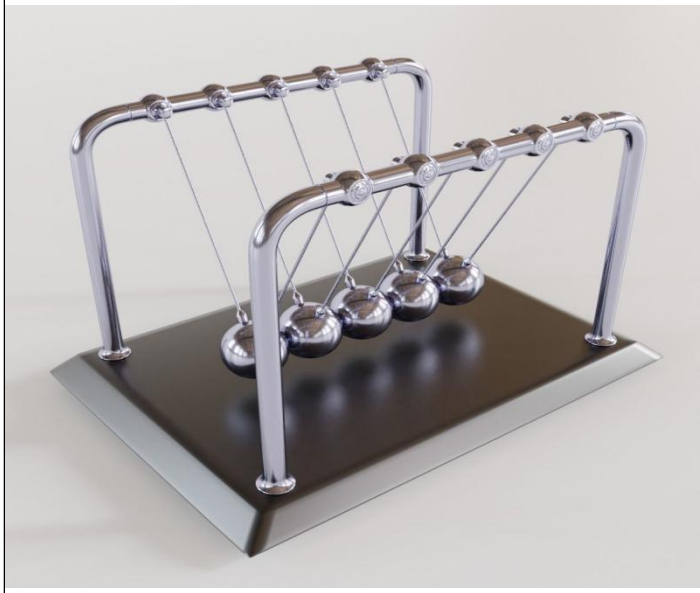
$$\sum KE_i = \sum KE_f$$

$$\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2 = \frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2$$

ومن التطبيقات المهمة علي التصادمات المرنة:

1. تصادم الجسيمات الذرية والشحنات المتشابه
2. تصادم جزيئات الغاز (بالتقريب)
3. تصادم كرات البلياردو (بالتقريب)
4. تصادم الكرات الفلزية (بالتقريب)
5. كرات نيوتن

كرات نيوتن Newton's Cradle

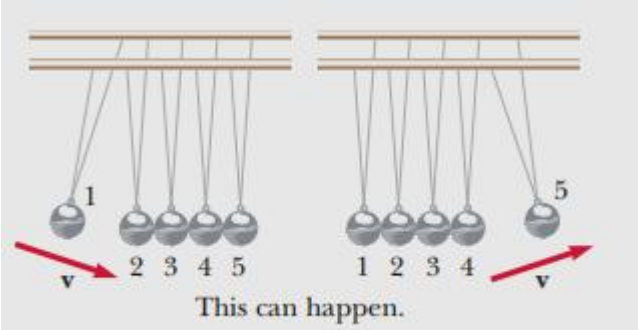


تتكون من مجموعة من الكرات المعدنية في هذة الحالة خمس كرات متطابقة بنفس الحجم و الكتلة معلقة في اطار معدني بواسطة خيط رفيع ، تلامس بعضها البعض في حالة الراحة.

كرات نيوتن توضح ظاهرة الحفاظ على الزخم و الطاقة الحركية باستخدام الكرات المعدنية المتأرجحة، فعندما نرفع احدى الكرات في احد الطرفين و نحررها فإنها تضرب الكرات الثابتة و تنتقل القوة عبر الكرات الثابتة و التي تدفع آخر كرة الى الأعلى، تتأرجح الكرة الاخيرة و تضرب الكرات الثابتة و يتكرر التأثير في الاتجاه المعاكس.

يعرف هذا الجهاز كذلك ببندول نيوتن او كرات نيوتن و كذلك يسمى جهاز النقر المركزي التنفيذي نظرا لأن الجهاز يصدر نقرة في كل مرة تصطدم فيها الكرات و هو ما يحدث بشكل متكرر بإيقاع ثابت

أ .أُفسّر ما الذي حدث ؟



توضح كرات نيوتن قانون حفظ الزخم الخطي، فالكرات متراصه لا يوجد فراغ بينها يسمح بحركتها،

وبتطبيق قانون حفظ الزخم الخطي بين كل كرتين متجاورتين فينتقل الزخم الخطي من كرة إلى أُخرى حتى يصل الكرة التي على الجانب الاخر فتقفز في الهواء.

ب . ماذا سيحدث إذا سحبتُ كرتين من الجانب الايسر جانبيا ثم افلتهما معا ؟

بما أن الكرات متماثلة والتصادم مرن فإنه سيقفز كرتين من الجانب آلاخر حسب قانون حفظ الزخم الخطي.

(حفظ الطاقة الحركية يؤدي الى قفز كرتين وليس كرة واحدة)

جـ. ماذا سيحدث إذا رفعتُ الكرتين الخارجيتين كلتيهما على الجانبين (من كل جانب كرة) إلى الارتفاع نفسه وافلتهما في اللحظة نفسها؟

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

2. التصادم غير المرن Inelastic collision

تاثير متبادل بين جسمين او اكثر احدهما علي الاقل متحرك بحيث يتحرك كل منهما بشكل منفرد قبل التصادم وبعده ويتحقق فيه قانون حفظ الزخم ولا يتحقق فيه قانون حفظ الطاقة الحركية اذ يفقد جزء من طاقته مثل اصطدام كرة مطاطية بسطح صلب (مضرب مثلا)، حيث تفقد جزءا من طاقتها الحركية عندما تتشوه الكرة في أثناء ملامستها للسطح. أنظر الشكل .

الزخم محفوظ :

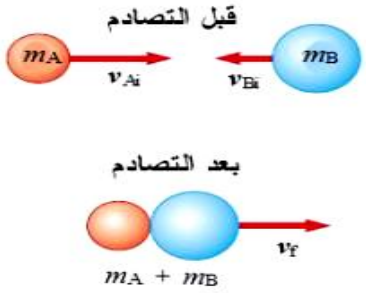
$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

ومن الامثلة علي التصادمات غير المرنة اي تصادم لا يحدث فيه التحام ويفقد جزء من طاقة الحركية يعتبر غير مرن.

3. التصادم عديم المرونة Perfectly inelastic collision

تاثير متبادل بين جسمين او اكثر احدهما علي الاقل متحرك بحيث تلتحم الأجسام المتصادمة معاً بعد التصادم، لتصبح جسماً واحدًا تساوي كتلته مجموع كتل الأجسام المتصادمة. ويسيران معا بسرعة واحدة ويتحقق فيه قانون حفظ الزخم وتكون الطاقة الحركية المفقودة كبيرة ومثال ذلك ما يحدث عند اصطدام كرتي صلصالٍ معاً، أو اصطدام سيارتين وتحرُّكهما معاً بعد التصادم



الزخم محفوظ:

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

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

ومن الامثلة علي التصادم عديم المرونة :

1. تصادم كرات الطين
2. البندول القذفي
3. اصطدام كرتي صلصال معاً
4. اصطدام سيارتين وتحرُّكهما معاً بعد التصادم

اي تصادم يحدث فية التحام او تفكك يصنف تصادم عديم المرونة

الجدول التالي يوضح الفرق بين انواع التصادمات الثلاث

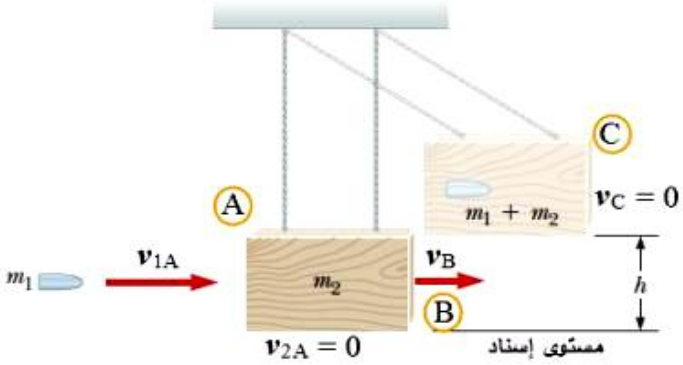
	التصادم المرن	التصادم غير المرن	التصادم عديم المرونة
التعريف	تاثير متبادل بين جسمين او اكثر احدهما علي الاقل متحرك بحيث يتحرك كل منهما بشكل منفرد قبل التصادم وبعده ويتحقق فيه قانون حفظ الزخم والطاقة الحركية	تاثير متبادل بين جسمين او اكثر احدهما علي الاقل متحرك بحيث يتحرك كل منهما بشكل منفرد قبل التصادم وبعده ويتحقق فيه قانون حفظ الزخم ولا يتحقق فيه قانون حفظ الطاقة الحركية	تاثير متبادل بين جسمين اواكثر احدهما علي الاقل متحرك بحيث يلتحم الجسمين قبل التصادم او بعده ويتحقق فيه قانون حفظ االزخم وتكون فيه الطاقة الحركية المفقودة كبيرة
حفظ الزخم	محفوظ $\sum p_i = \sum p_f$	محفوظ $\sum p_i = \sum p_f$	محفوظ $\sum p_i = \sum p_f$
حفظ الطاقة الحركية	محفوظة $\Delta k = 0$ $\sum k_i = \sum k_f$	غير محفوظة $\Delta k \neq 0$ $\sum k_i > \sum k_f$	غير محفوظة $\Delta k \neq 0$ $\sum k_i \gg \sum k_f$
الطاقة الحركية المفقودة	لا يوجد فقدان في الطاقة الحركية	يوجد فقدان في الطاقة الحركية	الطاقة الحركية المفقودة كبيرة
$\frac{\sum k_i}{\sum k_f}$	$\frac{\sum k_i}{\sum k_f} = 1$	$1 > \frac{\sum k_i}{\sum k_f} > 0$	$\frac{\sum k_i}{\sum k_f} = 0$
امثلة عليها	تصادم الجسيمات الذرية تصادم جزيئات الغاز (بالتقريب) تصادم كرات البلياردو(بالتقريب) تصادم الكرات الفلزية(بالتقريب) كرات نيوتن	1. تصادم كرات المطاط	1. تصادم كرات الطين 2. البندول القذفي 3. اصطدام كرتي صلصالٍ معًا 4. اصطدام سيارتين وتحرُّكهما معًا بعد التصادم

تطبيق البندول القذفي :

البندول القذفي pendulum Ballistic يستخدم لقياس مقدارِ سرعة مقذوف، مثل الرصاصة. إذ تطلق رصاصةٌ كتلتها (m_1) باتّجاه كتلةٍ ساكنةٍ كبيرةٍ من الخشب كتلتها (m_2) معلّقةٍ رأسيًّا بخيطين خفيفين . فتخترق الرصاصة قطعة الخشب وتستقرُّ داخلها، ويتحرّك النظام المكون منهما كجسم واحد، ويرتفع مسافةً رأسيّةً (h). أنظر الشكل ويمكن حساب مقدار سرعة الرصاصة قبل اصطدامها بقطعة الخشب إذا عرفت مقدار (h).

الرمز (A) يمثل النظام قبل التصادم مباشرةً، والرمز (B) يمثل النظام بعد التصادم مباشرةً، أما الرمز (C) فيمثّل النظام عند أقصى ارتفاع (h) لاحظ من الشكل أنّ اتّجاه حركة النظام المكون من قطعة الخشب والرصاصة بعد التصادم مباشرةً يكون باتّجاه حركة الرصاصة نفسه قبل التصادم في مستوى الصفحة، ونحو اليمين.

