حسب المنهاج الجديد

كورس

النيـــــرد في الفيزياء

الزخم الخطي والتصادمات

- شرح متكامل ووافي للمادة بالتفصيل
- ملاحظات وتصاميم ورسومات توضيحية
- حل جميع التمارين والأسئلة الواردة في الكتاب المدرسي
- حل أسئلة الدروس ومراجعة الوحدة
- حل الأسئلة الواردة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية
- أسئلة إضافية وإثرائية نهاية كل موضوع

معاذ أمجد أبو يحيى
0795360003

عزالدين كايد أبو رمان
0787046781

الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى

0795360003

بإمكانكم متابعة شرح التأسيس من خلال
قناة مدرسة الفيزياء على اليوتيوب

بإمكانكم متابعة كل جديد معنا من خلال
قناة الأستاذ معاذ أبو يحيى على التيلجرام

بإمكانكم متابعة كل جديد من خلال
مجموعة مدرسة الفيزياء على الفيس بوك

المقدمة

بسم الله، والصلاة والسلام على خير معلم الناس الخير نبينا محمد وعلى آله وصحبة أجمعين، أما بعد:

مدرسة الفيزياء فكرةٌ قد بدأناها قبل عدة سنوات واليوم نُكمل المسيرَ معكم في المنهاج الجديد لمادة الفيزياء للصف الثاني ثانوي علمي وصناعي، أردنا ألا نكون رقمًا عاديا سهلًا وإنما حدث مميز وذكرى تُخلد في ذاكرة كل طالب ومعلم وولي أمر.

اليوم أكاد أجزم وأنا كُلّي ثقة بأن ملفاتنا هي الأولى من نوعها التي تُعطي كل هذا الاهتمام والشمولية والتنوع لمنهاج جديد لأول مره يُدرس وهذا العمل واللهِ ليس شطارةً وإبداعاً منا وإنما من فضل وتوفيق الله تعالى لنا ودعاء احبتنا بالخير لنا.

في هذا الكورس قُمنا بترتيب طرح المواضيع والمحتوى والأفكار وإضافة ملاحظات وشروحات لأساليب حل الأسئلة وطريقة التعامل معها ورسومات توضيحية ملونة ومُصممة خصيصًا لهذا الكورس، وقُمنا بجمع وإضافة أسئلة وتدريبات على مختلف أفكار المادة وحل أسئلة فكر والواجبات والتمارين الواردة في الكتاب المدرسي، وفي نهاية كل درس وضعنا لكم مُرفق حل أسئلة الدروس وحل أسئلة الوحدة حتى نتمم عليكم كل ما تحتاجونه في المادة وكل ما هو لازم لحصول الطالب على العلامة الكاملة.

في النهاية نسأل الله للجميع العلم النافع والعمل الصالح والتوفيق والسداد والإخلاص والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

أ.معاذ أمجد أبو يحيى ، أ.عز الدين أبو رمان

الإهداء

إلى والدي الحبيب وحبيبة روحي ومُهجة قلبي أمي بعد فضل ربنا وتوفيقه ..

إلى نيشان وروز وتولين وجوري والذي لولاهم لكان الكورس قد تم تأليفه قبل عدة أسابيع من الآن ..

إلى رفيق الكلاسيكو الأصيل وصاحب المواقف الصعبة والداعم لي دائما ..

إلى كل طالب يبحث عن التميز والإبداع في مادة الفيزياء ..

إليكم هذا العمل ..

فهرس الكورس

الدرس الأول: الزخم الخطي والدفع 4

حل أسئلة الدرس الأول 44

الدرس الثاني: التصادمات 47

حل أسئلة الدرس الثاني 72

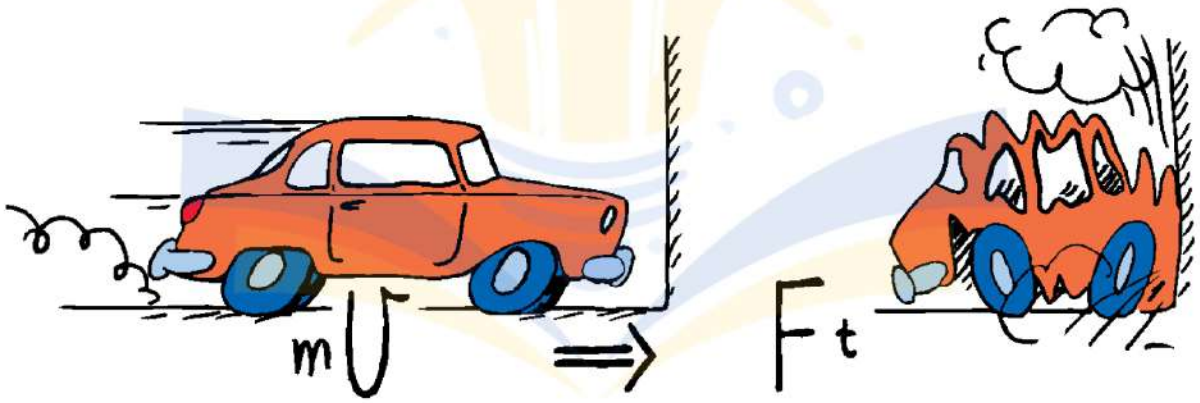
حل أسئلة كتاب الأنشطة والتجارب 75

حل أسئلة مراجعة الوحدة الأولى 78

مدرسة الفيزياء

الوحدة الأولى من مادة فيزياء التوجيهي المنهاج الجديد

الزخم الخطي والتصادمات



مدرسة الفيزياء

الوحدة الأولى: الزخم الخطي والتصادمات

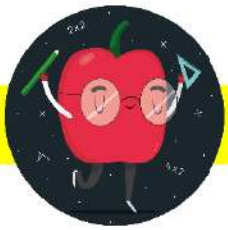
الدرس الأول: الزخم الخطي والدفع

سؤال وضح ما المقصود بالزخم الخطي (Linear Momentum)؟

ناتج ضرب كتلة جسم (m) في سرعته المتجهة (v).

- يرمز للزخم الخطي بالرمز (p).
- يقاس بوحدة $(kg.m/s)$ حسب النظام الدولي للوحدات.

☑ لحساب مقدار الزخم الخطي لجسم ما يمكننا استخدام العلاقة الآتية:



$$p = mv$$

سرعة الجسم : f ، كتلة الجسم : m

1. الزخم الخطي (كمية الحركة) كمية متجهة اتجاهها في نفس اتجاه سرعة الجسم.
2. يزداد الزخم الخطي للجسم بازدياد سرعة الجسم أو كتلة أو كليهما
3. يعتبر الزخم مقياس لمدى صعوبة إيقاف جسم متحرك أو لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية
4. إيقاف شاحنة أصعب من إيقاف سيارة (إذا كان كل منهما يسير بنفس السرعة) و السبب أن زخم الشاحنة أكبر من زخم السيارة وبالتالي يكون مقدار القوة اللازم لإيقاف الشاحنة أكبر منه للسيارة

سؤال ما العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي؟

كتلة الجسم (عند ثبوت السرعة).
سرعة الجسم (عند ثبوت الكتلة).

سؤال ماذا نعني بقولنا إن الزخم الخطي لجسم ما يساوي (12 kg.m/s)؟

هذا يعني أن جسمًا كتلته (12 kg) يتحرك بسرعة (1 m/s) تحت تأثير قوة خارجية.

سؤال إضافي NERD سيارة كتلتها (2000 kg) تسير بسرعة (20 m/s) باتجاه الشرق فاحسب زخم السيارة

$$p = mv = 2000 \times 20 \rightarrow p = 40000 = 4 \times 10^{+4}\ kg.m/s, +x$$

سؤال إضافي NERD يتحرك جسم بسرعة (5 m/s) نحو الغرب بكمية حركة مقدارها (120 kg.m/s). فكم يبلغ وزن الجسم على سطح الأرض؟

$$p = mv \rightarrow -120 = m \times -5 \rightarrow m = 24\ kg$$

$$F_g = mg = 24 \times 10 = 240\ N,$$ نحو مركز الكوكب

سؤال إضافي NERD يتحرك جسم وزنه (120 N) على سطح الأرض نحو الشرق في خط مستقيم، أحسب مقدار الزخم الخطي لحركته إذا علمت أن طاقته الحركية تساوي (600 J).

$$F_g = mg \rightarrow 120 = m \times 10 \rightarrow m = 12\ kg$$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow 600 = \frac{1}{2} \times 12 \times v^2 \rightarrow v^2 = 100 \rightarrow v = 10\ m/s$$

$$p = mv = 12 \times 10 \rightarrow p = 120\ kg.m/s, +x$$

QUIZ TIME تتحرك سمية شمالاً بسرعة ثابتة بحيث كان زخمها الخطي يساوي (120 kg.m/s). إذا تحركت سمية جنوبًا بمقدار السرعة نفسه فإن زخمها الخطي يساوي:

(A) يتضاعف مرتان. (B) يتضاعف أربع مرات. (C) يقل إلى النصف. (D) يقل إلى الربع.

الإجابة الصحيحة ليست في الخيارات.

الطاقة الحركية والزخم

☑ لحساب مقدار الطاقة الحركية لجسم ما يمكننا استخدام العلاقة الآتية:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$$

سؤال إضافي اثبت أن الطاقة الحركية لجسم ما تُعطى بالعلاقة ($KE = \frac{p^2}{2m}$):

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow KE \times (2m) = \frac{1}{2}mv^2 \times (2m)$$

$$KE \times (2m) = m^2v^2 = p^2 \rightarrow KE \times (2m) = p^2 \rightarrow KE = \frac{p^2}{2m}$$

سؤال إضافي جسمان لهما الزخم الخطي نفسه، إذا علمت أن ($m_1 > m_2$) فأي الجسمين يمتلك طاقة حركية أكبر؟

الجسم الذي له أقل كتلة يملك طاقة حركية أكبر.

سؤال إضافي يتحرك جسم كتلته (100 kg) بسرعة ($36\ km/h, +x$) فاحسب كمية التحرك الخطية لهذا الجسم.

$$36\ km/h \times \frac{1000\ m}{1\ km} \times \frac{1\ h}{3600\ s} \rightarrow 10\ m/s$$

$$p = mv = 100 \times 10 \rightarrow p = 1000\ kg.m/s, +x$$

سؤال إضافي يتحرك جسم كتلته (500 g) بزخم خطي مقداره ($60\ kg.cm/s, +y$) فاحسب مقدار سرعة هذا الجسم.

$$p = mv = 100 \times 10 \rightarrow 60 = 0.5 \times v \rightarrow v = 120\ cm/s$$

$$v = 120\ cm/s = 120 \times 10^{-2}\ m/s$$

QUIZ TIME جسمان لهما نفس الزخم الخطي، إذا كانت كتلة الجسم الأول تساوي نصف كتلة الجسم الثاني فما النسبة بين مقدار الطاقة الحركية للجسم الأول والثاني؟

سؤال إضافي جسم كتلته (0.5 kg) سقط من السكون من ارتفاع (1800 cm) عن سطح الأرض. احسب مقدار زخمه عند وصوله سطح الأرض.

$$v_2^2 = v_1^2 - 2gy = 0 - 2 \times 10 \times -18 = 360 \rightarrow v_2 = 19\ m/s$$

$$p_f = mv_f = 0.5 \times 19 \rightarrow p_f = 9.5\ kg.m/s\ , +x$$

سؤال إضافي جسمان يتحركان في خط مستقيم، كتلة الجسم (A) تساوي ضعف كتلة الجسم (B) وسرعة الجسم (A) تساوي ربع سرعة الجسم (B). جد النسبة بين الزخم الخطي للجسم (A) والزخم الخطي للجسم (B).

$$m_A = 2m_B \ , \ v_A = \frac{1}{4} v_B$$

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{m_A v_A}{m_B v_B} = \frac{2m_B \times \frac{1}{4} v_B}{m_B v_B} = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \rightarrow 1:2$$

سؤال إضافي إذا قُمنا بمضاعفة الطاقة الحركية لجسم زخمه الخطي ($16\ kg.m/s$) بمقدار (4) مرات بثبوت الكتلة، فما مقدار الزخم الخطي الجديد؟

$$KE = \frac{p^2}{2m} \rightarrow p = \sqrt{2m \times KE}$$

$$p' = \sqrt{2m \times 4KE} = \sqrt{4} \times \sqrt{2m \times 4KE} = 2\sqrt{2m \times 4KE} = 2p$$

سؤال إضافي جسم يتحرك بسرعة مقدارها (v) ويمتلك زخمًا خطيًا مقداره ($6000\ kg.m/s$) وجسم آخر كتلته (20 kg) يتحرك بسرعة ($3v$) ويمتلك زخمًا خطيًا مقداره ($9000\ kg.m/s$)، جد مقدار كتلة الجسم الأول.

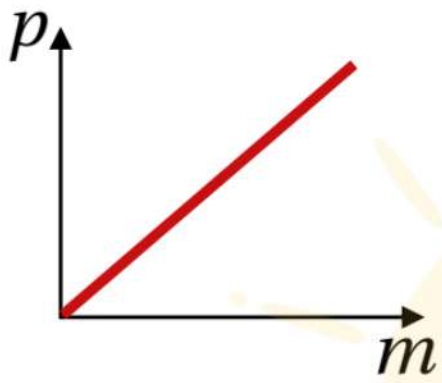
$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{m_A v_A}{m_B v_B}$$

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{6000}{9000} = \frac{m_A v_A}{m_B v_B} = \frac{m_A \times v}{20 \times 3v} = \frac{m_A}{60}$$

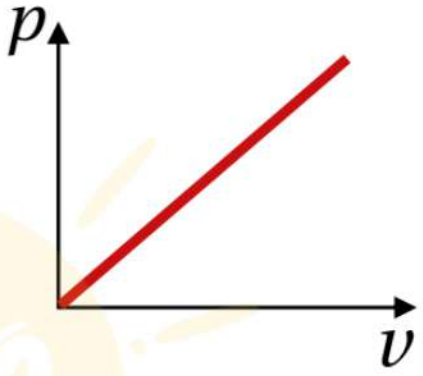
$$\frac{6000}{9000} = \frac{6}{9} = \frac{m_A}{60} \rightarrow m_A = 40\ kg$$

التمثل البياني بين الزخم والسرعة والكتلة

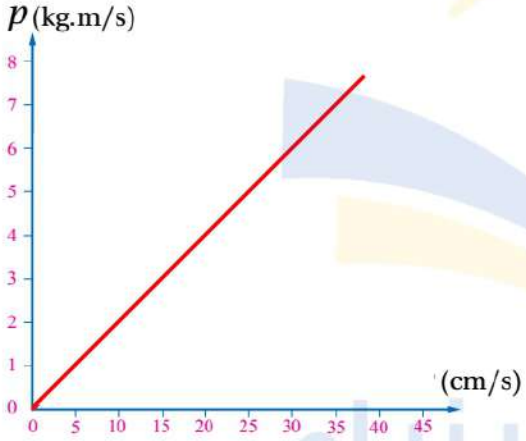
☑ يمكننا تمثيل العلاقة البيانية بين الزخم والسرعة والكتلة كما في الأشكال الآتية:



$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta p}{\Delta m} = v$$



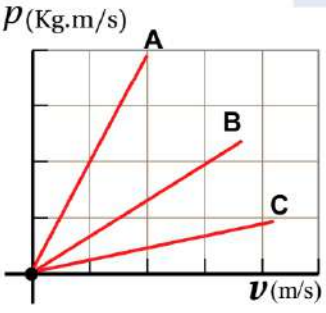
$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta p}{\Delta v} = m$$



سؤال إضافي NERD مُثلث العلاقة بيانيًا بين سرعة جسم وزخمه الخطي كما في الشكل، معتمدًا على الرسم البياني المجاور احسب مقدار كتلة الجسم.