أطبّق قانون حفظ الزخَم الخطيّ على النظام قبل التصادم مباشرة وبعد التصادم مباشرة



في البندول القدفي الزخم محفوظ والطاقة الحركية غير محفوظة

لانها تتحول الي

طاقة وضع عند اقصى ارتفاع لكن الطاقة الميكانيكية محفوظة

لا توجد قوىً غير محافظة تبذل شغلاً على النظام في أثناء حركته بعد التصادم مباشرةً وصولاً إلى أقصى ارتفاع

لذا تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة

أطبّق قانون حفظ الزخَم الخطيّ على النظام قبل التصادم مباشرةً وبعد التصادم مباشرةً كما يأتي:

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

v_{Bi} ساكن فتكون سرعتة صفر

$$m_1 V_{1A} + 0 = (m_A + m_B)\, v_B$$

$$v_B = \frac{m_1 \; V_{1A}}{m_1 + m_2}$$

أطبّق قانون حفظ الطاقة الميكانيكية على النظام بعد التصادم مباشرة وعند اقصي ارتفاع كما يأتي:

$$ME_B = ME_C$$

$$KE_B + PE_B = KE_C + PE_C$$

بعد التصادم مباشرة طاقة الوضع صفر وعند اقصي ارتفاع طاقة الحركة صفر

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_B{}^2 + 0 = 0 + (m_1 + m_2)g\,h$$

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_B{}^2 = (m_1 + m_2)g\,h$$

$$\frac{1}{2}v_B{}^2 = g\,h$$

$$v_B = \sqrt{2g\,h}$$

وبتعويض قيمة vB المحسوبة من حفظ الزخم

$$\frac{m_1\ v_{1A}}{m_1 + m_2} = \sqrt{2g\,h}$$

$$V_{1A} = \frac{m_1 + m_2}{m_1}\sqrt{2g\,h}$$

ابعاد التصادم:

1. تصادم في بعد واحد One-Dimensional Collision:

يحدث عندما يتحرك جسمان قبل التصادم على امتداد الخط المستقيم نفسه، ويتصادمان رأساً برأس بحيث تبقى حركتيهما بعد التصادم على المسار المستقيم نفسه كما في الشكل .

2. تصادم في بعدين . Two-Dimensional Collision (غير مطلوب)

مثال 15 :

تتحرك الكرة (A) باتجاه محور x+ بسرعة (6.0m/s)؛ فتصطدم رأسا برأس بكرة أخرى (B) أمامها تتحرك باتجاه محور x+ بسرعة ($3.0\ m/s$). أنظر الشكل ، بعد التصادم تحركت الكرة (B) بسرعة مقدارها (5.0m/s) بالاتجاه نفسه قبل التصام. إذا علمت أن ($m_A = 5.0$ kg , $m_B = 3.0$ kg)، فأجيب عما يأتي:

1. أحسب مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.
2. حدد نوع التصادم .

المعطيات :

$v_{Ai} = 6.0$ m/s, $+x$, $v_{Bi} = 3.0$ m/s, $+x$, $v_{Bf} = 5.0$ m/s, $+x$, $m_A = 5.0$ kg, $m_B = 3.0$ kg.

المطلوب: $v_{Af} = ?$

الحل :

أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتّجاه الموجب باتّجاه محور x+.

1. أطبق قانونَ حفظ الزخَم الخطيّ على نظام الكرتين.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

$$5.0 \times 6.0 + 3.0 \times 3.0 = 5.0\, v_{Af} + 3.0 \times 5.0$$

$$v_{Af} = 4.8 \text{ m/s}, x+$$

سرعة الكرة (A) موجبةٌ؛ فهذا يعني أنّ اتّجاه سرعتها باتّجاه محور $+x$.

ب. لتحديد نوع التصادم يلزم حساب التغيُّر في الطاقة الحركية.

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

$$\Delta K = \frac{1}{2} \times [5.0 \times (4.8)^2 + 3.0 \times (5.0)^2] - \frac{1}{2} \times [5.0 \times (6.0)^2 + 3.0 \times (3.0)^2]$$

$$\Delta K = -8.4 \text{ J}$$

بما أن التغيُّر في الطاقة الحركية لنظام الكرتين سالبٌ، فهذا يعني حدوثَ نقصٍ في الطاقة الحركية، والكرتان لم تلتحما بعد التصادم؛ إذًا التصادم غير مرن.

مثال 16 :

كرتا بلياردو كتلة كل منهما (kg 0.16) تتحرك الكرة الحمراء (A) باتجاه محور x+ بسرعة(2 m/s) نحو الكرة الزرقاء (B) الساكنة وتتصادمان رأسا برأس تصادما مرنا، أنظر الشكل ، أحسب مقدار ما يأتي:

أ. سرعة الكرة (B) بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.

ب. سرعة الكرة (A) بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.

المعطيات:

$m_A = m_B = 0.16$ kg, $v_{Ai} = 2$ m/s, $+x$, $v_{Bi} = 0$.

المطلوب: $v_{Bf} = ?, v_{Af} = ?$

الحل: أختار نظام احداثيات يكون فيه الاتّجاه الموجب باتّجاه محور x+.

أ. أطبق قانون حفظ الزخَم الخطيّ على نظام الكرتين.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

لأن $m_B = m_A$ فإنها تختصر من المعادلة وتصبح كما يأتي:

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

$$2 + 0 = v_{Af} + v_{Bf}$$

$$v_{Af} + v_{Bf} = 2$$

اجد v_{Af} بدلالة v_{Bf} كما يأتي:

$v_{Af} = 2 - v_{Bf}$ 1

بما أنه يوجد مجهولين؛ أحتاج إلى معادلةٍ ثانيةٍ أحصل عليها بتطبيق حفظ الطاقة الحركية على نظام الكرتين قبل التصادم وبعدَه؛ لأن التصادم مرن.

$$\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2 = \frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2$$

ولأن $m_A = m_B$ ؛ فإنّها تختصر من المعادلة، واعوض $v_{Bi} = 0$، وتصبح كما يأتي:

$$4 + 0 = v_{Af}^2 + v_{Bf}^2$$

$$v_{Af}^2 + v_{Bf}^2 = 4 \text{ ..... } 2$$

وبتعويض المعادلة 1 في المعادلة 2 لإيجاد مقدار v_{BF}؛ أحصل على ما يأتي:

$$(2 - v_{Bf})^2 + v_{Bf}^2 = 4$$

$$4 + v_{Bf}^2 - 4\, v_{Bf} + v_{Bf}^2 = 4$$

$$2v_{Bf}^2 - 4\, v_{Bf} = 0$$

$$v_{Bf}\,(v_{Bf} - 2) = 0$$

وبحلّ هذه المعادلة اتوصل إلى حلين لها، الأول vBf = 2m/s :، والثاني : vBf = 0 ، الحلُّ الأول يوضح أنّ سرعة الكرة الزرقاء بعد التصادم موجبةٌ، وهذا يعني أن اتّجاه سرعتها باتّجاه محور X+، أ ي باتّجاه سرعة الكرة الحمراء نفسِه قبل التصادم.

والحلُّ الثاني مستبعدٌ؛ لأنّه يعني أن الكرة الزرقاء بقيت ساكنةً بينما تستمرُّ الكرة الحمراء بالحركة بمقدار السرعة نفسه وبالاتجاه نفسه (بحسب قانون الزخم الخطي) وبتعويض vBf =0 في المعادلة 1 أجد أن vAf = 2m/s ،أي أنّ الكرة A نفذت من خلال الكرة B ، واستمرت بالحركة باتّجاه محور X+، وهذا غير ممكن ، إذاً: vBf = 2m/s

ب. بتعويض مقدار $v_{Bf} = 2m/s$ في المعادلة 1؛ أتوصّل إلى مقدار v_{Af}

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

أي أنّ الكرةَ الحمراء سكنت بعد التصادم، بينما اكتسبت الكرة الزرقاء السرعةَ الابتدائية للكرة الحمراء. وهذا يحدث إذا كان التصادم مرناً، وكان للكرتين الكتلة نفسها

مثال 17 :

أطلق سعد سهما كتلته (0.03 kg) أفقيا باتجاه بندول قذفي كتلته (0.72kg) ؛ فاصطدم به والتحما معا، بحيث كان أقصى ارتفاع وصله البندول فوق المستوى الابتدائي له يساوي (20 cm)، وباعتبار تسارع السقوط الحر (10 m/s).
أجيب عما يأتي:

أ. أي مراحل حركة النظام المكون من البندول والسهم يكون فيها الزخم محفوظا؟

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

ج. أحسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم.

المعطيات: أفترض رمز الكتلة A ورمز السهم B.

$m_A = 0.72$ kg, $m_B = 0.03$ kg, $h = 20$ cm $= 0.20$ m, $g = 10$ m/s^2.

المطلوب : $V_{1A} =$

الحل:

أ. يكون الزخَم الخطيّ محفوظًا في التصادم عديم المرونة بين السهم والبندول.

ب. تكون الطاقة الميكانيكية محفوظةً للرصاصة قبل التصادم، كما تكون الطاقة الميكانيكية محفوظةً للبندول والسهم بدا من حركتهما معًا مباشرةً بعد التصادم، وحتى وصولهما معًا إلى أقصى ارتفاع، وذلك عند إهمال قوى الاحتكاك.

ج. أحسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم باستخدام النتيجة السابقة التي توصلت إليها في البندول القذفيّ ، كما يأتي:

$$V_{1A} = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2gh}$$

$$= \left(\frac{0.03 + 0.72}{0.03} \right) \sqrt{2 \times 10 \times 0.20} = 50 \text{ m/s} + x$$

مثال 18 :

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

أ. أحسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.

ب. ما نوع التصادم؟ وهل الطاقة الحركية محفوظة في هذا النوع من التصامات؟ أبرر إجابتي.

المعطيات :

$m_A = 1.80 \times 10^3$ kg, $m_B = 2.20 \times 10^3$ kg , $v_{Ai} = 3.00$ m/s, $+x$, $v_{Bi} = 0$.

المطلوب: $v_f = ?$

الحل أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتّجاه الموجب باتّجاه محور x+.

أ. أطبّق قانون حفظ الزخَم الخطيِّ على العربتين قبل التصادم مباشرةً وبعد التصادم مباشرةً.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

$$1.80 \times 10^3 \times 3.00 + 2.20 \times 10^3 \times 0 = (1.80 \times 10^3 + 2.20 \times 10^3) v_f$$

$$v_f = 1.35 \text{ m/s}$$

$$v_f = 1.35 \text{ m/s}, +x$$

ب. بما أن عربتي القطار التحمتا معاً بعد التصادم فهو تصادم عديم المرونة. وأتأكّد من ذلك عن طريق مقارنة الطاقة الحركية لنظام العربتين قبل التصادم بالطاقة الحركية للنظام بعد التصادم.

$$K_i = \frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2 = \frac{1}{2} \times 1.80 \times 10^3 \times (3.00)^2 + \frac{1}{2} \times 2.20 \times 10^3 \times 0$$

$$= 8.10 \times 10^3 \text{ J}$$

$$K_f = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v_f^2 = \frac{1}{2} (1.80 \times 10^3 + 2.20 \times 10^3) \times (1.35)^2$$

$$= 3.65 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta K = 3.65 \times 10^3 - 8.10 \times 10^3$$

$$= -4.45 \times 10^3 \text{ J}$$

التغيُّر في الطاقة الحركية سالبٌ ، أي أن الطاقة الحركية غير محفوظة، والعربتان التحمتا معاً بعد التصادم لذا فإن التصادمَ عديم المرونة.

مثال 19:

أطلق محقق رصاصةً كتلتها(0.030 kg) أفقيًا باتجاه بندول قذفي كتلته (0.97 kg) فاصطدمت به والتحما معًا، فكان أقصى ارتفاع وصله البندول فوق المستوى الابتدائي له (45cm). أحسب مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة.

الحل :

$$V_{1A}=\frac{m_1+m_2}{m_1}\sqrt{2g\,h}$$

$$V_{1A}=\frac{0.03+0.97}{0.03}\sqrt{2\times 10\times 0.45}=100\ m/s,\ +x$$

مراجعة الدرس الثاني

1. ما نوعا التصادم بحسب حفظ الطاقة الحركية؟ وما الفرق بينهما؟

أ) تصادم مرن : الزخم فيه محفوظ والطاقة الحركية غير محفوظة .

ب) تصادم غير مرن: الزخم فيه محفوظ والطاقة الحركية غير محفوظة .

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

التصادم المرن وغير المرن كلاهما لايحدث فيهما التحام ، وكون التصادم للسيارات علي الاغلب لا يحدث فيه التحام فهذا لا يعني ان التصادم مرن لان التصادم المرن لايحدث فيه تشوة نتيجة التصادم وضياع في الطاقة الحركية .

3. أحلل وأستنتج: تصادم جسمان تصادما مرنا. أجيب عما يأتي:

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

لا يتساوي الزخم الخطي لكل جسم لوحدة بسبب اختلاف السرعة لكن يبقي الزخم الخطي للجسمين قبل التصادم مساوي للزخم الخطي للجسمين بعد التصادم .

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

لا تتساوي الطاقة الحركية لكل جسم لوحدة بسبب اختلاف السرعة لكن يبقي مجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم مساوي لمجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم .

4. كرة صلصالٍ كتلتها(2kg) تتحرك شرقًا بسرعةٍ ثابتةٍ، وتصطدم بكرة صلصالٍ أخرى ساكنة، فتلتحمان معًا وتتحركان شرقًا بسرعة يساوي مقدارها ربعَ مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى. أحسب مقدار كتلة الكرة الثانية؟

المعطيات : الكرة الاولي a والثانية b

$m_a = 2\text{kg}$, $v_{bi} = 0$, $v_f = \frac{1}{4} v_{ai}$

المطلوب $m_b = ?$

الحل :

$\sum p_i = \sum p_f$

$m_a v_{ai} + m_b v_{bi} = m_a v_{af} + m_b v_{bf}$

$m_a v_{ai} + 0 = (m_a + m_b) \frac{1}{4} v_{ai}$

$2 v_{ai} = (2 + m_b) \frac{1}{4} v_{ai}$

$8 v_{ai} = (2 + m_b) v_{ai}$

$m_b = 8 - 2 = 6\text{kg}$

5 . أصدر حكما: تتحرك شاحنة غربا بسرعة ثابتة؛ فتصطدم تصادما عديم المرونة مع سيارة صغيرة تتحرك شرقا بمقدار سرعة الشاحنة نفسه. أجيب عما 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؟

المعطيات : نفرض الشاحنة A والسيارة B

$v_{ai} = (-v_1)$ $v_{bi} = +v_1$ $v_{af} = v_2$

الحل:

أ) الزخم محفوظ اي ان الزخم للشاحنة والسيارة قبل التصادم يساوي الزخم بعد التصادم

$\sum p_i = \sum p_f$

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

$m_A(-v_1) + m_B v_1 = m_A v_2 + m_B v_2$

$m_B v_1 - m_B v_2 = m_A v_2 + m_A v_1$

$m_B (v_1 - v_2) = m_A (v_2 + v_1)$

$-\Delta p_B = \Delta p_A$

$\Delta p_A = m_A(v_{af} - v_{ai}) = m_A(v_2 - -v_1) = m_A(v_2 + v_1)$

$\Delta p_B = m_b(v_{bf} - v_{bi}) = m_B(v_2 - v_1) = m_B(v_2 - v_1)$

$-\Delta p_B = m_B(v_1 - v_2)$

اي ان الخسارة في زخم الشاحنة اكتسبته السيارة .

ويكون مقدار التغير في زخم الشاحنة مساوي لمقدار للتغير في زخم السيارة

ب)

$K_A = \frac{1}{2} m_A (v_{af}^2 - v_{ai}^2) = \frac{1}{2} m_A (v_2^2 - v_1^2)$

$K_B = \frac{1}{2} m_B (v_{bf}^2 - v_{bi}^2) = \frac{1}{2} m_B (v_2^2 - v_1^2)$

$m_A > m_B \rightarrow K_A > K_B$

سرعة السيارة والشاحنة قبل التصادم متساوية وبعد التصادم التحمتا (تصادم عديم المرونة) ، وبما ان الشاحنة اكبر تكون طاقتها الحركية اكبر

ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة فيما يلي :

1. أي الكميات الاتية تمثل (المعدل الزمني للتغير في الزخم)؟

أ) الدفع ب) الشغل جـ) القوة د) التسارع

2. ما مقدار الدفع على الحائط عند اصطدام جسم كتلته 2 kg يتحرك أفقيا بسرعة 4 m/s بحائط وارتداده بنفس السرعة بوحدة (N.s) باتجاه معاكس لحركته؟

أ) 8 ب) 16 جـ) 0 د) 32

3. إذا مثلت العلاقة بيانياً بين الزخم لجسم على المحور الصادي والزمن على المحور السيني، ماذا يمثل ميل المنحنى؟

أ) الزخم ب) مقلوب الدفع جـ) الطاقة الحركية د) القوة

4. جسم كتلته 0.5 kg سقط من السكون من ارتفاع 180 cm عن سطح الأرض ما مقدار زخمه عند وصوله الارض بوحدة (kg.m/s) ؟

أ) 5 ب) 6 جـ) 3 د) 9

5 . جسم كتلته 4 kg يتحرك بسرعة 2 m/s أثرت عليه قوة 8N بنفس اتجاه حركته لمدة 5s، كم يصبح مقدار زخمه بوحدة (kg.m/s)؟

أ) 32 ب) 8 ج) 40 د) 48

6. كرة كتلتها 0.2 kg تقترب أفقياً من مضرب لاعب بسرعة 40 m/s وترتد عنه بالاتجاة المعاكس بسرعة 50 m/s إذا دام التلامس 0.2s فكم يساوي مقدار متوسط القوة التي يؤثر بها المضرب على الكرة بوحدة N؟

أ) 18 ب) 10 جـ) 90 د) 2

7. في منحنى (القوة –الزمن) ماذا تمثل المساحة تحت المنحنى؟

أ)التغير في السرعة ب)التسارع جـ)الدفع د)الزخم

8. إذا دفع رجل كتلته 70 kg يقف على أرض جليدية أفقية ولداً ساكناً كتلته 50 kg ، فكم يساوي التغير في زخم الرجل والولد معاً بوحدة (kg.m/s)؟

أ) 0 ب)100 جـ)140 د)240

9 . إذا علمت مقدار الدفع المؤثر على جسم كتلتة (m) فاي مما ياتي تستطيع حسابه؟

أ) سرعته الابتدائية ب) سرعته النهائية جـ) تسارعه د) التغير في سرعته

10. قذيفة كتلتها 2 kg انطلقت أفقياً بسرعة 200 m/s من فوهة مدفع ساكن كتلته 500 kg ما سرعة ارتداد المدفع بوحدة (m/s)؟

أ) 1.25 ب) 0.75 جـ) 0.8 د) 2.5

11. تدافع صديقان في صالة تزلج بحيث تحركا في اتجاهين متعاكسين، إذا كانت كتلة أحدهما 55kg وتحرك بسرعة 3 m/s وكتلة الآخر 50 kg وتحرك بسرعة 3.3 m/s ، إن التغير في الزخم للصديقين معا بوحدة(kg.m/s)

أ) 165 ب) 330 ج) 1050 د) 0

12. في الشكل المجاور (A,B,C) ثلاث كرات زجاجية متماثلة إذا تحركت الكرة A بسرعة 6 m/s نحو الكرتين الساكنتين والمتلامستين B,C فاصطدمت بالكرة B تصادماً مرن. باهمال الاحتكاك – فإنه بعد التصادم مباشرة :

أ) تسكن الكرتان A و B وتتحرك الكرة C بسرعة 6 m/s

ب) تسكن الكرتان A و B وتتحرك الكرة C بسرعة 3 m/s

جـ) تسكن الكرة A وتتحرك الكرتان B و C بسرعة 2 m/s

د) تتحرك الكرات الثلاث بسرعة مقدارها 2 m/s.

13. إذا ركل رائد فضاء حجراً صغيراً وهو في الفضاء الخارجي، أي العبارات الآتية صحيحة :

أ) يتحرك رائد الفضاء والحجر بنفس السرعة ولكن باتجاهين متعاكسين .

ب) يتحرك رائد الفضاء والحجر بسرعتين مختلفتين مقداراً ولكن بالاتجاه نفسه .

جـ) يتحرك رائد الفضاء بسرعة أقل من سرعة الحجر وباتجاه معاكس لحركة الحجر .

د) لا يتحرك أي منهما .

14 . جسمان A و B لهما نفس الكتلة اذا كان زخم A مثلي زخم B فان :

أ) KA = 2 KB ب) KA = 4 KB جـ) $KA = \frac{1}{2} KB$ د) $KA = \frac{1}{4} KB$

15 . تصادم جسم كتلته m وسرعته v تصادماً عديم المرونة بجسم آخر ساكن مماثل له في الكتلة إن الطاقة الضائعة؟

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

16. في التصادم عديم المرونة تكون النسبة بين الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم إلى الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم :

أ) أقل من واحد ب) واحدا جـ) أكبر من واحد د) صفراً

17. أي الكميات الفيزيائية تبقى محفوظة دائماً في أية عملية تصادم في نظام معزول؟

أ) طاقة الحركة ب) الزخم جـ) السرعة د) الطاقة الميكانيكية

18. عندما يصطدم جسمان مختلفان في الكتلة فإن الدفع الذي يؤثر به كل جسم على الآخر :

أ) متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه لكل أنواع التصادمات .