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

$$slope = \frac{1-0}{5\times10^{-2}-0} = 20\ kg$$



سؤال إضافي NERD معتمدًا على الشكل الذي يمثل العلاقة بين الزخم والسرعة لعدة أجسام مختلفة الكتلة. الجسم الذي له أكبر كتلة؟

$$slope = \frac{\Delta p}{\Delta v} = m \rightarrow m_A > m_B > m_C$$

QUIZ TIME في السؤال السابق الذي لو قمنا بعكس المحاور بحيث وضعنا (v) على محور ($+y$) ووضعنا (p) على محور ($+x$). ما الجسم الذي سيكون له أكبر كتلة؟

سؤال إضافي NERD شاحنة كبيرة كتلتها أربعة أضعاف كتلة سيارة، ما السرعة التي يجب أن تتحرك بها السيارة لكي يتساوى زخمها مع زخم الشاحنة؟

$m_A = 4m_B$, $m_B \rightarrow$ كتلة السيارة , $m_A \rightarrow$ كتلة الشاحنة

$$p_A = p_B \rightarrow m_A v_A = m_B v_B \rightarrow 4m_B v_A = m_B v_B \rightarrow 4v_A = v_B$$

يجب أن تتحرك السيارة بسرعة تساوي أربعة أضعاف سرعة الشاحنة.

سؤال إضافي NERD جسمان (A, B) إذا كانت $(p_B : p_A)$ تساوي $(3:1)$ وكتلة (B) تساوي (9) أمثال كتلة الجسم (A) فإن $(KE_B : KE_A)$ تساوي:

(A) 3:1 (B) 1:1 (C) 2:1 (D) 9:1

$$\frac{p_B}{p_A} = \frac{3}{1} \rightarrow p_B = 3p_A \quad , \quad m_B = 9m_A$$

$$\frac{KE_B}{KE_A} = \frac{\frac{{p_B}^2}{2m_B}}{\frac{{p_A}^2}{2m_A}} = \frac{\frac{(3p_A)^2}{2(9m_A)}}{\frac{{p_A}^2}{2m_A}} = \frac{\frac{9{p_A}^2}{18(m_A)}}{\frac{{p_A}^2}{2m_A}} = \frac{\frac{9}{18}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{1}$$

QUIZ TIME جسمان (x, y) لهما نفس الكتلة، إذا كانت $(KE_x = 9KE_y)$ فكم تساوي (p_x):

(A) $\sqrt{3}\, p_y$ (B) $\frac{1}{3}\, p_y$ (C) $3\, p_y$ (D) $9\, p_y$

مدرسة الفيزياء

الزخم الخطي والقانون الثاني لنيوتن

قام نيوتن بإعادة صياغة قانونه الثاني ليصبح بدلالة الزخم الخطي كما يأتي:

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

عند ثبات كتلة الجسم يمكننا إعادة صياغة القانون كما يأتي:

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

إذا كان هنالك تغير في الزخم الخطي (Δp) خلال فترة زمنية معينة (Δt) يمكننا إعادة صياغة القانون كما يأتي:

$$\sum F = ma = m\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

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

سؤال ما نص قانون نيوتن الثاني بدلالة التغير في الزخم ($\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$)؟

المعدل الزمن لتغير الزخم الخطي لجسم ما يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه.

ملاحظات مهمة

- يكون دائما متجه التغير في الزخم الخطي بنفس اتجاه القوة المحصلة.
- العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم والمعدل الزمني للزخم الخطي (متساويان).

سؤال إضافي أثرت قوة لمدة (0.6 s) على جسم، فازداد زخمه بمقدار (12 kg.m/s) احسب محصلة القوة المؤثرة في الجسم. أو جد مقدار المعدل الزمني للزخم الخطي.

$\Delta t = 0.6\ s\ ,\ \Delta p = 12\ kg.m/s$

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{12}{0.6} = 20\ N, +x$$

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

$$v_i = 2\ m/s\ , +x\ \ ,\ \ \sum F = 8\ \ N\ , +x\ \ ,\ \ m = 4\ kg$$

$$\sum F\ \Delta t = \Delta p = p_f - p_i \rightarrow\ 8 \times 5 = p_f - 8 \rightarrow p_f = 48\ kg.m/s, +x$$

سؤال إضافي في تصادم بين كرتين إذا كانت القوى المحصلة المؤثرة على الكرة الثانية (100 N) والتغير في زخم الكرة الثانية (5 N.s)، فإن زمن تصادم الكرتين بوحدة (s)؟

(A) 0.05 (B) 5 (C) 20 (D) 200

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \rightarrow \Delta t\ = \frac{\Delta p}{\sum F} = \frac{5}{100} = 0.05\ s$$

سؤال إضافي يتغير الزخم الخطي لنظام جسم مع الزمن وفقًا للمعادلة الآتية:

$$p = 0.7t + 1.2t^2$$

بحيث يُقاس الزخم الخطي بوحدة ($kg.m/s$) والزمن بـ (s). أحسب مقدار القوة المحصلة بعد مرور خمسة ثواني على حركة الجسم.

$$\sum F = \frac{dp}{dt} = \frac{d(0.7t+1.2t^2)}{dt} = 0.7 + 2 \times 1.2t = 0.7 + 2.4t$$

$$\sum F\,(t = 5s) = 0.7 + 2.4 \times 5 = 0.7 + 12 = 12.7\ N$$

سؤال إضافي جسم زخمه الخطي ($6\ kg.m/s$)، أحسب مقدار التغير في زخمه إذا:

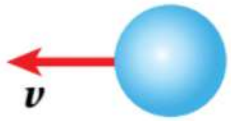
أ - أصبح زخمه ($8\ kg.m/s$) شرقًا.

$$\Delta p = p_f - p_i = 8 - 6 = 2\ kg.m/s, +x$$

ب - أصبح زخمه ($8\ kg.m/s$) غربًا.

$$\Delta p = p_f - p_i = -8 - 6 = -14\ kg.m/s \rightarrow \Delta p = 14\ kg.m/s, -x$$

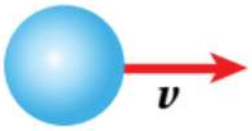
سؤال إضافي كرة كتلتها (2500 g) اصطدمت بحائط عمودي بسرعة مقدارها (12 m/s) فارتدت عنه بسرعة (8 m/s) كما يظهر في الشكل، احسب مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة لحظة الاصطدام.



$$v_i = 12\ m/s\ , -x\ \ ,\ \ v_f = 8\ m/s\ , +x\ \ ,\ \ m = 2500\ g = 2.5\ kg$$

$$\Delta p = m(v_f - v_i) = 2.5 \times (8 - -12) = 2.5 \times 20 = 50\ kg.m/s, +x$$

سؤال إضافي كرة كتلتها (1500 g) اصطدمت بحائط عمودي بسرعة مقدارها (10 m/s) فارتدت عنه بسرعة (6 m/s) كما يظهر في الشكل، احسب مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة لحظة الاصطدام.



$$v_i = 10\ m/s\ , +x\ \ ,\ \ v_f = 6\ m/s\ , -x\ \ ,\ \ m = 1500\ g = 1.5\ kg$$

$$\Delta p = m(v_f - v_i) = 1.5 \times (-6 - 10) = 1.5 \times -16 = -24\ kg.m/s$$

$$\Delta p = 24\ kg.m/s, -x$$

قاعدة أبدية

دائما وأبدًا يكون التغير في الزخم والسرعة النهائية بنفس الإشارة في حالة ارتداد جسم باتجاه معاكس عن حائط

سؤال إضافي كرة كتلتها (0.2 kg) تقترب أفقيًا من مضرب لاعب بسرعة (40 m/s) وترتد عنه بالاتجاه المعاكس بسرعة (50 m/s). إذا دام التلامس (0.2 s) فاحسب مقدار القوة المحصلة التي يؤثر بها المضرب على الكرة.

$$v_i = 2\ m/s\ , +x\ \ ,\ \ \sum F = 8\ \ N\ , +x\ \ ,\ \ m = 4\ kg$$

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t} = \frac{0.2(-50-40)}{0.2} = -90\ N$$

$$\sum F = 90\ N, -x$$

QUIZ TIME أي الكميات الآتية تمثل المعدل الزمني للتغير في الزخم؟

(A) الدفع. (B) الشغل. (C) محصلة القوى. (D) التسارع.

QUIZ TIME كرة كتلتها (80 g) سقطت من ارتفاع (20 m) وارتدت إلى أعلى فوصلت ارتفاع (1.8 m)، وكان زمن التصادم (0.005 s)، احسب مقدار زخم الجسم قبل التصادم وبعد التصادم.

مدرسة الفيزياء

الدفع المؤثر في الجسم

سؤال وضح ما المقصود بالدفع المؤثر في الجسم (Impulse)؟

ناتج ضرب القوة المحصلة المؤثرة في الجسم في زمن تأثيرها.

- يرمز للدفع بالرمز (I).
- يقاس بوحدة $(N.m)$ حسب النظام الدولي للوحدات.

☑ لحساب مقدار الدفع المؤثر في جسم ما (الدفع الكلي) يمكننا استخدام العلاقة الآتية:

$$I_{tot} = \sum F \, \Delta t$$

Δt : التغير في الزمن , $\sum F$: القوة المحصلة (متوسط القوة)

- يكون اتجاه الدفع بنفس اتجاه القوة المحصلة ونفس اتجاه تغير الزخم الخطي.

سؤال ما نص مبرهنة (الزخم الخطي - الدفع)؟

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

$$I_{tot} = \Delta p$$

$$I_{tot} = \sum F \, \Delta t = \Delta p = p_f - p_i = mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$$

$$I_{tot} = \sum F \, \Delta t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \cdots$$

سؤال بين أن وحدة الدفع تُكافئ وحدة الزخم؟

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

- يمكننا اعتبار جميع وحدات قياس الزخم هي نفسها وحدات قياس الدفع.

سؤال ما العوامل التي يعتمد الدفع عليها؟

القوة المؤثرة (طرديًا) ، زمن تأثير القوة (طرديًا).

ملاحظات مهمة

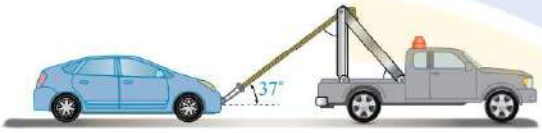
- الوحدات الآتية يُقاس بها الزخم الخطي والدفع أيضا:

$$kg.m/s \ , \ N.s \ , \ J.s/m \ , \ \sqrt{kg.J}$$

- $I = \sum F \, \Delta t \rightarrow N.s$
- $I = \sum F \, \Delta t = (ma)\Delta t : kg.\left(\frac{m}{s^2}\right).s \rightarrow kg.\left(\frac{m}{s}\right) \rightarrow kg.m/s$
- $KE = \frac{p^2}{2m} \rightarrow p = \sqrt{2m \times KE} \rightarrow \sqrt{kg.J}$

- إذا كان اتجاه القوة المؤثرة نحو $(+x)$ أو $(+y)$ يتم تعويضها موجبة في قانون الدفع.
- إذا كان اتجاه القوة المؤثرة نحو $(-x)$ أو $(-y)$ يتم تعويضها سالبة في قانون الدفع.

سؤال إضافي تسحب رافعة سيارة كتلتها (900 kg) من السكون ولمدة (10 s) على طريق أفقي أملس بقوة شد مقدارها (2000 N) بحبل يميل على الأفقي بزاوية (37^o) كما هو موضح في الشكل، إذا علمت أن مقدار قوة الاحتكاك بين السطح والسيارة تساوي (500 N)، فاحسب مقدار دفع قوة الشد ودفع قوة الاحتكاك.



$$I_{F_T} = F_T \Delta t = 2000 \times 10 = 2 \times 10^{+4} \ N.m \ , 37^o$$

$$I_{f_k} = f_k \Delta t = -500 \times 10 = -5 \times 10^{+3} \ N.m = 5 \times 10^{+3} \ N.m \ , -x$$

سؤال إضافي جسم كتلته (4 kg) موضوع على سطح أفقي خشن، إذا أثرت في الجسم قوة شد أفقية مقدارها (13 N) نحو الشرق لتُحركه من السكون مدة (6 s)، فاحسب مقدار كُلاً مما يلي علمًا بأن مقدار قوة الاحتكاك بين السطح والجسم (1 N):

أ - الدفع الكلي على الجسم.

$$\sum F = ma \rightarrow F_T - f_k = ma \rightarrow 13 - 1 = 4 \times a \rightarrow a = 3\ m/s^2$$

$$v_2 = v_i + at \rightarrow v_2 = 0 + 3 \times 6 = 18\ m/s$$

$$I = \Delta p = m(v_f - v_i) = 4 \times (18 - 0) = 72\ kg.m/s\ , +x$$

ب - التغير في الزخم الخطي للجسم.

$$I = \Delta p = 72\ kg.m/s\ , +x$$

سؤال إضافي يبدأ جسم كتلته (2 kg) بالانزلاق من السكون على سطح مائل أملس، ويقطع مسافة (0.8 m) خلال (0.5 s) ، فاحسب مقدار كُلاً مما يلي :

أ - الدفع الكلي المؤثر في الجسم في أثناء انزلاقه على السطح المائل.

$$d = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow 0.8 = (0)(250) + \frac{1}{2}(a)(\frac{1}{2})^2 \rightarrow a = 6.4\ m/s^2$$

$$\sum F = ma = 2 \times 6.4 = 12.8\ N$$

$$I = \sum F\ \Delta t = 12.8 \times 0.5 = 6.4\ N.m\ , +x$$

ب - الزخم الخطي النهائي للجسم.

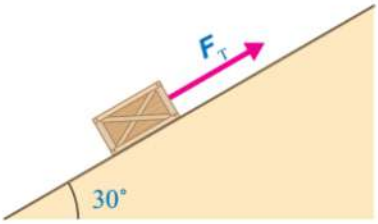
$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad = 0 + 2 \times 6.4 \times 0.8 = 10.24 \rightarrow v_2 = 3.2\ m/s$$

$$p_f = mv_f = 2 \times 3.2 \rightarrow p_f = 6.4\ kg.m/s\ , +x$$

$$Another\ Solution :$$

$$I = \Delta p = p_f - p_i = p_f - 0 = p_f = 6.4\ kg.m/s\ , +x$$

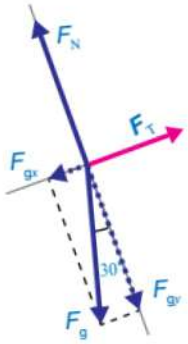
سؤال إضافي يوضح الشكل صندوقًا كتلته (20 kg) يُسحب بحبل إلى أعلى مستوى مائل أملس بسرعة ثابتة خلال زمن مقداره (10 s). إذا كان الحبل موازيًا لسطح المستوى، وزاوية ميلان المستوى على الأفقي (30°)، فجد كُلاً مما يلي:



أ - دفع قوة الشد للجسم.

$$F_{gx} = F_g sin\theta = 20 \times 10 \times sin30^o = 100\ N$$

$$F_{gy} = F_g cos\theta = 20 \times 10 \times cos30^o = 174\ N$$



$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_T - F_{gx} = 0 \rightarrow F_T = F_{gx} = 100\ N$$

$$I_{F_T} = F_T \Delta t = 100 \times 10 = 1000\ N.m\ , +x$$

ب - دفع القوة العمودية المؤثرة في الجسم.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_{gy} = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} = 174\ N$$

$$I_{F_N} = F_N \Delta t = 174 \times 10 = 1740\ N.m\ , +y$$

سؤال إضافي تحرك جسم بشكل أفقي نحو الشرق زخمه (p) إذا أثرت عليه قوة فأصبح زخمه ($4p$) نحو الغرب فإن دفع محصلة القوى عليه تساوي:

(A) $3p, +x$ (B) $3p, -x$ (C) $5p, +x$ (D) $5p, -x$

$$I = \Delta p = p_f - p_i = -4p - p = -5p = 5p, -x$$

سؤال إضافي قوتان متعامدتان مقدارهما (8N, 6N) على الترتيب تؤثران على جسم كتلته (2 kg) لمدة (4 s)، بإهمال وزن الجسم فإن الدفع الكلي:

(A) $56\ N.m$ (B) $8\ N.m$ (C) $40\ N.m$ (D) $48\ N.m$

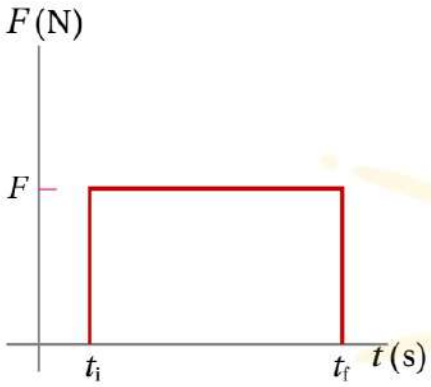
$$\sum F = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = \sqrt{100} = 10\ N$$

$$I_{tot} = \sum F\ \Delta t = 10 \times 4 = 40\ N.m$$

قد تكون القوة المؤثرة على الأجسام ثابته أو متغيرة خلال فترة تأثيرها ويمكن تمثيل مقدار الدفع بيانيًا بالمساحة المحصورة تحت منحنى (القوة - الزمن) كما يلي:

$$I = Area\ under\ the\ curve$$

■ حساب الدفع المبذول من قبل قوة ثابتة (بيانيًا) :



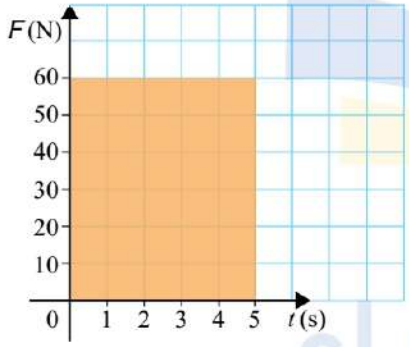
- يمثل الشكل الآتي منحى (القوة-الزمن) وهو يمثل العلاقة البيانية بين القوة الخارجية الثابتة والزمن.

$$I = Area\ under\ the\ curve$$

$$I = length \times width$$

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

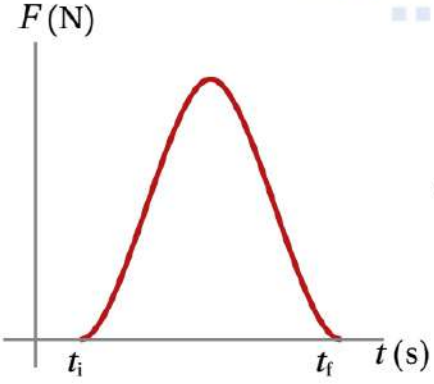
- المساحة المحصورة بين منحنى (القوة-الزمن) ومحور الزمن تساوي عدديًا الدفع المبذول من قبل القوة الثابتة خلال الفترة الزمنية.



سؤال تؤثر قوة محصلة باتجاه محور $(+x)$ في صندوق ساكن خلال مدة زمنية مقدارها $(5\ s)$. معتمدًا على الشكل ، أحسب مقدار الدفع الكلي المؤثر في الجسم.

$$I = Area = 60 \times 5 = 300\ N.s\ , +x$$

■ حساب الدفع المبذول من قبل قوة متغيرة (بيانيًا) :

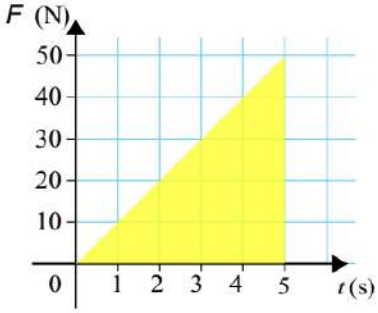


- يمثل الشكل الآتي الدفع الناتج عن قوة متغيرة مقدارًا حيث يحسب مقدار الدفع المؤثر في الجسم عن طريق إيجاد المساحة تحت المنحنى.

$$I = Area\ under\ the\ curve \neq \sum F \times \Delta t$$

- لا يمكننا استعمال معادلة الدفع الذي تبذله قوة ثابتة لحساب الدفع الذي تبذله قوة متغيرة.

- الطريقة المعتمدة في هذا الكتاب لحساب الدفع المبذول من قبل قوة متغيرة هي الطريقة البيانية في حساب الدفع.

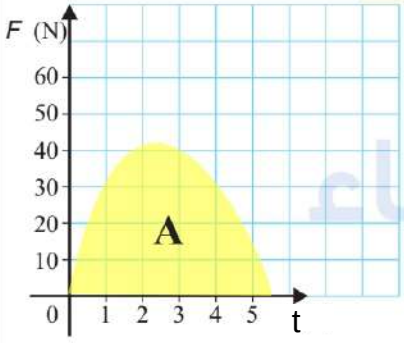


- المساحة المحصورة بين منحنى (القوة-الزمن) ومحور الزمن حسب شكلها الهندسي (مثلث، مستطيل، ...) تساوي عدديًا الدفع.
- يمكننا تقسيم المساحة المحصورة إلى عدة مساحات ذات أشكال هندسية منتظمة ثم نقوم بحساب مجموع هذه المساحات.
- يمكننا استخدام التكامل لإيجاد مساحة الأشكال الهندسية التي لا يمكننا تقسيمها لأشكال منتظمة لإيجاد الدفع المبذول بواسطة قوة متغيرة.

$$I_F = \int F.dt$$

لكن في هذا المنهاج نحن غير مُطالبين باستخدام التكامل لحساب المساحة الموجودة أسفل المنحنى في التمثيل البياني لأن مساحة الأشكال الهندسية في كتابنا المدرسي يمكن حساب مساحتها من خلال عملية التقسيم وهو المطلوب فقط.

- يمثل الشكل الآتي شكل هندسي لا يمكن تقسيمه لأشكال هندسية منتظمة وبالتالي نستخدم التكامل لإيجاد مساحته.

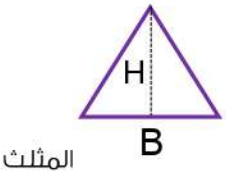
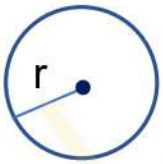
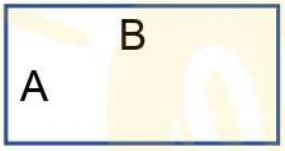


- من الأمثلة على القوة المتغيرة: القوة اللازمة لشد نابض وقوة المرونة في نابض.

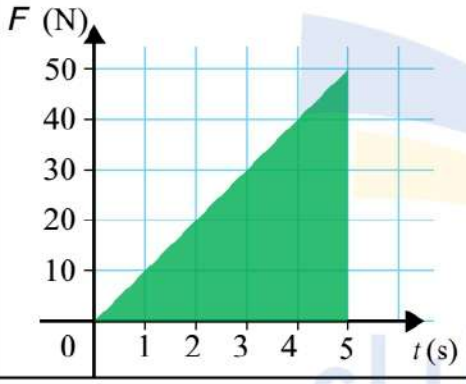
ملاحظات مهمة

- يجب مراعاة المحاور والكميات الفيزيائية الموجودة عليها ما إذا كانت أساسية ومعتمدة أم محولة ونحتاج لتجهيزها.

■ لحل المسائل الرياضية وحساب الدفع يجب أن نكون على إطلاع بقوانين المساحة الآتية:

الشكل	المساحة	الشكل	المساحة
 المثلث	Area = $\frac{1}{2}$ B×H	 الدائرة	مساحة الدائرة Area = πr^2
المربع	مساحة المربع Area = L^2	 المستطيل	مساحة المستطيل Area = A × B

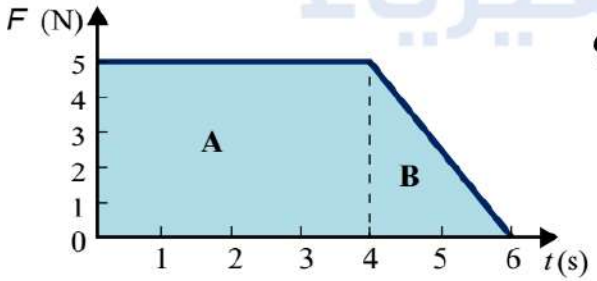
سؤال مستعينًا بالشكل الآتي، احسب مقدار الدفع المؤثر في الجسم.

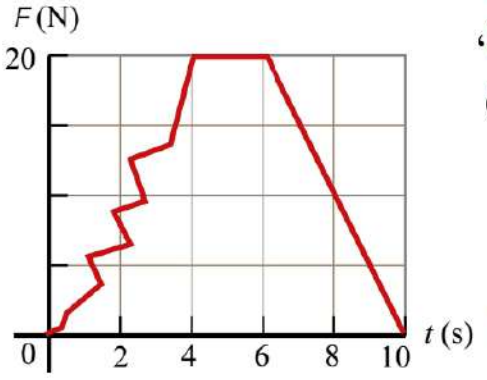


$$I = \text{مساحة المثلث} = \frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}$$

$$I = Area = \frac{1}{2} \times 5 \times 50 = 125\ N.s\ , +x$$

سؤال تؤثر قوة محصلة باتجاه محور ($+x$) في صندوق ساكن كتلته (3 kg) مدة زمنية مقدارها (6 s). إذا علمت أن مقدار القوة المحصلة يتغير بالنسبة للزمن كما هو موضح في منحنى (القوة - الزمن) في الشكل، فأحسب مقدار الدفع المؤثر في الصندوق خلال الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة وحدد اتجاهه.





سؤال إضافي جسم كتلته (3 kg) يتحرك بسرعة (2 m/s)، أثرت عليه قوة متغيرة كما في الشكل المجاور لمدة (10 s) فكان الزخم النهائي للجسم (100 kg.m/s). احسب:

أ - الدفع المؤثر بعد مرور (4 s).

$$I_{tot} = \Delta p = p_f - p_i = mv_f - mv_i$$

$$I_{tot} = 100 - 3 \times 2 = 94\ kg.m/s$$

$$I_{tot} = I_{0-4} + I_{4-6} + I_{6-10}$$

$$I_{tot} = I_{0-4} + 2 \times 20 + \frac{1}{2} \times 4 \times 20$$

$$94 = I_{0-4} + 40 + 40 \rightarrow I_{0-4} = 14\ kg.m/s, +x$$

ب - سرعة الجسم بعد مرور (4 s).