ب) متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه للتصادمات المرنة فقط .

جـ) متساوٍ لكل أنواع التصادمات .

د) متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه للتصادمات عديمة المرونة فقط .

19. أي العبارات الآتية ليست صحيحة لجميع أنواع التصادمات في نظام معزول؟

أ) يكون أحد الجسمين على الاقل متحركا ب) الطاقة الحركية للنظام محفوظة

ج) قد لا يتلامس الجسمان المتصادمان د) الزخم للنظام محفوظ

20. اصطدم جسم A كتلته m1 متحرك بسرعة v1 بكرة كتلتها m2 وسرعتها v2 حيث : ($v2< v1, m2>m1$) تصادماً عديم المرونة، إن التغير في الزخم :

أ) يكون أكبر للجسم A منه للكرة . ب) يكون أكبر للكرة منه للجسم A

ج) متساوٍ في المقدار متعاكس في الاتجاه . د) متساو لكل منهما مقداراً فقط

الاجابات :

رمز الفقرة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
رمز الاجابة	ج	ب	د	ج	د	ج	ج	ا	د	ج

رقم الفقرة	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
رمز الإجابة	د	أ	ج	ب	ب	ج	ب	أ	ب	ج

اسئلة التفكير الواردة في كتاب الانشطة

: 1

أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. اي مما ياتي زخمة الخطي اكبر: قارب مثبت برصيف ميناء ام قطرة ماء ساقطة

أ. القارب. ب. قطرة الماء.

ج. لهما الزخم الخطي نفسه. د. الجسمان لا يملكان زخما خطيا.

2. دراجة هوائية كتلتها (30 kg) ومقدار زخمها الخطي (150 kg.m/s) إن مقدار سرعتها بوحدة (m/s) يساوي :

أ . 4500 ب. 15 ج . 5 د . 45

3. إذا تضاعفت مقدار سرعة جسم مرتين فإن مقدار زخمة الخطي :

أ. لا يتغير. ب. يتضاعف مرتان

ج. يتضاعف أربع مرات د. يصبح نصف مقدار زخمه الخطي الابتدائي

4. يقفز ادهم من قارب ساكن كتلته (400kg) إلى الشاطئ ، فيتحرك القارب مبتعدا عن الشاطئ بسرعة أفقية مقدارها (1.0m/s) إذا علمت أن كتلة ادهم (80kg) ؛ فما مقدار سرعة حركته؟ وما اتجاهها؟

أ. (0.2m/s) نحو الشاطئ.

ب. (0.5 m/s) بعيدا عن الشاطئ.

ج. (5.0 m/s) بعيدا عن الشاطئ.

د. (5.0 m/s) نحو الشاطئ.

الاجابات :

1	2	3	4
ب	ج	ب	د

:2

رَمَت جنى كرة كتلتها (0.18kg) افقيا بسرعة مقدارها (20.0 m/s) باتّجاه محور +x فضربتها صديقتها لين بالمضرب حيث ارتدّت الكرة بالاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها (30.0 m/s) . اجب عما يلي:

أ. **أحسب** مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة.

ب. **أحسب** مقدار الدفع المؤثر في الكرة، وأحدد اتجاهه.

ج. إذا كان زمن تلامس الكرة والمضرب (0.60s) ؛ أحسب مقدار القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب في الكرة.

المعطيات :

$m = 0.18\ kg$, $v_i = 20\ m/s$, -x $v_f = 30\ m/s$,+x , $\Delta t = 0.60\ s$

الحل :

1: $\Delta p = p_f - p_i$

$= mv_f - mv_i$

$= m(v_f - v_i) = 0.18 (-30- 20) = -9 \text{ kg}.m/s = 9 \text{ kg}.m/s$, -x

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

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

3:

احل عند تحرك سيارة في مسار دائري بسرعة ثابتة مقدارا؛ فهل يتغير زخمها الخطي؟ أفسر إجابتي.

لا يتغير، لان الزخم يعتمد علي مقدار الكتلة والسرعة وبما ان الكتلة ثابتة والسرعة ثابتة مقدارا في المسار الدائري لذالك يبقي الزخم الخطي ثابت.

:4

تتحرك عربة بسرعة ثابتة؛ حيث كان مقدارزخمها الخطي يساوي ($12 \text{kg}.m/s$) إذا أضفت أثقالا إلى العربة بحيث تضاعفت كتلتها مرتين مع بقاء سرعتها ثابتة؛ فكم يصبح مقدار زخمها الخطي؟

المعطيات :

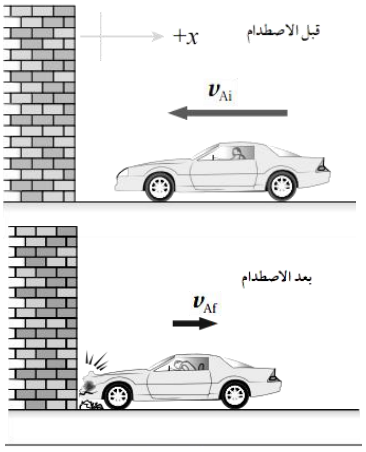
$p_1 = 12 \text{kg. m/s}$, $m_2 = 2\, m_1$ $v_2 = v_1$

$p_1 = m_1 v_1$

$p_2 = m_2 v_2 = 2\, m_1 v_1 = 2p_1 = 2 \times 12 = 24 \text{ kg.m/s}$

: 5

لاختبارمستوى الامان في السيارات، وفاعلية الوسائد الهوائية، وأحزمة الأمان فيها؛ توضع دمية مكان السائق، ثم يجري تعريضالسيارة لحادث اصطدام بحاجز، كما هو موضح في الشكل. إذا علمت أنّ كتلة السيارة (1.5×10^3 kg) وسرعتها قبل الاصطدام ($15\ m/s$) غربا، وسرعتها بعد الاصطدام مباشرة (3.0 m/s) شرقًا، وزمن التلامُس بين السيارة والحاجز (0.15 s) أجب علي ما يأتي:



تعريض سيارة لحادث اصطدام بحاجز.

أ. الدفع الذي يؤثر به الحاجزفي السيارة.

ب. القوة المتوسطة التي يؤثر بها الحاجزفي السيارة

المعطيات : $m_a = 1.5\times10^3$ kg , $v_{ai} = 15\ m/s$, $v_{ai} = 3m/s$

$\Delta t = 0.15s$

الحل : **1.** $I = \Delta p = p_f - p_i$

$= mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$

$= 1.5\times10^3(3- -15)$

$= 27000 \text{ kg.m/s}$,+x

2. $\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{27000}{0.15} = 180000\ N, +x$

اسئلة علل

1. ايقاف شاحنة تتحرك بسرعة معينة اصعب من ايقاف سيارة تتحرك بنفس السرعة

لان الشاحنة كتلتها اكبر فيكون زخمها اكبر عند ثبوت السرعة .

2. يمكن الحصول علي قيم دفع متساوية من قوي ثابتة وغير متساوية

بسبب تغيير زمن التاثير فيكون الدفع الناشئ عن قوة كبيرة مؤثرة في زمن قصير مساوي للدفع الناشئ عن قوة صغيرة مؤثرة في زمن طويل

3. تكون مواسير بنادق الصيد طويلة

لزيادة زمن تاثيرقوة الدفع علي الرصاصة مما يؤدي لتغيير كبير في الزخم فتخرج بسرعة كبيرة ويزداد مداها الافقي

4. يلجأ حارس المرمي لضرب كرة القدم بمشط قدمة لقطع مسافة اكبر

لزيادة زمن تاثير قوة الدفع علي الكرة مما يؤدي لتغيير كبير في الزخم فتخرج بسرعة كبيرة ويزداد مداها الافقي

5. يلجأ سائق السيارة الى الضغط على الفرامل لفترات زمنية متتالية حتى تتوقف السيارة

لزيادة زمن التأثير فتقل القوة المؤثرة علي السيارة حيث يقل زخمها بالتدريج الي ان تتوقف

6. يصمم الحذاء الرياضي بحيث يكون نعلة مزودا بوسائد امتصاص

عندما يضرب الرياضي قدمة بالارض فانها تؤثر علي قدمة بقوة تزيد عن وزنة فتعمل الوسائد علي تقليل القوة المؤثرة من خلال اطالة زمن تأثيرها

7. تزويد المركبات الحديثة بوسادات هوائية لتقليل الاضرار الناتجة عند التصادم

أ) لزيادة زمن تأثير القوّة الذي يتم خلاله إيقاف جسم الراكب عن الحركة، وبالتالي تقليل مقدار القوّة المؤثرة فيه، ممّا يقلل من احتمال حدوث الإصابات ، أو تقليل خطورتها.

ب) كما تعمل الوسادة الهوائية على توزيع القوّة على مساحة أكبر من جسم الراكب، فيقل ضغط القوة المؤثرة في الراكب

8. تتكسر بيضة اذا سقطت من ارتفاع معين باتجاة ارض صلبة بينما لاتتكسر البيضة نفسها اذا سقطت علي ارض من الرمل الناعم

عندما تسقط علي الارض الصلبة يكون زمن التلامس قليل فتكون القوة المؤثر كبيرة فتتكسر اما علي الرمل يكون زمن التلامس كبير وتكون القوة صغيرة فلا تتكسر

9. ضربة الملاكم السريعة ذات اثر اكبر من الضربة البطيئة

في الضربة السريعة يكون زمن التلامس قليل فتكون القوة المؤثر كبيرة والاثر كبير اما الضربة البطيئة يكون زمن التلامس كبير وتكون القوة صغيرة وبالتالي الاثر قليل .

10. عندما يقفز لاعب من مكان مرتفع فانه يثني ركبتية قبل ملامسة الارض

لزيادة زمن التصادم مع الارض فتقل القوة المؤثرة علية وبالتالي يقل زخمة بالتدريج الي ان يتوقف

11. توضع اكياس من الرمل بمحاذاة خنادق الجنود في الاماكن المعرضة للقصف

لان الرمل يعمل عي زيادة زمن التصادم فتقل قوة الدفع علي الرصاصة ويقل الضرر الناتج

12. تسطيع حبة رمل صغيرة ان تخدش زجاج سيارة مسرعة

السرعة العالية تجعل زمن التصادم قصير فتكون القوة المؤثرة كبيرة

13. سرعة ارتداد المدفع اقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة

لان كتلة المدفع اكبر بكثير من كتلة القذيفة فان سرعة ارتداد المدفع اقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة حيث الزخم محفوظ

14. يصعب علي رجل الاطفاء تثبيت خرطوم الماء عند تدفق الماء بسرعة منه

عند تدفق الماء بسرعة كبيرة يكون زخمة كبير فيرتد بنفس الزخم حيث الزخم محفوظ

15. ترتد البندقية للخلف عند خروج الرصاصة منها

عند خروج الرصاصة من البندقية بسرعة كبيرة يعني زخم كبير فترتد بنفس الزخم حيث الزخم محفوظ

16. ارتداد كرات المطاط الي ارتفاع اقل من الارتفاع الذي سقطت منة

تصادم كرة المطاط مع الارض غير مرن مما يؤدي الي نقصان في طاقتها الحركية وهذه الطاقة تبذل شغلا في تشوه كرة المطاط او فقدان طاقة علي شكل صوت او حرارة فتقل السرعة التي ترتد بها ويقل الارتفاع الذي تصل اليه

17. هناك فقد كبير في الطاقة الحركية في التصادمات عديمة المرونة .