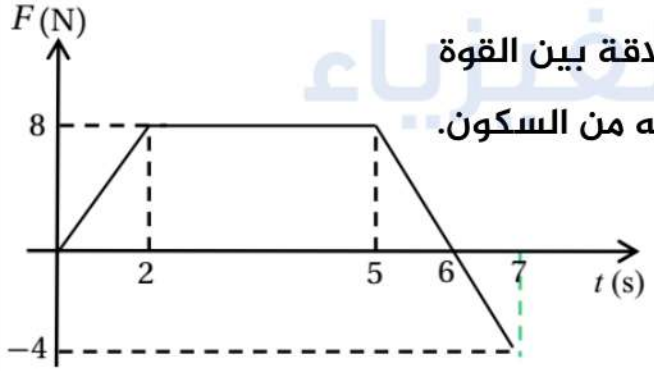
$$I_{0-4} = \Delta p_{0-4} = p_f - p_i = mv_f - mv_i$$

$$14 = 3 \times v_f - 3 \times 0 = 3 \times v_f \rightarrow v_f = 4.6\ m/s$$

جـ - مقدار متوسط القوة خلال (10 s).

$$I_{tot} = \Delta p_{0-10} = 94\ kg.m/s, +x$$

$$\Delta p_{0-10} = \sum F\, \Delta t \rightarrow 94 = \sum F \times 10 \rightarrow \sum F = 9.4\ N, +x$$



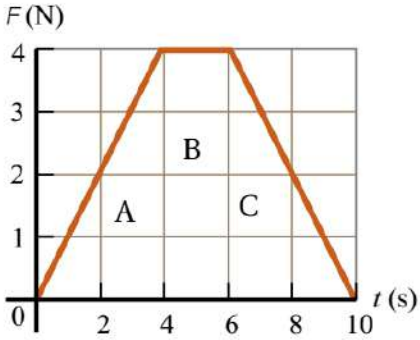
سؤال إضافي الرسم البياني المجاور يمثل العلاقة بين القوة وزمن تأثيرها على جسم كتلته (4 kg) بدأ حركته من السكون. احسب مقدار سرعة الجسم بعد مرور (7 s).

$$I_{tot} = I_{0-2} + I_{2-5} + I_{5-6} + I_{6-7}$$

$$I_{tot} = \frac{1}{2} \times 2 \times 8 + 8 \times 3 + \frac{1}{2} \times 1 \times 8 - \frac{1}{2} \times 1 \times 4 = 34\ N, +x$$

$$I_{tot} = \Delta p = p_f - p_i = mv_f - mv_i$$

$$34 = 4 \times v_f - 4 \times 0 = 4 \times v_f \rightarrow v_f = 8.5\ m/s$$



سؤال تؤثر قوة محصلة باتجاه محور $(+x)$ في صندوق ساكن كتلته $(3\ kg)$ مدة زمنية مقدارها $(10\ s)$. إذا علمت أن مقدار القوة المحصلة يتغير بالنسبة للزمن كما هو موضح في منحنى (القوة – الزمن) في الشكل، فأحسب مقدار ما يأتي:

أ - الدفع المؤثر في الصندوق خلال الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة وحدد اتجاهه.

$$I = I_A + I_B + I_C$$

$$I = \frac{1}{2} \times 4 \times 4 + 4 \times 2 + \frac{1}{2} \times 4 \times 4$$

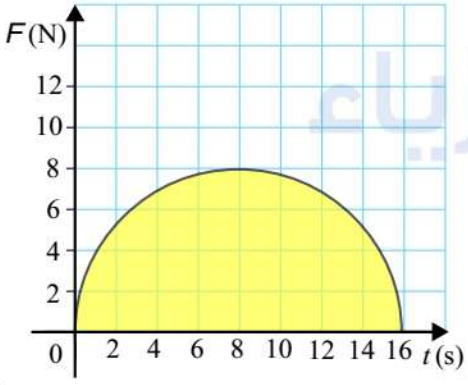
$$I = 24\ kg.m/s\ , +x$$

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

$$I = \Delta p = mv_f - mv_i = 3v_f - 0 \rightarrow 24 = 3 \times v_f \rightarrow v_f = 8\ m/s, +x$$

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

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{24}{10} = 2.4\ N$$



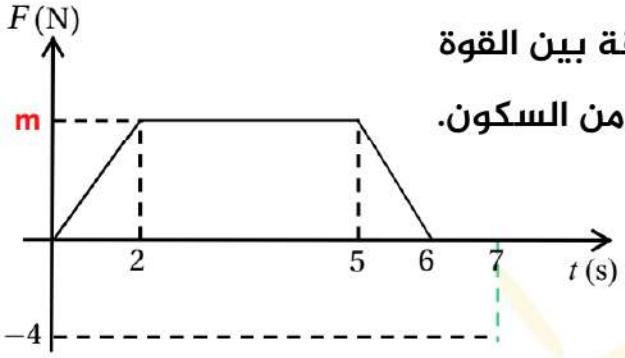
سؤال إضافي تحرك جسم تحت تأثير قوة متغيرة كما في الشكل، فإن الدفع الناتج من هذه القوة خلال $(16s)$ يكون:

(A) 25.12 (B) 12.56 (C) 100.48 (D) 6.28

$$I = Area = \frac{1}{2}\pi r^2 = \frac{1}{2} \times 3.14 \times 64$$

$$I = 100.48\ N.s\ , +x$$

QUIZ TIME في السؤال السابق تحرك جسم تحت تأثير قوة متغيرة كما في الشكل، احسب مقدار الدفع الناتج من هذه القوة خلال $(8s)$.



سؤال إضافي الرسم البياني المجاور يمثل العلاقة بين القوة وزمن تأثيرها على جسم كتلته (4 kg) بدأ حركته من السكون. إذا علمت أن سرعة الجسم بعد مرور (6 s) تساوي (9 m/s) فجد قيمة (m).

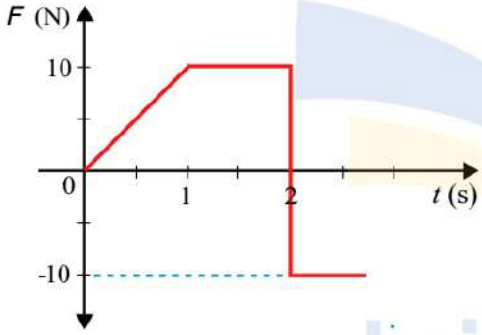
$$I_{0-6} = \Delta p_{0-6} = p_6 - p_0 = mv_f - mv_i$$

$$I_{0-6} = 4 \times 9 - 4 \times 0 = 36\ m/s, +x$$

$$I_{0-6} = I_{0-2} + I_{2-5} + I_{5-6}$$

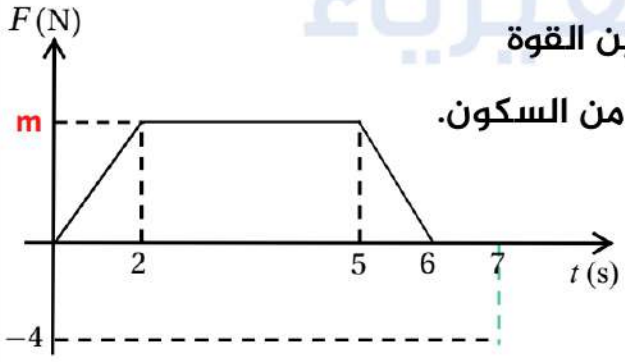
$$I_{0-6} = \frac{1}{2} \times 2 \times m + m \times 3 + \frac{1}{2} \times 1 \times m = 36$$

$$36 = m + 3m + 0.5m \rightarrow 4.5m = 36 \rightarrow m = 8$$



QUIZ TIME في الشكل المجاور يكون الدفع الكلي على الجسم صفرًا عند زمن:

(A) 4.5 s (B) 3.5 s (C) 2.5 s (D) 1.5 s



QUIZ TIME الرسم البياني المجاور يمثل العلاقة بين القوة وزمن تأثيرها على جسم كتلته (4 kg) بدأ حركته من السكون. إذا علمت أن سرعة الجسم بعد مرور (6 s) تساوي (9 m/s) فجد مقدار كلاً مما يلي:

أ - الزخم الابتدائي للجسم.

أ - متوسط القوة المؤثرة على الجسم خلال فترة الحركة.

ملاحظات مهمة

قاعدة أبدية:

❖ لما يطلب دفع الأول على الثاني:

$$I_{12} = \Delta p_2 = p_{2f} - p_{2i} = m_2(v_{2f} - v_{1i})$$

❖ لما يطلب دفع الثاني على الأول:

$$I_{21} = \Delta p_1 = p_{1f} - p_{1i} = m_1(v_{2f} - v_{1i})$$

بإمكانكم متابعتنا على التيلجرام ليصلكم كل جديد بما يخص مادة فيزياء التوجيهي

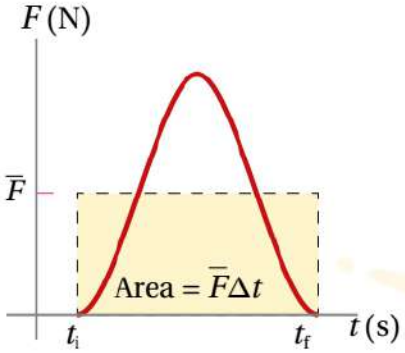
- دوسية وشروحات إلكترونية للمادة
- أوراق عمل لكل حصة
- أسئلة إضافية للمادة وكويزات إثرائية
- خرائط ذهنية وملخصات قوانين
- امتحانات إلكترونية نهاية كل درس

مدرسة الفيزياء

القوة المتوسطة (متوسط قوة الدفع)

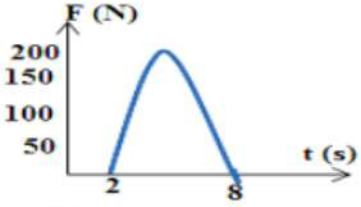
سؤال ما المقصود بمتوسط قوة الدفع (القوة المتوسطة)؟

هي قوة ثابتة إذا أثرت في نفس الفترة الزمنية التي تؤثر فيها القوة المتغيرة فإنها ستُكسب الجسم نفس الدفع (نفس مقدار التغير في الزخم).



يمثل الشكل الآتي القوة المتغيرة والقوة المتوسطة في منحنى (القوة – الزمن) حيث تؤثر كل من القوة المتوسطة و القوة المتغيرة بنفس مقدار التغير في الزخم الخطي خلال الفترة الزمنية نفسها.

سؤال إضافي NERD إذا علمت أن المساحة تحت المنحنى لقوة متغيرة مع الزمن كما في الشكل المجاور تساوي (900 N.s) فجد متوسط قوة الدفع المؤثرة في الجسم.



$$\bar{F} = 900\ N.s$$

سؤال وُضع صندوق كتلته (100 kg) في شاحنة تتحرك شرقًا بسرعة مقدارها (20 m/s)، كما هو موضح في الشكل. إذا ضغط السائق على دواسة المكابح فتوقفت الشاحنة خلال (5 s) من لحظة الضغط على المكابح فأحسب مقدار ما يأتي:

أ - الزخم الخطي الابتدائي للصندوق.

$$p_i = mv_i = 100 \times 20 \rightarrow p_i = 2000\ kg.m/s\ , +x$$

ب - الدفع المؤثر في الصندوق.

$$I = \Delta p = p_f - p_i = mv_f - 2000 = 100 \times 0 - 2000$$

$$I = -2000\ kg.m/s \rightarrow I = 2000\ kg.m/s\ , -x$$

جـ - قوة الاحتكاك المتوسطة اللازم تأثيرها في الصندوق لمنعه من الانزلاق.

$$\sum F = \bar{f}_s = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-2000}{5} = -400\ N = 400\ N\ , -x$$

سؤال إضافي سقط رجل كتلته (100 kg) عن ارتفاع (5 m) عن سطح الماء في بركة سباحة، فإذا توقف الرجل بفعل تأثير قوة الماء عليه خلال (0.4 s)، فأحسب مقدار القوة المتوسطة التي يؤثر بها الماء على الرجل.

$v_i = 0\ m/s\ ,\ \Delta t = 0.4s\ ,\ m = 100\ kg\ ,\ y = 5\ m$

$v_2^2 = v_1^2 - 2gy \rightarrow v_2^2 = 0 - 2 \times 10 \times -5$

$v_2 = -10\ m/s\ , -y = 10\ m/s\ , -y$ ← السرعة التي دخل بها الجسم إلى الماء

$\Delta p = m(v_f - v_i) = 100(0 - -10) = 1000\ kg.m/s, -y$

$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{+1000}{0.4} = +2500\ N = 2500\ N, +y$

$\sum F = F_B - F_g \rightarrow 2500 = F_B - 1000$

$F_B = 3500\ N, +y$

سؤال ركل لاعب كرة قدم ساكنة كتلتها (0.450 kg) فتنطلق بسرعة (30 m/s) في اتجاه محور ($+x$). إذا علمت أن القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب تساوي (135 N)، فأحسب مقدار ما يأتي بإهمال وزن الكرة مُقارنة بالقوة المؤثرة فيها.

أ - زخم الكرة عند لحظة ابتعادها عن اللاعب.

$p_f = mv_f = 0.450 \times 30 \rightarrow p_f = 13.5\ kg.m/s\ , +x$

ب - زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب.

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

جـ - الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب.

$I = \Delta p = p_f - p_i = 13.5 - 0 = 13.5\ kg.m/s\ , +x$

Another Solution ...

$I = \sum F\ \Delta t = 135 \times 0.10 = 13.5\ N.s\ , +x$

تمرين كرة تنس كتلتها ($0.060\ kg$) يقذفها لاعب إلى أعلى وعند وصولها إلى قمة مسارها الرأسي يضربها أفقيًا بالمضرب فتنطلق بسرعة مقدارها ($55\ m/s$) في اتجاه محور ($+x$). أنظر إلى الشكل. إذا علمت أن زمن تلامس الكرة مع المضرب ($4\times10^{-3}\ s$) أحسب مقدار ما يأتي:

أ - الدفع الذي يؤثر به المضرب في الكرة.

$$I_{\text{الكرة}} = \Delta p = p_f - p_i = m(v_f - v_i) = 0.060 \times (55 - 0)$$

$$I_{\text{الكرة}} = 3.3\ N.s\ , +x$$

ب - القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب في الكرة.

$$I_{\text{الكرة}} = \sum F\,\Delta t \rightarrow \sum F = \bar{F} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{3.3}{0.004} = 825\ N\ , +x$$

سؤال إضافي NERD **علل كل مما يلي:**

أ - تكون مواسير المدافع والبنادق ذات المدى الكبير طويلة.

لزيادة زمن تأثير القوة المؤثرة على القذيفة أو الرصاصة وبالتالي زيادة الدفع على القذيفة والذي يؤدي لتغير كبير في كمية التحرك فتخرج القذيفة بسرعة كبيرة تزيد من مداها الأفقي.

ب - عندما يقفز شخص من مكان مرتفع إلى أرض منخفضة فإنه يثني ركبتيه عند ملامسة قدميه الأرض.

عند ثني الشخص لركبتيه فإنه يزيد من فترة التلامس بين قدميه والأرض وهذا الانحناء يعمل على تقليل قوة الدفع وبالتالي يقلل أثر الارتطام بالأرض.

جـ - القفز من مكان عالٍ أكثر أمنًا وسلامة عندما يقفز الشخص على لوحة رمل من أن يقفز على أرض صلبة.

في الأرض الصلبة يكون زمن التلامس صغير جدا جدا وبالتالي تكون قوة دفع الأرض على الجسم كبيرة جدا بينما في الرمل تكون مدة التلامس كبيرة لاحتياجه لفترة زمنية حتى تنغرز قدميه في الأرض وبذلك تكون قوة الدفع صغيرة وأكثر أمانًا.

سؤال إضافي NERD **علل كل مما يلي:**

أ - يجد صعوبة رجل الإطفاء عندما يمسك خرطوم المياه أثناء إطفاء الحرائق.

لأن الماء يخرج بسرعة كبيرة فيكون الزخم كبير جدا لذلك يتولد دفع كبير فيحتاج الرجل إلى نفس القوة بعكس الاتجاه للسيطرة على الخرطوم..

ب - يلجأ حارس المرمى لضرب كرة القدم بمشط القدم.

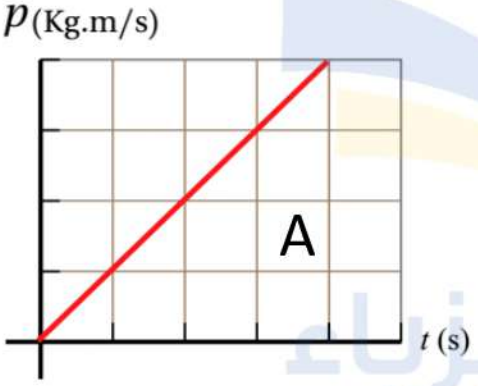
ليتولد قوة كبيرة نتيجة لضرب الكرة بمشط القدم وبالتالي كمية حركة كبيرة مما يزيد سرعة الكرة ودفعها أو زمن تأثير القوة على الكرة صغير جدا بذلك تكتسب الكرة قوة كبيرة.

جـ - توضع أكياس من الرمل بمحاذاة خنادق الجنود في الأماكن المُعرضة للقصف.

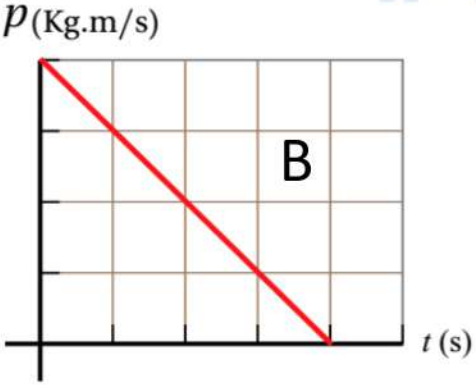
زمن تصادم القذيفة مع الرمل طويل بالمقارنة مع المواد الصلبة الأخرى وهذا بدوره يقلل من قوة الدفع على الرصاصة مما يقلل الضرر الناتج.

التمثيل البياني للزخم والزمن

- يمثل الشكل المجاور منحنى العلاقة بين الزخم (كمية التحرك) والزمن لجسم يتحرك في خط مستقيم تحت تأثير قوة ثابتة. ويمكننا الاستفادة منه لحل المسائل الرياضية.
- يمثل ميل الخط المستقيم محصلة القوى المؤثرة في الجسم خلال الفترة الزمنية الموضحة في الرسم البياني.



$$slope\ (A) = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \sum F$$

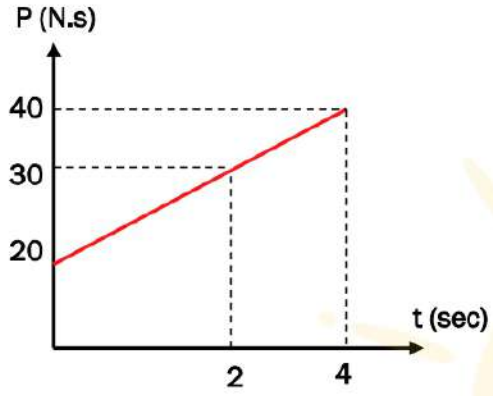


$slope\ (A)$ ← الميل موجب والقوة بنفس اتجاه الحركة

$$slope\ (B) = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \sum F$$

$slope\ (B)$ ← الميال سالب والقوة عكس اتجاه الحركة

سؤال إضافي NERD يمثل الشكل المجاور منحنى العلاقة بين الزخم (كمية التحرك) والزمن لجسم يتحرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس تحت تأثير قوة ثابتة، معتمدًا على الرسم البياني احسب كل مما يلي:



أ - مقدار القوة المؤثرة في الجسم.

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{40-30}{4-2} = \frac{10}{2} = 5\ N$$

ب - مقدار دفع القوة المؤثرة على الجسم خلال (4 s) من بدء الحركة.

$$I = \Delta p = p_f - p_i = 40 - 20 = 20\ N.s$$

جـ - سرعة الجسم الابتدائية إذا علمت بأن كتلته (2 kg).

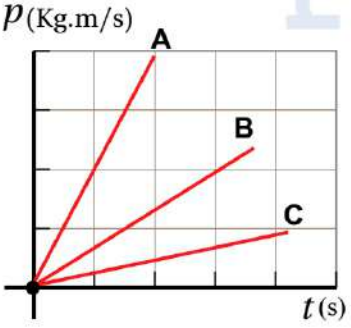
$$p_i = mv_i \rightarrow 20 = 2 \times v_i \rightarrow v_i = 10\ m/s$$

د - سرعة الجسم النهائية عند ($t = 4s$).

$$p_f = mv_f \rightarrow 40 = 2 \times v_f \rightarrow v_f = 20\ m/s$$

QUIZ TIME في السؤال السابق احسب مقدار تسارع الجسم.

سؤال إضافي NERD معتمدًا على الشكل الذي يمثل العلاقة بين الزخم والزمن لعدة أجسام متماثلة في الكتلة. الجسم الذي يملك أكبر تسارع هو؟



$$slope = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \sum F = ma \rightarrow a_A > a_B > a_C$$

حفظ الزخم الخطي

☑ **النظام:** مجموعة من الجسيمات يؤثر بعضها في بعض.

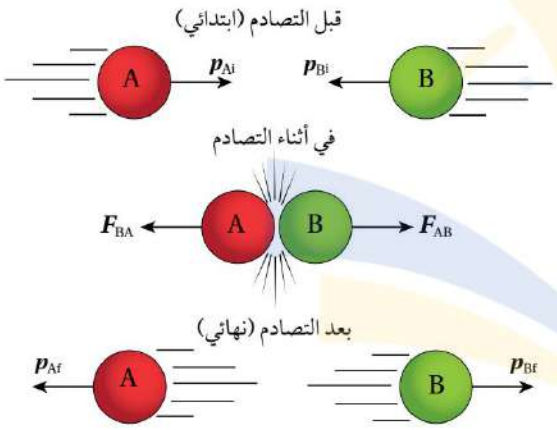
☑ **النظام المعزول:** نظام ثابت الكتلة والطاقة وتكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه صفرًا وتكون القوى المؤثرة قوى داخلية فقط.

☑ **النظام المفتوح:** نظام غير ثابت الكتلة والطاقة.

☑ **النظام المغلق:** النظام الذي تبقى فيه كتل الأجسام ثابتة وغير ثابت الطاقة.

سؤال ما نص قانون حفظ الزخم الخطي؟

عندما يتفاعل جسمان أو أكثر في نظام معزول يبقى الزخم الخطي الكلي للنظام ثابتًا.



- يوضح الشكل تصادم جسمين في بعد واحد، في ثلاث حالات: قبل التصادم وفي أثناء التصادم وبعد التصادم مباشرة.
- تؤثر كل كرة بقوة في الكرة الأخرى في أثناء عملية تصادمهما معًا بافتراض أن مقدار كل من القوتين ثابت خلال الفترة الزمنية للتلامس.
- يمكننا اعتبار هذا النظام معزولًا لأن القوى المؤثرة في هذا النظام قوى داخلية أو قوى خارجية صغيرة جدا جدا مقارنة بالقوى الداخلية بحيث يمكن إهمالها.
- من الأمثلة على القوى الخارجية الصغيرة التي يمكن إهمالها قوة الاحتكاك.
- بحسب قانون نيوتن الثالث تكون القوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه (فعل ورد فعل) تُمثلان زوجي تأثير مُتبادل.

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

- الزخم الخطي الكلي لنظام معزول قبل التصادم مباشرة يساوي الزخم الخطي الكلي للنظام بعد التصادم مباشرة.

- معادلة حفظ الزخم الخطي:

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

زخم الجسم الأول قبل التصادم مباشرة	زخم الجسم الثاني قبل التصادم مباشرة	زخم الجسم الأول بعد التصادم مباشرة	زخم الجسم الثاني بعد التصادم مباشرة

- يمكننا اشتقاق وإثبات معادلة حفظ الزخم الخطي كما يلي:

$$F_{AB} = -F_{BA} \rightarrow F_{AB}\Delta t = -F_{BA}\Delta t \rightarrow I_{AB} = -I_{BA} \rightarrow \Delta p_B = -\Delta p_A$$

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

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

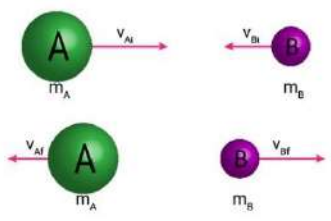
$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

- الزيادة في الزخم الخطي للجسم الأول تكون على حساب النقصان في الزخم الخطي للجسم الثاني ويمكن توضيح ذلك من خلال المعادلة الآتية:

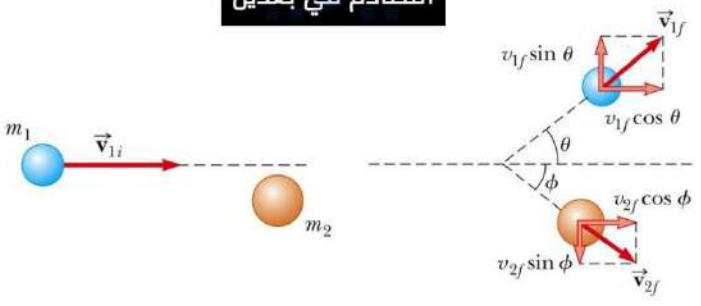
$$\Delta p_B = -\Delta p_A$$

- قد يحدث التصادم بين الأجسام في بعد واحد أو بعدين أو ثلاثة أبعاد.

التصادم في بعد



التصادم في بعدين



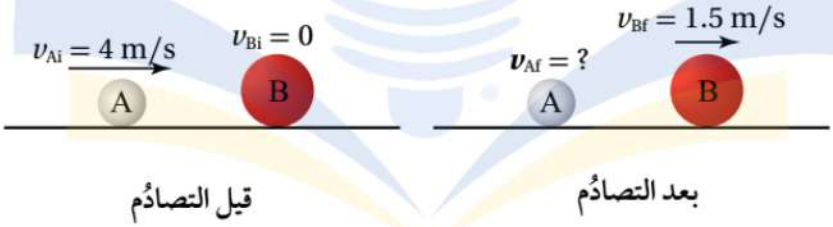
- بعد تصادم الأجسام قد ترتد الأجسام عن بعضها البعض أو تلتصق ببعضها البعض أو تنفصل عن بعضها البعض (انفجار).

ملاحظات مهمة

- **قاعدة أبدية:** إذا طلب حساب التغير في زخم جسمين معًا (يعتبر نظام) أو حساب التغير في الزخم للنظام نضع صفرًا.
- تصادم جسم متحرك مع جسم متحرك آخر يعتبر نظام كتصادم كرة مع كرة أو رجل مع رجل لأن الحالة الحركية لكلا الجسمين متغيرة غير ثابتة.

- **قاعدة أبدية:** كلمة فضاء خارجي تعني أن النظام معزول وبالتالي الزخم محفوظ.

سؤال يوضح الشكل تصادم كرتين (A) و (B) حيث تتحرك الكرة (A) باتجاه محور ($+x$) بسرعة مقدارها (4 m/s) نحو الكرة (B) الساكنة. بعد التصادم تحركت الكرة (B) بسرعة مقدارها (1.5 m/s) باتجاه محور ($+x$). إذا علمت أن ($m_A = 1\ kg$) و ($m_B = 2\ kg$) فأحسب مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم وحدد اتجاهها.



$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$$

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

$$1 \times 4 + 2 \times 0 = 1 \times v_{Af} + 2 \times 1.5 \rightarrow v_{Af} = 1\ m/s, +x$$

سؤال مدفع ساكن كتلته (2000 kg) فيه قذيفة كتلتها (50 kg). أطلقت القذيفة أفقيًا من المدفع بسرعة ($1.2\times10^{+2}$ m/s) باتجاه محور ($+x$). أحسب مقدار ما يأتي:

أ - الدفع الذي تؤثر به القذيفة في المدفع وحدد اتجاهها.

$A \rightarrow$ المدفع , $B \rightarrow$ القذيفة

$$I_{BA} = -I_{AB} = -\Delta p_B = -(p_{Bf} - p_{Bi}) = -(m_B v_{Bf} - m_B v_{Bi})$$
$$I_{BA} = -m_B(v_{Bf} - v_{Bi}) = -50(1.2 \times 10^2 - 0)$$
$$I_{BA} = -6000\ kg.m/s = 6000\ kg.m/s, -x$$

ب - سرعة ارتداد المدفع.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$$
$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$2000 \times 0 + 50 \times 0 = 2000 \times v_{Af} + 50 \times 1.2 \times 10^2$$
$$v_{Af} = -3\ m/s = 3\ m/s, -x$$

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

$m_A = 50\ kg$	$v_{Ai} = 0\ m/s$	$v_{Af} = 3\ m/s$
$m_B = 300\ kg$	$v_{Bi} = 0\ m/s$	$v_{Bf} = ??$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$50 \times 0 + 300 \times 0 = 50 \times 3 + 300 \times v_{Bf} \rightarrow v_{Bf} = -0.5\ m/s$$

QUIZ TIME اصطدمت كتلتان متماثلتان باتجاهين مُتعاكسين بنفس السرعة. احسب مقدار التغير في الزخم للنظام.