لانة في التصادم عدّم المرونة يتحرك الجسمان كجسم واحد بعد التصادم، ولاحداث عمليّة الالتحام نحتاج إلى طاقة كبّيرة نحصل عليها من خلال حركة الجسمّن قبل التصادم.

مثال 20 :*

انفجر جسم ساكن إلى جزئين كتلة الثاني مثلي كتلة الاول . إذا كانت الطاقة الكلية الناتجة عن الانفجار تساوي (7500 J)، ما الطاقة الحركية التي يكتسبها كل منهما؟

المعطيات : نفرض ان الجسمان يتحركان في اتجاه متعاكس بعد الانفجار وان الجسم الثاني يتحرك لليمين والاول لليسار

$m_2 = 2m_1$ $\Delta KE = 7500$ J

$v_{1f} = -v_1$ $v_{2f} = v_2$

الحل :

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

$$0 = m_1(-v_1) + 2m_1 v_2$$

$$m_1 v_1 = 2m_1 v_2$$

$$v_2 = \frac{1}{2} v_1$$

$$K_{1f} = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$$

$$K_{2f} = \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 = \frac{1}{2} 2m_1 \left(\frac{v_1}{2}\right)^2 = m_1 \frac{{v_1}^2}{4}$$

$$\frac{K_{1f}}{K_{2f}} = \frac{\frac{1}{2} m_1 v_1^2}{m_1 \frac{{v_1}^2}{4}} = 2$$

$$K_{2f} = \frac{1}{2} K_{1f}$$

$$\Delta K = K_{1f} + K_{2f} = 7500 \text{ J}$$

$$K_{1f} + \frac{1}{2} K_{1f} = 7500 \text{ J}$$

$$\frac{3}{2} K_{1f} = 7500 \text{ J}$$

$$K_{1f} = 5000 \text{ J}$$

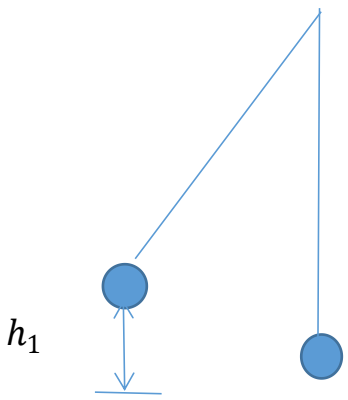
$$K_{2f} = 7500 - 5000 = 2500 \text{ J}$$

مثال 21 : *

كرتان لهما نفس الكتلة معلقتان بخيطين متماثلين اذا سحبت احداهما الى ارتفاع (h_1) ثم افلتت فالتحمت بالكرة الثانية الساكنة عند الوضع الرأسي فان اقصى ارتفاع h_2 لهما بعد التصادم يعطي بالعلاقة التالية : $h_2 = \frac{1}{4} h_1$

المعطيات : $m_2 = m_1 \quad v_{1i} = v_1 \quad v_{2f} = v_2$

الحل :



نستطيع في هذا النوع من الاسئلة استخدام تطبيق البندول القذفي لاثبات العلاقة

الزخم محفوظ والطاقة الحركية غير محفوظة لانها تتحول الي طاقة وضع عند اقصى ارتفاع ، لكن الطاقة الميكانيكية محفوظة

$$\sum p_i = \sum p_f$$
$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$
$$m v_1 = 2\, m v_2$$
$$v_2 = \frac{1}{2} v_1$$

وكون الطاقة الميكانيكية محفوظه اذن الطاقة الحركية للجسمين معا بعد التصادم مباشرة تتحول الي طاقة وضع عند اقصي ارتفاع h_2

$$mgh_1 = \frac{1}{2} m v_1^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 1$$
$$2mgh_2 = \frac{1}{2} 2m \frac{v_1^2}{4} \quad \ldots\ldots\ldots 2$$

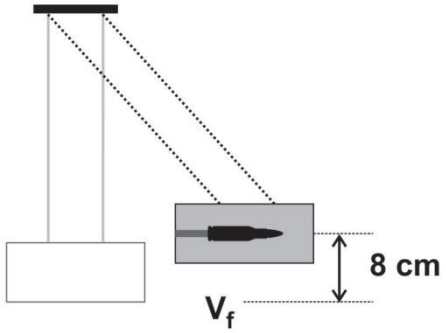
وبقسمة 1 علي 2

$$\frac{mgh_1}{2mgh_2} = \frac{\frac{1}{2} m v_1^2}{m \frac{v_1^2}{4}}$$

$$h_2 = \frac{1}{4} h_1$$

مثال 22 :

أطلقت رصاصة كتلتها(30 g) على كتلة خشبية كتلتها(4.97 kg) معلقة كما في الشكل المجاور، فكان أكبر ارتفاع رأسي وصلته المجموعة(8 cm)عن المستوي الافقي الاصلي احسب كلاً من:



١. سرعة المجموعة بعد التصادم مباشرة.

٢. سرعة الرصاصة قبل الاصطدام مباشرة.

٣. مقدار الطاقة الحركية المفقودة.

الحل:

لايجاد سرعة الجسمين بعد التصادم من قانون (حفظ الطاقة الميكانيكية)

حيث : $m = m_1 + m_2$

1) U = K

$$m\,g\,h = \frac{1}{2} m v_f^2 \rightarrow v_f = \sqrt{2gh}$$

$$v_f = 1.26 \text{ m/s}$$

2) $m_1 v_{1i} + 0 = (m_1 + m_2) v_f$

$$0.03 \times v_{1i} = 5 \times 1.26 \rightarrow v_{1i} = 210 \text{ m/s}$$

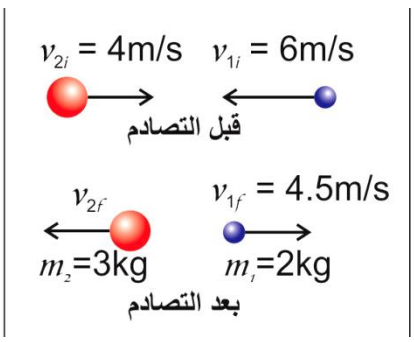
3) $\Delta K = \sum K_f - \sum K_i = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\, v_f^2 - \frac{1}{2} m v_{1i}^2$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 1.26^2 - \frac{1}{2} \times 0.03 \times 210^2$$

$$= 4 - 661.5 = -657.5 \text{ J}$$

مثال 23 :*

تتحرك كرة كتلتها (2 kg) تجاه الغرب بسرعة(6 m /s) فتصطدم باخري كتلتها(3 kg) تتحرك تجاه الشرق بسرعة(4 m/s) إذا أصبحت سرعة الاولى بعد التصادم (4.5 m/s) مباشرة ، كما في الشكل حيث بقي الجسمان يتحركان على نفس الخط قبل وبعد التصادم ودام التصادم(0.02 s)،جد:



1. سرعة الكرة الثانية بعد التصادم مباشرة.
2. متوسط القوة التي أثرت بها الكرة ألالولى على الكرة الثانية أثناء التصادم.
3. حدد نوع التصادم.

الحل:

1. سرعة الكرة الثانية بعد التصادم مباشرة.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

$$2 \times -6 + 3 \times 4 = 2 \times 4.5 + 3v_{2f}$$

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

2. متوسط القوة التي أثرت بها الكرة ألاولى على الكرة الثانية أثناء التصادم.

$$F\,\Delta t = m_2 (v_{2f} - v_{2i})$$

$$F \times 0.02 = 3(-3-4)$$

$$F = -1050 \text{ N}$$

3 . حدد نوع التصادم.

$$\sum k_i = \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \times 36 + \frac{1}{2} \times 3 \times 16 = 60 \text{ J}$$

$$\sum k_f = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \times 20.25 + \frac{1}{2} \times 3 \times 9 = 33.75 \text{ J}$$

$$\Delta K = \sum k_f - \sum k_i = 33.75 - 60 = -26.25 \text{ J}$$

الاشارة السالبة تعني ان النظام فقد طاقة

بما ان الطاقة الحركية ليست محفوظة وتحرك كل جسم بشكل منفرد بعد التصادم مباشرة لذالك يعتبر تصادم غير مرن

مثال 24 : *

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

الحل:

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

$$4(2) + 2(-2) = 4v_{1f} + 2v_{2f}$$

$$4 = 4v_{1f} + 2v_{2f}$$

$$2 = 2v_{1f} + v_{2f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$$

$$\sum k_i = \sum k_f$$

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

$$\frac{1}{2}(4)\, 2^2 + \frac{1}{2}(2)(-2)^2 = \frac{1}{2}(4)\, v_{1f}^2 + \frac{1}{2}(2)\, v_{2f}^2$$

$$12 = 2v_{1f}^2 + v_{2f}^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (2)$$

يمكن كتابة المعادلة (1) علي الصورة $v_{2f} = 2 - 2v_{1f}$ ثم تعويضها في المعادلة (2)

$$12 = 2v_{1f}^2 + (2 - 2v_{1f})^2$$

$$12 = 2v_{1f}^2 + 4 - 8v_{1f} + 4v_{1f}^2$$

$$6v_{1f}^2 - 8v_{1f} - 8 = 0$$

وباستخدام قانون المميز

$$v_{1f} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$v_{1f} = \frac{8 \pm \sqrt{256}}{12} = -0.66 m/s = 0.66\ m/s, -x$$

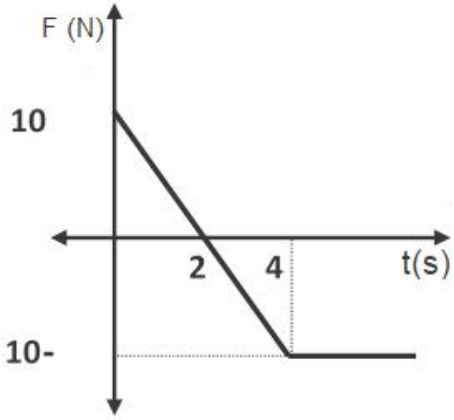
أو $+2 m/s, +x$

ناخذ القيمة السالبة لان الجسم بعد التصادم لايمكن ان يحتفظ بمقدار السرعة نفسها واتجاهها بعد التصادم

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

$$= 2 - 2(-0.66) = 3.32\ m/s, +x$$

مثال 25 :*



جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) على سطح أفقي أملس، أثرت عليه قوة متغيرة، مثلت بيانياً مع الزمن كما في الشكل المجاور، بالاعتماد على البيانات المثبتة عليه، جد:

1. أكبر سرعة يمكن أن يمتلكها الجسم في نفس اتجاة الحركة

2. زمن توقف الجسم.