سؤال إضافي أطلقت قذيفة كتلتها (60 kg) بسرعة أفقية (500 m/s) إلى الغرب من مدفع متحرك للشرق بسرعة (10 m/s) فإذا كانت كتلة المدفع (2000 kg) فاحسب سرعة ارتداد المدفع.

حكالي مدفع متحرك للأمام يعني قبل الانطلاق يوجد زخم من المدفع وما بداخله.

$A \rightarrow$ المدفع , $B \rightarrow$ القذيفة

$m_A = 50\ kg$	$v_i = 10\ m/s$	$v_{Af} = ?!$
$m_B = 60\ kg$		$v_{Bf} = -500$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow \sum p_{\text{المدفع و القذيفة}} = \sum p_{\text{ارتداد المدفع}} + \sum p_{\text{انطلاق القذيفة}}$$

$$m_{AB} v_i = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$(60 + 2000)(10) = 2000 \times v_{Af} + 60 \times (-500)$$

$$20600 = 2000 \times v_{Af} - 30000 \rightarrow 50600 = 2000 \times v_{Af}$$

$$v_{Af} = 25.3\ m/s = 25.3\ m/s, +x$$

سؤال إضافي يقف متزلج كتلته (45 kg) على الجليد في حالة سكون، رمى إليه صديقه كرة كتلتها (5 kg) فانزلقًا معًا إلى الوراء بسرعة قدرها (0.5 m/s) نحو الشرق، احسب مقدار سرعة الكرة قبل أن يمسكها المتزلج مباشرة.

قبل رمي الكرة كان يقف المتزلج وبالتالي زخمها صفرًا والكرة كانت تتحرك نحو المتزلج.

$A \rightarrow$ المتزلج , $B \rightarrow$ الكرة

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow \sum p_{Ai} + \sum p_{Bi} = \sum p_f$$

$$0 + m_B v_{Bi} = m_{AB}\, v_{ABf}$$

$$(5)(v_{Bi}) = (45 + 5) \times 0.5 \rightarrow (5)(v_{Bi}) = 25 \rightarrow v_{Bi} = 5\ m/s, +x$$

سؤال إضافي تدافع أب كتلته (m) مع ابنه الذي كتلته (0.5m) على أرض جليدية، فإذا كانت المسافة بين سرعتيهما في اللحظة التي أفلتا أيديهما (1:2) فاحسب مقدار التغير في الزخم الخطي للأب والابن معًا.

$$\Delta p_{system} = 0$$

سؤال إضافي تدافع صديقان في صالة تزلج بحيث تحركا في اتجاهين متعاكسين، إذا كانت كتلة أحدهما (55 kg) وتحرك بسرعة (3 m/s) وكتلة الآخر (50 kg) وتحرك بسرعة (3.3 m/s) فجد مقدار التغير في الزخم للصديقين معًا.

$$\Delta p_{system} = 0$$

سؤال إضافي يركب أحمد الذي كتلته (42 kg) لوح تزلج كتلته (2 kg) ويتحركان بسرعة (1.2 m/s) نحو الشرق، فإذا قفز أحمد عن اللوح وتوقف لوح التزلج تمامًا في مكانه، فما مقدار سرعة قفزة أحمد؟ وما اتجاهه؟

قبل قفز أحمد كان اللوح وأحمد يتحركان بنفس السرعة وبالتالي زخم مشترك ابتدائي وبعد قفزة أحمد سيكون هنالك زخمين الأول زخم اللوح ويساوي صفرًا لأنه توقف والثاني زخم أحمد.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow \sum p_{\text{اللوح وأحمد}} = \sum p_{\text{أحمد}} + \sum p_{\text{اللوح}}$$

$$m_{\text{اللوح وأحمد}} v_{\text{اللوح وأحمد}} = m_{\text{أحمد}} v_{\text{أحمد}} + m_{\text{اللوح}} v_{\text{اللوح}}$$

$$(42 + 2)(1.2) = 42 \times v_{\text{أحمد}} + 2 \times 0 \rightarrow 52.8 = (42)(v_{\text{أحمد}})$$

$$v_{\text{أحمد}} = 1.25\ m/s, +x$$

سؤال إضافي تتحرك كرة كتلتها (2 kg) باتجاه اليمين بسرعة (4 m/s)، لحقت بها كرة ثانية كتلتها (5 kg) تتحرك بسرعة (6 m/s)، تصادمت الكرتان وبعد التصادم استمرت الكرة الثانية بحركتها نحو اليمين بسرعة (5.2 m/s)، فاحسب مقدار دفع الكرة الثانية للأولى.

$A \rightarrow$ الكرة الأولى , $B \rightarrow$ الكرة الثانية

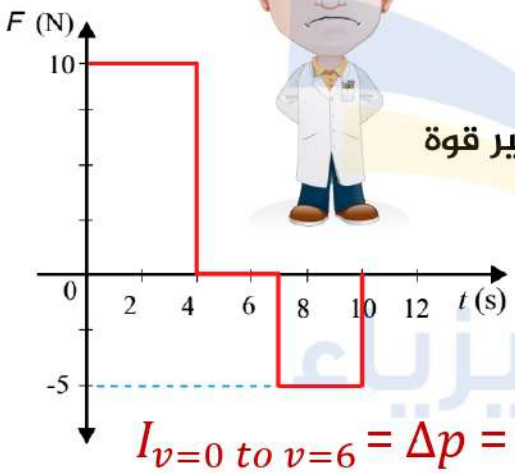
$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$$

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

$$2 \times 4 + 5 \times 6 = 2 \times v_{Af} + 5 \times 5.2 \rightarrow v_{Af} = 6\ m/s, +x$$

$$I_{BA} = I_A = \Delta p_A = m_A(v_{Af} - v_{Ai}) = 2 \times (6 - 4) = 4\ N.m, +x$$

خزان لحزان



Special ? يستقر جسم كتلته (5 kg) على سطح أفقي أملس فإذا تحرك هذا الجسم من السكون تحت تأثير قوة متغيرة مع الزمن حسب الرسم البياني المجاور، عند أي ثانية من بداية حركته تكون سرعته (6 m/s):

(A) 2 (B) 3 (C) 5 (D) 8

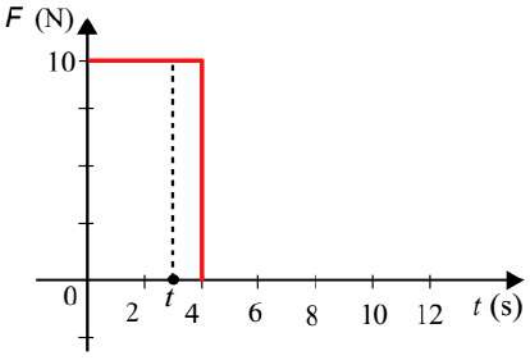
$$I_{v=0\ to\ v=6} = \Delta p = m(v_f - v_i) = 5(6 - 0) = 30\ N.s, +x$$

$$I_{0-4} = 4 \times 10 = 40\ N.s\ , +x$$

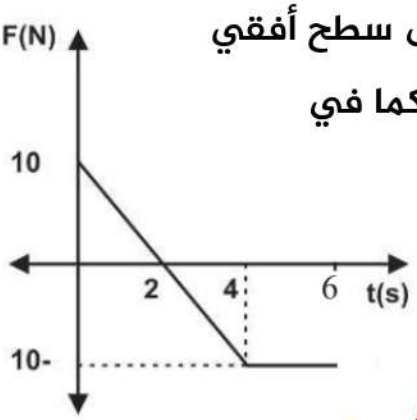
$$\rightarrow \underline{so}\ I_{0-4} > I_{0-6}$$

$$then\ (t)between\ (0)and\ (4).$$

$$I_{0-t} = t \times 10 = 30 \rightarrow t = 3\ s$$



Special ? جسم كتلته $(2\ kg)$ يتحرك بسرعة $(5\ m/s)$ على سطح أفقي أملس نحو الشرق، أثرت عليه قوة متغيرة مثلث بيانيًا مع الزمن كما في الشكل المجاور، بالاعتماد على البيانات المثبتة عليه جد:



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

أكبر سرعة تكون عند أكبر دفع في نفس الاتجاه.

$$I_{0-2} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10 = 10\ N.s\ , +x$$

$$I_{2-4} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10 + \frac{1}{2} \times 2 \times -10 = 0\ N.s\ , +x$$

$$I_{4-6} = 2 \times -10 = -20\ N.s = 20\ N.s\ , -x$$

$$I_{\text{أكبر ما يمكن}} = I_{0-2} = 10 = \Delta p = mv_f - mv_i$$

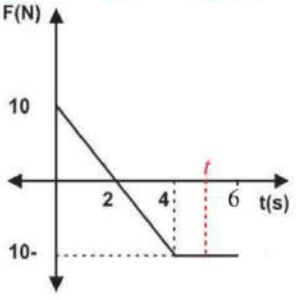
$$10 = 2v_f - 2 \times 5 \rightarrow v_f = 10\ m/s, +x$$

ب - زمن توقف الجسم.

من كلمة توقف نستدل على أن السرعة النهائية للجسم تساوي صفرًا والمطلوب معرفة في أي فترة يتوقف الجسم ثم نحسب الزمن بالتحديد.

$$I_{\text{عند توقف الجسم}} = \Delta p = 2 \times 0 - 2 \times 5 = -10\ N.m\ = 10\ N.m\ , -x$$

يعني الدفع (-10) يقع في الفترة ما بين $(4s)$ و $(6s)$.



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

$$I_{0-t} = 10 + -10\ \ -10 \times (t-4)$$

$$-10 = -10 \times (t-4) \rightarrow 1 = t - 4 \rightarrow t = 5\ s$$

يتوقف الجسم عند الثانية الخامسة.

جـ - متوسط القوة المؤثرة من بداية تأثيرها وحتى سكون الجسم.

$$I_{0-5} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10 + \frac{1}{2} \times 2 \times -10 + -10 \times 1 = -10$$

$$I_{0-5} = \sum F \Delta t \rightarrow -10 = \sum F \times 5 \rightarrow \sum F = -2\ N = 2N\ , -x$$

Special ? إذا زاد زخم جسم بمقدار (10%) من زخمه السابق فإن الطاقة الحركية للجسم يجب أن تزداد بمقدار:

(A) 1% (B) 10% (C) 11% (D) 21%

$$p' = p + 10$$

$$KE = \frac{p^2}{2m} \rightarrow KE' = \frac{(p+10)^2}{2m} = \frac{1.21 \times p^2}{2m} = 1.21 \times KE$$

$$KE' = 1.21 \times KE \rightarrow KE' = KE + 0.21KE = KE + 21\%KE$$

Special ?

مدرسة الفيزياء

يمكنكم متابعتنا والتواصل معنا من خلال :

0795360003 مدرسة الفيزياء الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى

درّب نفسك

سؤال 01 إذا زاد الزخم الخطي للجسم إلى الضعف فإن طاقته الحركية:

أ) تبقى ثابتة ب) تزداد إلى الضعف ج) تزداد إلى أربع أضعاف د) تقل إلى النصف

سؤال 02 جسمان (A,B) كتلة (B) ضعف كتلة (A) وطاقتهما الحركية متساوية، فإن سرعة الجسم (A) تساوي:

أ) v_B ب) $\sqrt{2}v_B$ ج) $3v_B$ د) $0.5v_B$

سؤال 03 إذا كان الزخم الخطي للجسم يساوي نصف طاقته الحركية فإن سرعته تساوي:

أ) $2\ m/s$ ب) $4\ m/s$ ج) $6\ m/s$ د) $8\ m/s$

سؤال 04 جسمان (A,B) حيث ($m_A = 4m_B$) ولهما نفس الطاقة الحركية فإن ($p_A : p_B$) يساوي:

أ) 1: 2 ب) 2: 1 ج) 1: 4 د) 4: 1

سؤال 05 كتلتان (A,B) النسبة بين الزخم الخطي (A) إلى الزخم الخطي (B) كنسبة ($\frac{1}{3}$) وكتلة (B) تساوي تسعة أضعاف كتلة (A) فإن ($KE_A : KE_B$) كنسبة:

أ) 1: 2 ب) 2: 1 ج) 1: 1 د) 3: 1

سؤال 06 أي الوحدات الآتية لا تعتبر من وحدات قياس الزخم الخطي:

أ) $kg.m/s$ ب) $N.s$ ج) $(kg.J)^{0.5}$ د) $kg.J$

سؤال 07 إذا زاد الزخم الخطي لجسم بمقدار (25%) فإن طاقته الحركية تزداد:

أ) 25% ب) 50% ج) 56% د) 75%

سؤال 08 جسم (m) يتحرك على خط مستقيم بسرعة ثابتة مقدارها (v) فإذا تضاعفت طاقة حركته فإن زخمه يساوي:

أ) $p_2 = \frac{1}{2} p_1$ ب) $p_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} p_1$ ج) $p_2 = 2p_1$ د) $p_2 = \sqrt{2}\, p_1$

سؤال 09 الكمية الفيزيائية التي لها نفس وحدة قياس الدفع:

أ) الزخم الخطي ب) الطاقة الحركية ج) الشغل د) القوة المؤثرة

سؤال 10 جسم كتلته (5 kg) يتحرك أفقيًا، أثرت عليه قوة مقدارها (40 N) وتميل بزاوية (60^o) لمدة (4 s) فإن التغير في سرعة الجسم هو:

أ) $8\ m/s$ ب) $16\ m/s$ ج) $26\ m/s$ د) $32\ m/s$

سؤال 11 قوتان الأولى أربعة أضعاف القوة الثانية، فإذا كان لهما نفس الدفع على نفس الجسم، فإن زمن تأثير القوة الأولى يساوي:

أ) Δt_2 ب) $0.25\Delta t_2$ ج) $4\Delta t_2$ د) $8\Delta t_2$

سؤال 12 جسم كتلته (m) وسرعته (v) اصطدم بحائط وارتد بنفس سرعته، فإن التغير في الزخم الخطي والتغير في طاقة الحركة للجسم هما:

أ) $0\ ,0$ ب) $0\ ,mv^2$ ج) $2mv\ ,0$ د) $mv\ ,mv^2$

سؤال 13 كرة كتلتها (4 kg) تتحرك بسرعة (2 m/s) أثرت عليه قوه لمدة (4 s) فازداد زخمه بمقدار (40 N.s)، فما مقدار القوة المؤثرة عليه بوحدة نيوتن؟

أ) 8 ب) 10 ج) 16 د) 32

سؤال 14 في منحنى (القوة- الزمن) ماذا تمثل المساحة تحت المنحنى؟

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

سؤال 15 سقطت كرة كتلتها (m) سقوطًا حرًا فوصلت الأرض بسرعة ($3v$) فارتدت لأعلى بسرعة (v) فإن دفع الكرة على الأرض يساوي:

أ) $2mv\ ,+y$ ب) $2mv\ ,-y$ ج) $4mv\ ,+y$ د) $4mv\ ,-y$

سؤال 16 أثرت قوة (F) على جسم ساكن فتحرك بتسارع ثابت ($8\ m/s^2$)، إن الزمن اللازم حتى يصبح مقدار طاقته الحركية يساوي (4) أضعاف زخمه الخطي يساوي:

أ) $1s$ ب) $2s$ ج) $3s$ د) $4s$

سؤال 17 كرة كتلتها ($4\ kg$) تتحرك بسرعة ($2\ m/s$)، اصطدمت بكرة أخرى كتلتها ($1\ kg$) وتتحرك بنفس السرعة وبالاتجاه المعاكس فإن التغير في زخم الكرتين معًا بوحدة ($kg.m/s$):

أ) 0 ب) 2 ج) 3 د) 4

سؤال 18 مجموع الزخم لكرتين أحدهما ضعف الأخرى وتسيران باتجاهين متعاكسين وبنفس السرعة تساوي:

أ) 0 ب) $2mv$ ج) mv د) $0.5mv$

سؤال 19 اصطدم جسم كتلته ($2\ kg$) يتحرك أفقيًا بسرعة ($6\ m/s$) بجدار فكان الدفع المؤثر عليه من الجدار ($16\ N.s$)، فما التغير في سرعته بوحدة (m/s)؟

أ) 2 ب) 3 ج) 4 د) 8

سؤال 20 يتحرك جسم كتلته (m) وسرعته (v)، فما النسبة بين طاقته الحركية إلى زخمه الخطي؟

أ) $\frac{m}{2}$ ب) $\frac{2}{m}$ ج) $\frac{v}{2}$ د) $\frac{2}{v}$

سؤال 21 كرة كتلتها (0.2 kg) تقترب من مضرب بسرعة (40 m/s) وترتد عنه بسرعة (50 m/s) إذا دام التلامس (0.2 s)، فكم يساوي مقدار متوسط القوة التي يؤثر بها المضرب على الكرة بوحدة (N)؟

أ) 18 ب) 10 ج) 90 د) 2

سؤال 22 إذا دفع رجل كتلته (70 kg) يقف على أرض جليدية أفقية ولدًا كتلته (50 kg)، فكم يساوي التغير في زخم الرجل والولد معًا بوحدة (kg.m/s)؟

أ) 0 ب) 100 ج) 140 د) 240

سؤال 23 اصطدم جسم كتلته (2 kg) ويتحرك أفقيًا نحو الشرق بسرعة (5 m/s) بحائط وارتد بنفس السرعة. يبلغ مقدار دفع الجسم للجدار:

أ) $0\ N.s$ ب) $+10\ N.s$ ج) $+20\ N.s$ د) $-20\ N.s$

سؤال 24 أثرت قوة مقدارها (15 N) في جسم ودام تأثيرها (5 s)، إن مقدار الزمن اللازم لقوة مقدارها (1.5 N) تؤثر بنفس دفع القوة الأولى:

أ) $12\ s$ ب) $25\ s$ ج) $50\ s$ د) $75\ s$

سؤال 25 قوتان (F_1, F_2) تؤثران على جسم إذا كانت ($F_1 = 4F_2$) وينتج عنهما كمية الدفع نفسها، إذا علمت أن زمن تأثير (F_2) يساوي (2 s) فإن مقدار زمن تأثير (F_1)؟

أ) $0.5\ s$ ب) $1.5\ s$ ج) $5\ s$ د) $10\ s$

سؤال 26 اصطدمت كرة كتلتها (100 g) تسير نحو الشرق بسرعة (5 m/s) بجدار وارتدت عنه بطاقة حركية تساوي ربع طاقتها الحركية الابتدائية، فإن دفع الكرة للجدار يساوي:

أ) $0\ N.s$ ب) $+0.75\ N.s$ ج) $+7.5\ N.s$ د) $-0.75\ N.s$

سؤال 27 جسم كتلته (2 kg) يتحرك بطاقة حركية (100 J) نحو جدار رأسي وارتدت الكرة فاقدة (36%) من طاقتها الحركية بزمن تصام (0.1 s). فإن قوة دفع الجدار على الجسم بوحدة النيوتن تساوي:

أ) 0 ب) 360 ج) 112 د) 215

سؤال 28 يجلس ولد كتلته (35 kg) في قارب ساكن كتلته (65 kg) ويحمل حقيبة كتلتها (6 kg)، إذا قذف الولد الحقيبة أفقيًا وبسرعة مقدارها (10 m/s)، وبإهمال مقاومة الماء، فإن سرعة القارب بعد قذف الحقيبة مباشرة بوحدة (m/s):

أ) -1.5 ب) $+1.5$ ج) -0.6 د) $+0.6$

سؤال 29 رجل كتلته (80 kg) يجلس في قارب ساكن كتلته (37 kg)، فإذا أطلق الرجل قذيفة كتلتها (0.2 kg) من بندقية كتلتها (3 kg)، وكانت سرعة انطلاق القذيفة (600 m/s)، إذا علمت بأن قوة الاحتكاك للقارب بالماء مهملة فإن السرعة التي يرتد بها القارب بوحدة (m/s) تساوي:

أ) -1 ب) $+1$ ج) -4 د) $+4$

سؤال 30 تتحرك أربع كرات بلياردوا كتلة الواحدة منها (0.5 kg) بنفس الاتجاه وفي خط مستقيم على طاولة أفقية فإذا كانت سرعتها (10 , 8 , 4 , 2) على التوالي. فإن كمية التحرك للنظام بوحدة (kg.m/s) تساوي:

أ) 18 ب) 7 ج) 12 د) 2

حل أسئلة مراجعة الدرس الأول: الزخم الخطي والدفع

سؤال 1 ما المقصود بالزخم الخطي لجسم؟ ما العلاقة بين الدفع المؤثر في جسم والتغير في زخمه الخطي؟

ناتج ضرب كتلة جسم (m) في سرعته المتجهة (v) والعلاقة بين الدفع المؤثر في جسم والتغير في زخمه دائما متساويان.

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

$$I = \Delta p = \sum F\,\Delta t \Rightarrow I = \Delta p = ma\Delta t$$
$$kg.m/s = N.s \Rightarrow kg.m/s = kg.m/s^2.s$$
$$kg.m/s = kg.m/s$$

سؤال 3 متى يكون الزخم الخطي لنظام محفوظًا؟

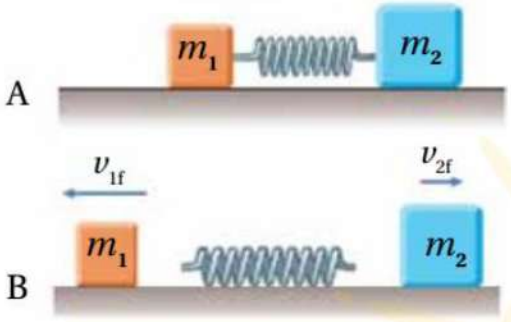
عندما يكون النظام معزولاً أي عندما تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه صفرًا.

سؤال 4 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. فسر سبب وجود هذا الحزام المطاطي.

المادة المطاطية تقوم بزيادة مدة تأثير القوة الناتجة عن التصادم مما يقلل القوة المؤثرة في السيارة وبالتالي يكون تأثير التصادم أقل حسب العلاقة الآتية:

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

سؤال 5 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 تحرك الصندوقان باتجاهين متعاكسين كما في الشكل (B). إذا علمت أن ($m_2 = 2m_1$) فجد نسبة مقدار سرعة الصندوق الأول النهائية إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني النهائية لحظة ابتعاد كل منهما عن النابض.



$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow p_{1i} + p_{2i} = p_{1f} + p_{2f}$$

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

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

$$v_{1f} = 2v_{2f} \rightarrow \frac{v_{1f}}{v_{2f}} = \frac{2}{1} \rightarrow \frac{v_{1f}}{v_{2f}} = 2:1$$

سؤال 6 في أثناء مشاهدة هند عرضًا عسكريًا لمجموعة من جنود الجيش العربي الأردني لفت انتباهها إسناد الجنود كعوب بنادقهم على أكتافهم بإحكام عند إطلاق الرصاص منها. لماذا يفعلون ذلك؟

بسبب ارتداد البندقية للخلف عند إطلاق الرصاصة منها إذ تعمل الرصاصة على دفع جسم البندقية بقوة دفع مساوية لدفع البندقية للرصاصة وبعكس اتجاهها لذلك يقوم الجنود بإسناد كعوب بنادقهم على أكتافهم بإحكام لزيادة الكتلة وبالتالي تقليل سرعة الارتداد الكلية.

سؤال 7 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 في المركبة الفضائية في الفضاء، إذا 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" ناقش صحة قول بتول.

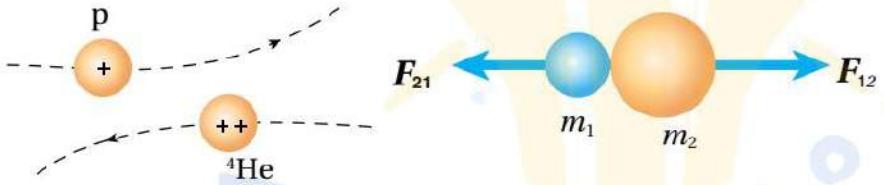
محركات الصواريخ لديها القدرة على حمل كل ما تحتاجه المركبة في الفضاء بدلًا من الاعتماد على الهواء المحيط بالإضافة إلى أن الغازات الناتجة من الانفجار تكون منطلقة ومندفعة من قاعدة الصاروخ وبالتالي سيكون رد الفعل المقابل هو حركة الصاروخ في الاتجاه المقابل لاتجاه اندفاع الغازات.

مدرسة الفيزياء

الوحدة الأولى: الزخم الخطي والتصادمات

الدرس الثاني: التصادمات

- التصادم بشكل عام مصطلح يدل على حدث يقترب فيه جسمان أحدهما من الآخر ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة.
- قد يتضمن التلامس حدوث تلامس بين الجسمين كتصادم كرة مع كرة أو يتضمن عدم تلامس الجسمين كما في تصادم الجسيمات المشحونة مثل تصادم بروتون بجسيم ألفا (نواة ذرة الهيليوم) والتصادمات في كرات نيوتن.



سؤال وضح ما المقصود بالتصادم بشكل عام؟

هو تأثير متبادل بين جسمين أو أكثر أحدهما على الأقل مُتحرك وتؤثر خلاله الأجسام المتصادمة بعضها في بعض (فعل ورد فعل) بقوة خلال فترة زمنية قصيرة نسبيًا.

سؤال لماذا يعتبر التصادم نظام معزول؟

لأن زمن التصادم صغير جدًا فتُهمل القوى الخارجية (مثل الاحتكاك والوزن) مقارنة مع قوى رد الفعل.

سؤال تُصنف التصادمات بحسب حركة الجسم إلى نوعين رئيسين. ما هما؟

1. التصادم في بُعد واحد.
2. التصادم في بُعدين. (غير مطلوب دراسته في مادة التوجيهي)

سؤال تُصنف التصادمات بحسب حفظ الطاقة الحركية إلى نوعين رئيسين. ما هما؟

1. التصادم المرن.
2. التصادم غير المرن.

- التصادم عديم المرونة (حالة خاصة من التصادمات غير المرنة).

سؤال وضح ما المقصود بالطاقة الحركية الخطية؟

الطاقة المرتبطة بحركة الجسم عند انتقاله من مكان إلى آخر (حركة انتقالية).

☑ لحساب مقدار الطاقة الحركية لجسم ما يمكننا استخدام العلاقة الآتية:

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

سؤال ما العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية؟

تعتمد على كتلة الجسم ومقدار سرعته.

التصادم المرن

☑ **التصادم المرن:** التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية لأجزاء النظام قبل التصادم مساويًا لمجموع الطاقة الحركية بعد التصادم أي أن الطاقة الحركية محفوظة.

- يتحرك كل جسم بشكل مُفرد قبل التصادم وبعد التصادم.
- بعد التصادم ينفصل الجسمين دون أن يحدث لهما تغيير في الشكل أو الحرارة.
- من الأمثلة على التصادمات المرنة التصادمات بين كرات البلياردو أو التصادمات بين الجسيمات الذرية أو الكرات الفلزية.
- في التصادم المرن نُهمل خسارة جزء صغير من الطاقة (ممكن تكون الخسارة على شكل طاقة صوتية أو احتكاك وحرارة مثلًا عند التصادم) وبالتالي لا يحدث في هذا التصادم فقدان في الطاقة الحركية لذلك يكون التغير في الطاقة الحركية صفرًا.
- في التصادم المرن يكون الزخم محفوظ وبالتالي تكون معادلة حفظ الزخم الخطي:

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

زخم الجسم الأول قبل التصادم مباشرة	زخم الجسم الثاني قبل التصادم مباشرة	زخم الجسم الأول بعد التصادم مباشرة	زخم الجسم الثاني بعد التصادم مباشرة

- في التصادم المرن تكون الطاقة الحركية محفوظة وبالتالي تكون معادلة حفظ الطاقة الحركية:

$$\sum KE_i = \sum KE_f \rightarrow \Delta KE = 0 \rightarrow \Delta KE = \sum KE_f - \sum KE_i$$

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

الطاقة الحركية للجسم الأول قبل التصادم مباشرة	الطاقة الحركية للجسم الثاني قبل التصادم مباشرة	الطاقة الحركية للجسم الأول بعد التصادم مباشرة	الطاقة الحركية للجسم الثاني بعد التصادم مباشرة

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

التصادم غير المرن

☑ التصادم غير المرن: التصادم الذي لا يكون مجموع الطاقة الحركية لأجزاء النظام قبل التصادم مساويًا لمجموع طاقتها الحركية بعد التصادم أي أن الطاقة الحركية غير محفوظة.