3. دفع القوة خلال 4s , 6s

4. متوسط القوة المؤثرة من بداية تأثيرها وحتى سكون الجسم .

الحل :

1. أكبر سرعة يمكن أن يمتلكها الجسم في نفس اتجاه الحركة تكون في نهاية الدفع الموجب

نحسب الدفع خلال(t=2s) عندها تكون السرعة أكبر ما يمكن بنفس اتجاه الحركة

$I = \frac{1}{2}(10)(2-0) = 10$ N.s , + x

$I = m(v_f - v_i)$

$10 = 2(v_f - 5) \rightarrow v_f = 10\ m/s$,+ x

2. زمن توقف الجسم.

يتوقف الجسم في اي لحظة t بعد بدء الدفع السالب

$\frac{1}{2}(10)(2-0) + \frac{1}{2}(-10)(4-2) + (-10)(t-4) = 2(0-5)$

$-10t = -50 \rightarrow t = 5$ s

حل اخر يعتمد علي معرفة السرعة عند t = 4 تعود السرعة الي نفس قيمتها الاصلية 5 m/s لانه تعرض لدفع سالب يساوي مقدارا الدفع الموجب في بداية حركتة

$(-10)(t-4) = 2(0-5)$

$-10t = -50 \rightarrow t = 5$ s

3. دفع القوة خلال 4s , 6s

$I_{4S} = \frac{1}{2}(10)(2-0) + \frac{1}{2}(-10)(4-2)$

$I_{4S} = 10 - 10 = 0$

$I_{6S} = \frac{1}{2}(10)(2-0) + \frac{1}{2}(-10)(4-2) + (-10)(6-4)$

$= 10 + (-10) + (-10) = -20$ N.s = 20 N , - x

5. متوسط القوة المؤثرة من بداية تأثيرها وحتى سكون الجسم .

لحساب متوسط القوة خلال الفترة الزمنية التي توقف فيها الجسم نستخدم الدفع

$I_{5S} = \frac{1}{2}(10)(2-0) + \frac{1}{2}(-10)(4-2) + (-10)(5-4) = -10\ N.s = 10\ N.s, -x$

$\sum F = \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-10}{5} = -2\ N = 2\ N, -x$

مثال 26 : *

: معتمداً على بيانات الشكل المجاور اكمل ما يلي :

دفع القوة F1 : $10\ (7-1) = 60\ N.s$

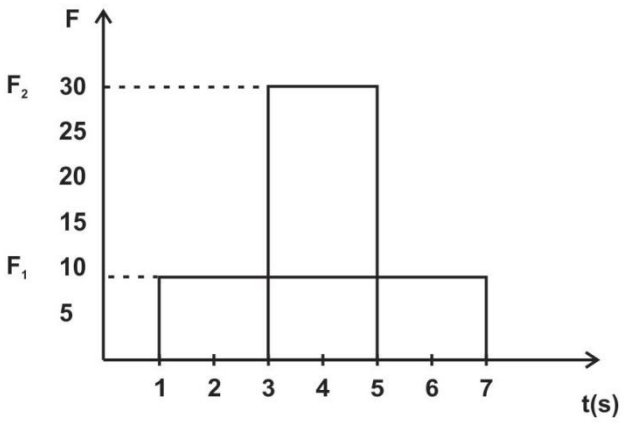
زمن تأثير القوة F1 : 6s

دفع القوة F2 : $30\ (5-3) = 60\ N.s$

زمن تأثير القوة F2 : 2S

ماذا تستنتج؟

نستنتج ان القوتان لهما نفس الدفع بسبب اختلاف زمن التأثير.



مثال 27 : *

سائق سيارة كتلته (80kg) يقود سيارة بسرعة($25\ m/s$) شاهد حيوانا على الطريق، فضغط على الكوابح، ليتفادى الاصطدام بالحيوان، فاندفع إلى الامام الا ان حزام الامان أوقفه عن الحركة خلال (0.5 s)

أجب عما يأتي :

1. ما متوسط القوة التي أثر بها حزام الامان في السائق .

2. ما متوسط القوة التي سيؤثر بها المقود في السائق عند ارتطامه به خلال 0.001s في حالة عدم وضع حزام الأمان؟

3 . ماذا تستنتج من خلال إجابتك عن الفرعين السابقين؟

الحل :

1. متوسط القوة التي أثر بها حزام الامان في السائق .

$$\sum F = \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m\,(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{80\ (0 - 25)}{0.5} = -\ 4000$$

والاشارة السالبة تعني ان القوة اثرت بعكس اتجاة حركة اندفاع السائق

2 . متوسط القوة التي سيؤثر بها المقود في السائق عند ارتطامه به خلال 0.001s في حالة عدم وضع حزام الأمان؟

$$\sum F = \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m\,(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{80\ (0 - 25)}{0.001} = -\ 2\times10^{6}\,N$$

3 . نستنتج من الفرعين السابقين ان حزام الامان يعمل علي اطالة زمن التأثير مما يقلل القوة

كيف تعمل ماصّات الصدمات في السيارة في حماية الركاب من خطر الحوادث ؟

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

يوجد في مقدمة السيارة ونهايتها مناطق انهيار (ماصّات صدمات crumple Zones) ؛ تنبعج وتتشوّه بطريقةٍ يجري فيها امتصاص الطاقة الحركيّة للسيارة وركّابها تدريجياً، حيث يتشوّه هيكل السيارة المرن المصنوع من صفائح ليّنة ممّا يؤدي إلى تناقص سرعتها تدريجياً وامتصاص جزء كبيرٍ من الطاقة الحركية للسيارة والركّاب، وهذا بدوره يزيد زمن التصادم، ويقلّل مقدارالقوّة المحصلة المؤثرة في السيارة والركّاب، ممّا يقلل احتمالية تعرّضهم لإصاباتٍ خطيرة.

مثال 28 : *

جسم سرعته(55 m/s) وكتلته(m_1) تصادم تصادماً مرناً مع جسم آخر ساكن كتلته(5 kg)، وبعد التصادم تحرك الجسم االاول في الاتجاه المعاكس بسرعة(20 m/s)، احسب كلاً من:

1-كتلة الجسم الاول.

2-سرعة الجسم الثاني بعد التصادم مباشرة.

المعطيات :

$m_1 = ?$ $m_2 = 5$ kg $v_{1i} = 55\ m/s$ $v_{1f} = -20\ m/s$ $v_{2i} = 0$ $v_{2f} = ?$

الحل :

1 . كتلة الجسم الاول :

$\sum p_i = \sum p_f$

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

$55 m_1 = -20 m_1 + 5 v_{2f}$

$v_{2f} = 15\ m_1$ ..... (1)

$\sum k_i = \sum k_f$

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

$\frac{1}{2} m_1\ v_{1i}^2 - \frac{1}{2} m_1\ v_{1f}^2 = \frac{1}{2} m_2\ v_{2f}^2 - \frac{1}{2} m_2\ v_{2i}^2$

$m_1\ (v_{1i}^2 - v_{1f}^2) = m_2 (v_{2f}^2 - v_{2i}^2)$

$m_1\ (55^2 - (-20^2)) = 5\ (v_{2f}^2 - 0)$

$5 v_{2f}^2 = 2625\ m_1$

$v_{2f}^2 = 525\ m_1$ ..... (2)

وبتعويض المعادلة (1) في المعادلة (2)

$(15\ m_1)^2 = 525\ m_1$

$225\ m_1^2 = 525\ m_1$

$m_1 = 2.33$ kg

2 . سرعة الجسم الثاني

$v_{2f} = 15\ m_1 = 15\ (2.33) = 35\ m/s$

مثال 29 : **

جسمان لهما نفس الكتلة ونفس السرعة يسيران بحيث يصنعان بينهما زاوية، اصطدما وكونا جسماً واحداً وتحركا بنصف سرعتهما الاصلية أوجد الزاوية بينهما قبل الاصطدام مباشرة

المعطيات :

$m_1 = m_1 = m \quad , \quad v_{1i} = v_{2i} = v_i \quad , \quad v_{1f} = v_{2f} = v_f = \frac{1}{2} v_i$

الحل :

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m1 v_{1i} + m2 v_{2i} = (m1 + m2) vf$$

$$\sqrt{(m1\ v1i)^2 + (m2\ v2i)^2 + 2 \times m1\ v1i \times m2\ v2i \times \cos\theta} = 2m\left(\frac{v_i}{2}\right)$$

$$\sqrt{2(mv_i)^2 + 2 \times (mv_i)^2 \cos\theta} = mv_i$$

$$2(mv_i)^2 + 2 \times (mv_i)^2 \cos\theta = (mv_i)^2$$

$$2 \times (mv_i)^2 \cos\theta = -(mv_i)^2$$

$$\cos\theta = -\frac{1}{2}$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(-\frac{1}{2}\right) = 120^\circ$$

مثال 30 : *

أطلقت رصاصة كتلتها(30 g) بسرعة(500 m/s)على قطعة خشبية ساكنة معلقة كبندول كتلته (0.75 kg) فاخترقتها، وخرجت منها بسرعة(100 m/s)، جد كلاً من:

1-سرعة القطعة الخشبية بعد الاصطدام مباشرة.

2-مقدار الطاقة الحركية المفقودة

الحل :

1 . سرعة القطعة الخشبية بعد الاصطدام مباشرة

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

$$0.030\ (500) + 0 = 0.030\ (100) + 0.75\ v_{2f}$$

$$v_{2f} = \frac{15-3}{0.75} = 16\ m/s\ ,\ +x$$

2 . مقدار الطاقة الحركية المفقودة

$$\Delta K = \sum k_f - \sum k_i$$

$$\Delta K = \left(\frac{1}{2} m_1\ v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2\ v_{2f}^2\right) - \left(\frac{1}{2} m_1\ v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2\ v_{2i}^2\right)$$

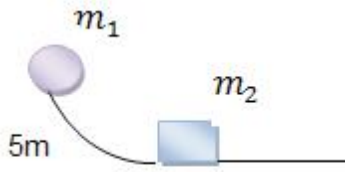
$$= \left(\frac{1}{2} 0.030(100)^2 + \frac{1}{2} 0.75(16)^2\right) - \left(\frac{1}{2} \times 0.030(500)^2 + 0\right)$$

$$= -3504\ J$$

والإشارة السالبة تعني انها طاقة مفقودة

مثال 31 :

تنزلق كتلة(5 kg) من السكون من ارتفاع(5 m)على مسار أملس، وعند أسفل المسار تصطدم اصطداماً مرناً بكرة أخرى ساكنة كتلتها(10 kg)، جد: أقصى ارتفاع تصل إليه الكتلة الأولى m_1 بعد الاصطدام مباشرة



المعطيات :

$$m_1 = 5kg\ ,\ m_2 = 10kg\ ,\ v_{1f} = ?\ \ v_{1f} = 0\ \ h = 5m$$

الحل :

$$v_2^2 = v_1^2 + 2gh \rightarrow v_2 = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = \sqrt{100} = \pm 10\ m/s$$

$$= 10\ m/s\ ,\ +x$$

اخذت السرعة الموجبة بنفس اتجاه حركته الاصلية وتعتبر نفسها سرعة الجسم قبل التصادم مباشرة $v_{1f} = 10\ m/s$

$\sum p_i = \sum p_f$

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

$5 \times 10 + 0 = 5v_{1f} + 10v_{2f}$

$10 = v_{1f} + 2v_{2f}$

$v_{1f} = (10 - 2v_{2f})$ ..... (1)

$\sum k_i = \sum k_f$

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

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

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

$(5 \times 10^2 + 0) = (5v_{1f}^2 + 10v_{2f}^2)$

$100 = v_{1f}^2 + 2v_{2f}^2$ ..... (2)

عند تعويض المعادلة (1) في (2)

$100 = (10 - 2v_{2f})^2 + 2v_{2f}^2$

$100 = 4v_{2f}^2 - 40v_{2f} + 100 + 2v_{2f}^2$

$50 = 2v_{2f}^2 - 20v_{2f} + 50 + v_{2f}^2$

$3v_{2f}^2 - 20\ v_{2f} = 0$

$v_{2f} (3v_{2f} - 20) = 0$

$v_{2f} = \frac{20}{3}\ m/s$, + x or $v_{2f} = 0$

اخذت القيمة($\frac{20}{3}\ m/s$)لان الجسم لا يمكن ان يبقي ساكن بعد التصادم

$v_{1f} = 10 - 2v_{2f}$

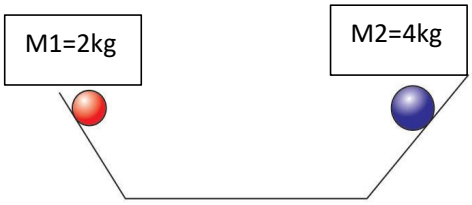
$= 10 - 2 \times \frac{20}{3} = -\frac{10}{3} = \frac{10}{3}\ m/s$, − x

$m_1 g h = \frac{1}{2} m_1\ v_{1f}^2$

$h = \frac{(-\frac{10}{3})^2}{2 \times 10} = 0.55\ m$

مثال 32 : ***

في الشكل تنزلق الكتلتان(4 kg ، 2 kg) من السكون من ارتفاع(5 m) على مستوى أملس إذا اصطدمتا تصادماً مرناً، جد :



1- سرعة كل من الكرتين قبل التصادم مباشرة .

2- سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة.

3- أقصى ارتفاع تصل إليه كل من الكرتين بعد الاصطدام مباشرة.

1. سرعة كل من الكرتين قبل التصادم مباشرة .

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

$$v_{1i} = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = 10 \text{ m/s} , +x$$

$$v_{2i} = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = 10 \text{ m/s} , -x$$

2. سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

$$2\times10 + 4\times(-10) = 2v_{1f} + 4v_{2f}$$

$$-20 = 2v_{1f} + 4v_{2f}$$

$$v_{1f} = -10 - 2v_{2f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\sum k_i = \sum k_f$$

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

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

$$2\times10^2 + 4\times(-10)^2 = 2v_{1f}^2 + 4v_{2f}^2$$

$$600 = 2v_{1f}^2 + 4v_{2f}^2$$

$$300 = v_{1f}^2 + 2v_{2f}^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$300 = (-10 - 2v_{2f})^2 + 2v_{2f}^2$$

$$300 = 100 + 4v_{2f}^2 + 40\, v_{2f} + 2v_{2f}^2$$

$$6\, v_{2f}^2 + 40\, v_{2f} - 200 = 0$$

$$(3v_{2f} - 10)(2v_{2f} + 20) = 0$$

$$3v_{2f} - 10 = 0 \rightarrow v_{2f} = \frac{10}{3} \; m/s , +x$$

$$2v_{2f} + 20 = 0 \rightarrow v_{2f} = -\frac{20}{2} = 10 \; m/s , -x$$

والسرعة السالبة مرفوضة لسببين المقدار والاتجاه

v_{1f} = - 10 − $2v_{2f}$

v_{1f} = - 10 −(2 $\frac{10}{3}$) = −15 m/s = 15 m/s , + x

3 . أقصى ارتفاع تصل إليه كل من الكرتين بعد الاصطدام مباشرة.

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

$$v_{1f} = \sqrt{2\, g\, h_{1f}}$$

$$(\ -15\ )^2 = 2 \times 10 \times h_{1f} \rightarrow h_{1f} = \frac{225}{20} = 11.25\ \text{m}$$

$$v_{2f} = \sqrt{2\, g\, h_{2f}}$$

$$(\ \frac{10}{3}\ )^2 = 2 \times 10 \times h_{2f} \rightarrow h_{2f} = \ = \frac{11.1}{20} = 0.56\ \text{m}$$

حل اسئلة الوحدة

السؤال الاول :

ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة لكل مما ياتي :.

1 .وحدة قياس الزخم الخطي حسب النظام الدولي للوحدات، هي

أ . N.m/s ب . kg.m2 /s جـ . N/s د . kg.m/s

2 . كلما زاد زمن تأثير قوة (F) في جسم كتلته(m) :

أ . زاد الدفع المؤثر فيه وزاد التغير في زخمة الخطي.

ب . زاد الدفع المؤثر فيه، ونقص التغير في زخمه الخطي.

جـ . نقص الدفع المؤثر فيه، وزاد التغير في زخمة الخطي.

د . نقص كل من : الدفع المؤثر فيه، والتغير في زخمة الخطي.

3. يعتمد الزخُم الخطي لجسم على

أ . كتلته فقط . ب . سرعته المّتجهة فقط .

جـ . كتلته وسرعته المّتجهة. د . وزنه وتسارع السقوط الحر .

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

أ. 0.5 kg.m/s شرقا ب. 50 kg.m/s غربا ج . 2 kg.m/s غربا د. 50 kg.m/s شرقا

5. تتحرك سيارة شمالا بسرعة ثابتة ؛ بحيث كان زخمها الخطي يساوي (9×10^4N.s) إذا تحركت السيارة جنوبا بمقدار السرعة نفسه فإن زخمها الخطي يساوي:

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

6. تركض لينا غربا بسرعة مقدارها ($3\ m/s$) إذا ضاعفت لينا مقدار سرعتها مرتان فإن مقدار زخمها الخطي :

أ .يتضاعف مرتان ب . يتضاعف أربع مرات جـ . يقل بمقدار النصف د . يقل بمقدار الربع.

7. صندوقان(A و B) يستقران على سطح أفقي أملس أثرت في كل منهما القوة المحصلة نفسها باتجاه محور +x للفترة الزمنية (Δ t) نفسها . اذا علمت أن كتلة الصندوق (m_a) أكبر من كتلة الصندوق (m_b) فأي العلاقات الاتية صحيحة في نهاية الفترة الزمنية؟

أ . $p_a < p_b$, $k_a < k_b$ ب . $p_a = p_b$, $k_a > k_b$

جـ . $p_a = p_b$, $k_a < k_b$ د . $p_a > p_b$, $k_a > k_b$

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

أ . mv ب . – mv جـ . 2mv د . صفر

9. كرة (A) تتحرك بسرعة($2\ m/s$) غربا فتصطدم بكرة اخرى ساكنة (B) مماثلة لها تصادما مرنا في بعد واحد . اذا توقفت الكرة (A) بعد التصادم فان مقدار سرعة الكرة (B) واتجاهها بعد التصادم يساوي :

أ. $2\ m/s$ شرقا. ب. $2\ m/s$ غربا. ج. $1\ m/s$ شرقا. د . $1\ m/s$ غربا.

10. يركض عمر شرقا بسرعة (4.0 m/s)، ويقفز في عربة كتلها (90.0 kg) تتحرك شرقا بسرعة مقدارها ($1.5\ m/s$). إذا علمت أن كتلة عمر (60.0 kg)؛ فما مقدار سرعة حركة عمر والعربة معا؟ وما واتجاهها؟

أ. $2.0\ m/s$ شرقا. ب. $5.5\ m/s$ غربا. ج. $4.2\ m/s$ غربا د . $2.5\ m/s$ شرقا.

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

أ. 3m/s نحو الشاطئ. ب. 3m/s بعيدا عن الشاطئ.

ج. 0.5m/s بعيدا عن الشاطئ. د. 18 m/s نحو الشاطئ.

اقراء الفقرة التالية ثم أجيب عن الأسئلة (12–14) بافتراض الاتجاه الموجب باتجاه محور x+.

***سيارة رياضية كتلتها (1.0×10^3 kg) تتحرك شرقا (X+) بسرعة ثابتة مقدارها (90.0 m/s)، فتصطدم بشاحنة كتلتها (3.0×10^3 kg) تتحرك في الاتجاه نفسه. بعد التصادم التحمتا معا وتحركتا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادم بسرعة مقدارها ($25\ m/s$).

12. ما الزخم الخطي الكلي للسيارة والشاحنة بعد التصادم؟

أ. -7.5×10^4 kg. m/s ب. 1.0×10^5 kg. m/s

ج. 7.5×10^4 kg. m/s د. -1.0×10^5 kg. m/s

13. ما الزخم الخطي الكلي للسيارة والشاحنة قبل التصام؟

أ. -7.5×10^4 kg. m/s ب. 7.5×10^4 kg. m/s

ج. 1.0×10^5 kg. m/s د. -1.0×10^5 kg. m/s

14. ما السرعة المتجهة للشاحنة قبل التصادم مباشرة؟

أ. −25 m/s ب. 25 m/s

ج. − 3.3 m/s د. 3.3 m/s

15. المساحة المحصورة تحت منحنى (القوة – الزمن) تساوي مقدار:

أ. القوة المحصلة ب. الزخم الخطي ج. الدفع د. الطاقة الحركية

الاجابات :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
د	أ	ج	د	ب	أ	ج	ج	ب	د	ج	ب	ج	د	ج

2 :

2 . تتحرك سيارة كتلتها (1.35×10^3kg) بسرعة مقدارها (15m/s) شرقا، فتصطدم بجدار وتتوقف تماما بعد التصادم. إذا علمت أن زمن التلامس بين السيارة والجدار(0.115 s)، فأحسب مقدار ما يأتي:

أ. التغير في الزخم الخطي للسيارة.

ب. القوة المتوسطة التي يؤثر به الجدار في السيارة.

أ. أحسب التغير في الزخم الخطي للسيارة مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور x+

الحل :

أ. التغير في الزخم الخطي للسيارة.

$$I = \Delta p = p_f - p_i = mv_f - mv_i$$
$$= m(v_f - v_i) = 1.35\times 10^3\ (0-15)$$
$$= -20.25\times10^3\ \text{kg}.m/s$$
$$= 2.025\times10^4\ \text{kg}.m/s\ ,\ -x$$

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

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-20.25\times10^3}{0.115}$$
$$= -1.76\times 10^5\ \text{N}$$
$$= 1.76\times10^5\ \text{N}\ ,\ -X$$

3 :

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

أ. سرعة السيارتين بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.

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

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه محور x+ . واطبق قانون حفظ الزخم الخطي؛ الزخم الخطي الكلي للسيارتين قبل التصادم مباشرة يساوي الزخم الخطي الكلي لهما بعد التصادم مباشرة. بعد التصادم تتحرك السيارتان معا كجسم واحد، بالسرعة نفسهاعلى المسار نفسه قبل التصادم .

$$\sum p_i = \sum p_f$$

$$m_a v_{ai} + m_b v_{bi} = m_a v_{af} + m_b v_{bf}$$

$$m_a v_{ai} + m_b v_{bi} = (m_a + m_b) v_f$$

$$1.1\times10^3 \times 6.4 + 1.2\times10^3 \times 0 = (1.1\times10^3 + 1.2\times10^3)\, v_f$$

$$v_f = \frac{7.04\times10^3}{2.3\times10^3} = 3.06\ \text{m/s}$$

$$v_f = 3.06\ \text{m/s},\ +x$$

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

ب. الدفع الذي تؤثر به السيارة (B) في السيارة (A) هو (I_{BA}) و يساوي التغير في الزخم الخطي للسيارة (A) أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي –الدفع) لحسابه.

$$I_{ba} = \Delta P_a = p_{af} - p_{ai} = mv_{af} - mv_{ai}$$

$$= m_a(v_{af} - v_{ai})$$

$$= 1.1\times10^3 \times (3.1 - 6.4)$$

$$= -3.63\times10^3\ \text{kg. m/s}$$

$$= 3.63\times10^3\ \text{kg. m/s},\ -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في السيارة (A) باتجاه محور

– x

: 4

جسم ساكن موضوع على سطح افقي املس يتكون من جزئين A وB. كتلة الجزء A تساوي ($8.0x\ 10^2$ kg)، وكتلة الجزء B تساوي ($1.5x\ 10^3$ kg) ، إذا انفصل الجزء B عن الجزء A وتحرك مبتعدا عنه بسرعة ($10.0\ m/s$) ، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ. سرعة اندفاع الجزء A واحدد اتجاهه .

ب. الدفع المؤثر في الجزء A .

اختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه حركة الجزء B ،وأفترض أنه باتجاه +

أ. سرعة اندفاع الجزء A و اتجاهه

$$\sum P_I = \sum P_F$$

$$P_{AI} + P_{BI} = P_{AF} + P_{BF}$$

$$m_A v_{AI} + m_B v_{BI} = m_A v_{AF} + m_B v_{BF}$$

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

$$v_{AF} = \frac{-1.5\times 10^4}{8.0\times 10^2} = -18.75\ \text{m/s}$$

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

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

ب .الدفع الذي يؤثر به الجزء B في الجزء A هو(I_{BA}) استخدم مبرهنة (الزخم الخطي –الدفع)لحسابه.

$$I_{ba} = \Delta P_a = p_{af} - p_{ai} = mv_{af} - mv_{ai}$$

$$= m_a(\ v_{af} - v_{ai}\ )$$

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

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

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

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

:5

أصدر حكما: في أثناء دراسة رويدا هذه الوحدة، قالت: "إنه عندما يقفز شخص من ارتفاع معين عن سطح الأرض؛ فإنه يتعين عليه أن يبقي رجليه ممدودتين لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض حفاظا على سلامته". أناقش صحة قول رويدا بناء على المفاهيم الفيزيائية التي تعلمتها في هذه الوحدة.

كلامها غير صحيح علميا لانه عند ثني الرجلين تزداد الفترة الزمنية المستغرقة لايقاف الجسم، فيقل مقدار القوة المتوسطة المؤثرة فيه للتغير نفسه في الزخم الخطي.

: 6

أحسب: أثرت قوة محصلة مقدارها (1×10^3 N) في جسم ساكن كتلته (10 Kg) وحركته باتجاهها فترة زمنية مقدارها (0.01)أحسب مقدار ما يأتي:

أ. التغير في الزخم الخطي للجسم.

ب. السرعة النهائية للجسم.

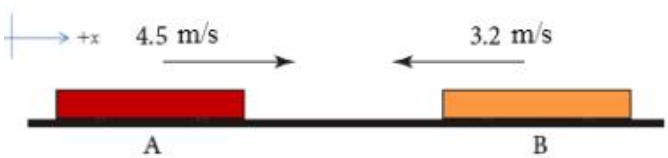
أ .

$$I = F\ \Delta t$$
$$= 1\times 10^3 \times 0.01 = 10\ N.s$$

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

$$\Delta p = p_f - p_i$$
$$10 = 10(v_f - 0)$$
$$v_f = 1\ m/s\ , +x$$

:7



جسمان (A و B) ينزلقان باتجاهين متعاكسين على مسار أفقي مستقيم أملس كما هو موضح في الشكل فيصطدمان رأسا برأس ويرتدان باتجاهين متعاكسين على المسار المستقيم نفسه. إذا علمت أن كتلة العربة A تساوي (0.28kg)، 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 العربة (B).

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

ج. أوضح هل التصادم مرن أم غير مرن؟

أ .

$\sum p_i = \sum p_f$

$m_a v_{ai} + m_b v_{bi} = m_a v_{af} + m_b v_{bf}$

$0.28 \times 4.5 + m_b \times (-3.2) = 0.28 \times (-1.9) + m_b \times 3.7$

$6.9\ m_b = 1.792$

$m_b = 0.26$ kg

ب. من القانون الثالث لنيوتن : $F_{AB} = -F_{BA}$ وبضرب الطرفين في زمن التصادم الذي يكون مشترك بين الجسمين

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

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

$\Delta p_B = -\Delta p_A$

$\Delta p_B - \Delta p_A = 0$

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

ج .أحسب التغير في الطاقة الحركية.

$\Delta K = \sum k_f - \sum k_i$

$\Delta K = \left(\frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2\right) - \left(\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2\right)$

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

$= 2.2851 - 4.1662 = -18811$ J

بما أن الطاقة الحركية غير محفوظة فإن التصادم غير مرن .

8 :

أطلقت مريم سهما كتلته (0.20kg) بسرعة مقدارها (15m/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.

أ .أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه الشرق، باتجاه محور x+ ، أستخدم قانون حفظ الزخم الخطي .

الرمز A للسهم والرمز B للهدف.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

$$m_A v_{AI} + m_B v_{BI} = m_A v_{AF} + m_B v_{BF}$$

$$m_A v_{AI} + m_B v_{BI} = (m_A + m_B)\, v_F$$

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

$$v_F = -0.50 \ m/s$$

$$v_F = 0.50 \ m/s \ , \ -x$$

ب .

$$\Delta K = \sum k_f - \sum k_i$$

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

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

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

9 :

تنزلق كرة زجاجية كتلتها (0.015 kg) باتجاه الغرب بسرعة مقدارها (0.225m/s)، فتصطدم رأسا برأس بكرة أخرى كتلتها (0.030 kg) تنزلق شرقا بسرعة مقدارها (0.180m/s). بعد التصادم ارتدت الكرة الأولى شرقا بسرعة مقدارها (0.315m/s). أجيب عما يأتي:

أ. أحسب مقدار سرعة الكرة الثانية بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.

ب. أحدد نوع التصادم .

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

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

$$\sum p_i = \sum p_f$$

$$m_A v_{AI} + m_B v_{BI} = m_A v_{AF} + m_B v_{BF}$$

$$1.5 \times 10^{-2} \times (-0.225) + 3.0 \times 10^{-2} \times 0.180 = 1.5 \times 10^{-2} \times 0.315 + 3.0 \times 10^{-2} \times v_{BF}$$

$$-3.375 \times 10^{-3} + 5.4 \times 10^{-3} \times = 4.725 \times 10^{-3} + 0.030 \times v_{BF}$$

$$v_{BF} = \frac{2.025\times10^{-3} - 4.725\times10^{-3}}{0.030}$$

$$= \frac{2.7\times10^{-3}}{0.030}$$

$$= -0.09\ m/s$$

$$= 0.09\ m/s\ ,\ -x$$

بما ان اشارة v_{BF} سالبة فان اتجاة حركة الكرة الثانية يكون غربا

ب. أحسب التغير في الطاقة الحركية

$$\Delta K = \sum k_f - \sum k_i$$

$$\Delta K = \left(\frac{1}{2} m_A\ v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B\ v_{Bf}^2\right) - \left(\frac{1}{2} m_A\ v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B\ v_{Bi}^2\right)$$

$$= \frac{1}{2}\times1.5\times10^{-2}(0.315)^2 + \frac{1}{2}\times3.0\times10^{-2}(0.09)^2 - \frac{1}{2}\times1.5\times10^{-2}(0.0225)^2 - \frac{1}{2}\times3.0\times10^{-2}(0.180)^2$$

$$= 8.6569\times10^{-4} - 8.6569\times10^{-4} = 0$$

بما أن الطاقة الحركية محفوظة فإن التصادم مرن.

10 :

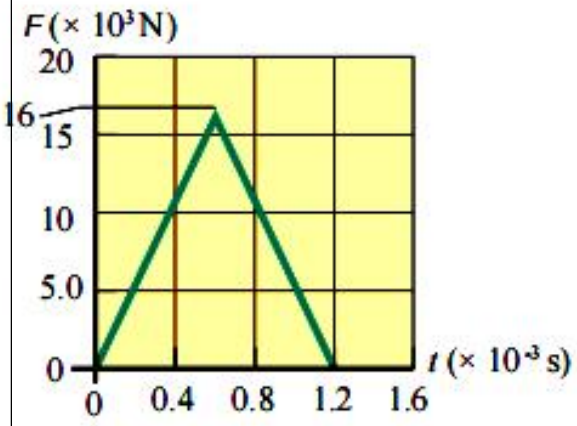
يوضح الشكل المجاور منحنى (القوة – الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في كرة بيسبول كتلتها (145 g) في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. أستعين بهذا المنحنى والبيانات المثبتة عليه للإجابة عما يأتي بإهمال وزن الكرة:

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

ب. أحسب مقدار الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب.

ج. أحسب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة فيها باعتبارها ساكنة لحظة تأثير القوة المحصلة .

د. أحسب مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب.



أ .مقدار القيمة العظمى للقوة التي يؤثر بها المضرب في الكرة، ويساوي (16×10^3 N)

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

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

اتجاه الدفع باتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الكرة.

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

$$I = \Delta P = p_f - p_i = mv_f - mv_i$$

$$= m(v_f - v_i)$$

$$9.6 = 0.145\,(v_f - 0)$$

$$v_f = \frac{9.6}{0.145} = 66.2\ m/s$$

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

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

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

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

و يمكن استخدام العلاقة الاتية لحساب القوة المتوسطة:

$$I = \sum F\ \Delta t = \overline{F}\Delta t$$

$$\overline{F} = \frac{I}{\Delta t}$$

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

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

THE END.....