- يتحرك كل جسم بشكل مُفرد قبل التصادم وبعد التصادم.
- بعد التصادم ينفصل الجسمين.
- من الأمثلة على التصادمات غير المرنة اصطدام كرة مطاطية بسطح صلب (كالمضرب مثلًا).
- في التصادم غير المرن يُفقد جزءًا كبير لا يمكن إهماله من الطاقة الحركية عندما تتشوه الكرة في أثناء ملامستها للكرة وقد يكون الفقدان على شكل حرارة أو صوت.
- في التصادم غير المرن يكون الزخم محفوظ وبالتالي تكون معادلة حفظ الزخم الخطي:

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

⊂ في التصادم غير المرن تكون الطاقة الحركية غير محفوظة وبالتالي تكون معادلة حفظ الطاقة الحركية:

$$\sum KE_i \neq \sum KE_f \rightarrow \Delta KE \neq 0$$

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

سؤال إضافي NERD **ما أشكال فقدان الطاقة الحركية نتيجة التصادم؟**

صوت أو تشوه في الشكل أو حرارة.

التصادم غير المرن (عديم المرونة)

☑ **التصادم غير المرن (عديم المرونة):** التصادم الذي ينتج عنه التحام الأجسام المتصادمة معًا بعد التصادم لتصبح جسمًا واحدًا ويتابع كل منهما الحركة بالسرعة نفسها.

☑ تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للأجسام الملتحمة خلال حركتها بعد التصادم.

⊂ في التصادم عديم المرونة يُفقد جزء كبير جدا جدا من الطاقة الحركية.

⊂ يتحرك كل جسم بشكل مُفرد قبل التصادم لكن بعد التصادم يلتحم الجسمين معًا.

؟ سؤال **متى يوصف التصادم غير المرن بأنه تصادم عديم المرونة؟**

عندما تلتحم الأجسام المتصادمة معًا بعد التصادم لتصبح جسمًا واحدًا كتلته مجموع كتل الأجسام المتصادمة.

⊂ من الأمثلة على التصادمات غير المرنة (عديمة المرونة) ما يحدث عند اصطدام كُرتي صلصال معًا أو اصطدام سيارتين وتحركهما معًا بعد التصادم أو ما يحدث في البندول القذفي.

⊂ في التصادم غير المرن يكون الزخم محفوظ وبالتالي تكون معادلة حفظ الزخم الخطي:

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

قواعد ذهبية في التصادمات

✪ الزخم الخطي دائما يكون محفوظًا في جميع حالات التصادم بين الأجسام.

✪ يكون الدفع متساوٍ مقدارًا ومتعاكس اتجاهًا في جميع حالات التصادم.

✪ يمكننا استخدام المعادلة الآتية لحل المسائل الحسابية في حالة التصادم المرن فقط بدلا من إيجاد المعادلة الأخرى من خلال معادلة حفظ الطاقة الحركية علمًا بأنها لم تُذكر في الكتاب المدرسي وهي غير معتمدة للإجابة الرسمية وإنما وضعتها من باب التسهيل على الطالب لحل مسائل التصادم بطريقة سريعة في حال كان نمط السؤال ضع دائرة.

$$v_{AB_i} = v_{BA_f}$$

$$v_{A_i} - v_{B_i} = v_{B_f} - v_{A_f}$$

✪ إذا تصادم جسمان (A,B) تصادمًا مرنًا وكان أحدهما ساكن والآخر متحرك قبل التصادم:

⌫ إذا كانت كتلة الجسم المتحرك أكبر من كتلة الجسم الساكن فإن كلًا الجسمين سيتحركان في نفس اتجاه حركة الجسم المتحرك.

⌫ إذا كانت كتلة الجسم المتحرك أصغر من كتلة الجسم الساكن فإن الجسم المتحرك سيرتد عكس اتجاه حركته والجس الساكن سيتحرك في نفس اتجاه حركة الجسم المتحرك قبل التصادم.

⌫ إذا كانت كتلة الجسم المتحرك مساوية لـكتلة الجسم الساكن فإن الجسم المتحرك سيتوقف كليًا والجسم الساكن سيتحرك في نفس اتجاه حركة الجسم المتحرك قبل التصادم وبنفس سرعته أيضا.

✪ لحساب مجموع الطاقة الحركية قبل التصادم:

$$\sum KE_i = \frac{1}{2} m_A {v_{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bi}}^2$$

✪ لحساب مجموع الطاقة الحركية بعد التصادم:

$$\sum KE_f = \frac{1}{2} m_A {v_{Af}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bf}}^2$$

✪ لحساب مقدار الطاقة الحركية الضائعة:

$$KE_{\text{الضائعة}} = \sum KE_i - \sum KE_f$$

✪ يمثل الجدول مقارنة لأنواع التصادمات وخصائص كل منها:

المقارنة	التصادم المرن	التصادم غير المرن	التصادم عديم المرونة
حفظ الزخم	محفوظ	محفوظ	محفوظ
الدفع	متساوٍ مقدارًا ومتعاكس اتجاهًا	متساوٍ مقدارًا ومتعاكس اتجاهًا	متساوٍ مقدارًا ومتعاكس اتجاهًا
طبيعة الأجسام	منفصلة قبل التصادم وبعده	منفصلة قبل التصادم وبعده	تتحد كجسم واحد بعد التصادم
حفظ الطاقة الحركية	محفوظة	غير محفوظة	غير محفوظة
مقدار الطاقة الضائعة	صفر	كبيرة	كبيرة جدا

✪ في التصادم عديم المرونة تكون الطاقة الميكانيكية للجسم محفوظة قبل حدوث التصادم بين الأجسام ومحفوظة للجسم عند حركته بعد التصادم.

مدرسة الفيزياء

سؤال إضافي NERD أثبت أن الدفع في جميع أنواع التصادمات متساوٍ مقدارًا ومتعاكس اتجاهًا.

$$\sum p_i = \sum p_f$$
$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$m_A v_{Ai} - m_A v_{Af} = m_B v_{Bf} - m_B v_{Bi}$$
$$m_A(v_{Ai} - v_{Af}) = m_B(v_{Bf} - v_{Bi})$$
$$-m_A(v_{Af} - v_{Ai}) = m_B(v_{Bf} - v_{Bi}) \rightarrow -I_A = I_B$$

سؤال إضافي باستخدام قانون نيوتن الثالث أثبت أن الزخم محفوظ لجسمين متصادمين.

$$F_{21} = -F_{12} \rightarrow \frac{\Delta p_1}{\Delta t} = \frac{-\Delta p_2}{\Delta t} \rightarrow \Delta p_1 \Delta t = -\Delta p_2 \Delta t$$
$$\Delta p_1 = -\Delta p_2 \rightarrow (p_{1f} - p_{1i}) = (p_{2f} - p_{2i}) = p_{2i} - p_{2f}$$
$$p_{1f} - p_{1i} = -(p_{2i} - p_{2f}) \rightarrow p_{1f} - p_{1i} = p_{2f} - p_{2i}$$
$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

سؤال تتحرك الكرة (A) باتجاه محور $(+x)$ بسرعة (6 m/s) فتصطدم رأسًا برأس بكرة أخرى (B) أمامها تتحرك باتجاه محور $(+x)$ بسرعة (3 m/s). أنظر الشكل. بعد التصادم تحركت الكرة (B) بسرعة مقدارها (5 m/s) بالاتجاه نفسه قبل التصادم. إذا علمت أن (m_A= 5 kg , m_B= 3 kg) فأجيب عما يأتي:

أ - احسب مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم وحدد اتجاهها.

$m_A = 5\ kg$	$v_{A_i} = 6\ m/s$	$v_{A_f} = ?!$
$m_B = 3\ kg$	$v_{B_i} = 3\ m/s$	$v_{B_f} = 5\ m/s$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$5 \times 6 + 3 \times 3 = 5 \times v_{Af} + 3 \times 5 \rightarrow v_{Af} = 4.8\ m/s, +x$$

ب - حدد نوع التصادم.

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m_A {v_{Af}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bf}}^2 - [\frac{1}{2} m_A {v_{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bi}}^2]$$
$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times 5 \times 4.8^2 + \frac{1}{2} \times 3 \times 5^2 - [\frac{1}{2} \times 5 \times 6^2 + \frac{1}{2} \times 3 \times 3^2]$$
$$\Delta KE = -8.4\ J$$

بما أن التغير في الطاقة الحركية للنظام سالب فهذا يعني حدوث نقص في الطاقة الحركية والكرتان لم تلتحما بعد التصادم وبالتالي فالتصادم غير مرن.

سؤال كرتا بلياردو كتلة كل منهما (0.16 kg). تتحرك الكرة الحمراء (A) باتجاه محور ($+x$) بسرعة (2 m/s) نحو الكرة الزرقاء (B) الساكنة وتتصادمان رأسًا برأس تصادمًا مرنًا، أحسب مقدار سرعة الكرة (B) بعد التصادم وحدد اتجاهها.

$m_A = 0.16\ kg$	$v_{A_i} = 2\ m/s$	$v_{A_f} = ?!$
$m_B = 0.16\ kg$	$v_{B_i} = 0\ m/s$	$v_{B_f} = ?!$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$0.16 \times 2 + 0.16 \times 0 = 0.16 \times v_{Af} + 0.16 \times v_{Bf}$$

$$v_{Af} + v_{Bf} = 2 \rightarrow v_{Af} = 2 - v_{Bf}$$

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

$${v_{Ai}}^2 + {v_{Bi}}^2 = {v_{Af}}^2 + {v_{Bf}}^2$$

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

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

$$2{v_{Bf}}^2 - 4v_{Bf} = 0 \rightarrow {v_{Bf}}^2 - 2v_{Bf} = 0 \rightarrow v_{Bf}(v_{Bf} - 2) = 0$$

$v_{Bf} = 0$ نقوم بإهمالها or $v_{Bf} = 2\ m/s\ , +x$

قُمنا بإهمال القيمة الأولى للسرعة (v_{Bf}) لأنه عند إيجاد (v_{Af}) كانت قيمتها تساوي (2) وهذا يعني أن الكرة (A) قد اخترقت الكرة (B) وأكملت حركتها بشكل طبيعي وهو مستحيل.

الآن سنقوم بحل السؤال السابق باستخدام المعادلة الخاصة بنا

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$0.16 \times 2 + 0.16 \times 0 = 0.16 \times v_{Af} + 0.16 \times v_{Bf}$$

$$v_{Af} + v_{Bf} = 2 \rightarrow v_{Af} = 2 - v_{Bf}$$

$$v_{AB_i} = v_{BA_f} \rightarrow v_{A_i} - v_{B_i} = v_{B_f} - v_{A_f}$$

$$2 - 0 = v_{B_f} - v_{A_f} \rightarrow v_{Bf} = 2 + v_{Af}$$

$$v_{Bf} = 2 + v_{Af} \rightarrow v_{Bf} = 2 + 2 - v_{Bf} = 4 - v_{Bf} \rightarrow 2v_{Bf} = 4$$

$$v_{Bf} = 2\ m/s\ , +x$$

سؤال إضافي كرة كتلتها (0.4 kg) وسرعتها (3 m/s) تتصادم تصادمًا مرنًا مع كرة أخرى ساكنة كتلتها (0.6 kg). جد سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة.

$m_A = 0.4\ kg$	$v_{A_i} = 3\ m/s$	$v_{A_f} = ?!$
$m_B = 0.6\ kg$	$v_{B_i} = 0\ m/s$	$v_{B_f} = ??$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$0.4 \times 3 + 0.6 \times 0 = 0.4 \times v_{A_f} + 0.6 \times v_{B_f}$$

$$1.2 = 0.4 \times v_{A_f} + 0.6 \times v_{B_f} \rightarrow 3 = v_{A_f} + 1.5 \times v_{B_f}$$

$$v_{Af} = 3 - 1.5 v_{Bf}$$

$$v_{AB_i} = v_{BA_f} \rightarrow v_{A_i} - v_{B_i} = v_{B_f} - v_{A_f}$$

$$3 - 0 = v_{B_f} - v_{A_f} \rightarrow v_{Bf} = 3 + v_{Af}$$

$$v_{Bf} = 3 + v_{Af} \rightarrow v_{Bf} = 3 + 3 - 1.5 v_{Bf} = 6 - 1.5 v_{Bf}$$

$$v_{Bf} + 1.5 v_{Bf} = 6 \rightarrow 2.5 v_{Bf} = 6 \rightarrow v_{Bf} = 2.4\ m/s\ , +x$$

$$v_{Af} = 3 - 1.5 v_{Bf} = 3 - 1.5 \times 2.4 = -0.6\ m/s = 0.6\ m/s\ , -x$$

سؤال إضافي جسم كتلته (4 kg) يتحرك لليمين بسرعة (2 m/s) اصطدم بجسم آخر كتلته (2 kg) ويتحرك في اتجاه معاكس وبالسرعة نفسها أجب عن الأسئلة الآتية:

أ - احسب سرعة كل من الجسمين بعد التصادم إذا كان التصادم مرنًا.

$m_A = 4\ kg$	$v_{Ai} = 2\ m/s$	$v_{Af} = ?!$
$m_B = 2\ kg$	$v_{Bi} = -2\ m/s$	$v_{Bf} = ?!$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$4 \times 2 + 2 \times -2 = 4 \times v_{Af} + 2 \times v_{Bf}$$

$$4 = 4v_{Af} + 2v_{Bf} \rightarrow 2 = 2v_{Af} + v_{Bf} \rightarrow v_{Bf} = 2 - 2v_{Af}$$

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

$$4{v_{Ai}}^2 + 2{v_{Bi}}^2 = 4{v_{Af}}^2 + 2{v_{Bf}}^2 \rightarrow 16 + 8 = 4{v_{Af}}^2 + 2{v_{Bf}}^2$$

$$24 = 4{v_{Af}}^2 + 2{v_{Bf}}^2 \rightarrow 2{v_{Af}}^2 + {v_{Bf}}^2 = 12$$

$$2{v_{Af}}^2 + (2 - 2v_{Af})^2 = 12 \rightarrow 2{v_{Af}}^2 + 4 - 8v_{Af} + 4{v_{Af}}^2 = 12$$

$$6{v_{Af}}^2 - 8v_{Af} = 12$$ صعب عالطلاب يطلعوا الناتج بدها حاسبة لهيك بنشوف طريقة أسهل

$$v_{ABi} = v_{BAf} \rightarrow v_{Ai} - v_{Bi} = v_{Bf} - v_{Af}$$

$$2 - -2 = v_{Bf} - v_{Af} \rightarrow v_{Bf} = v_{Af} + 4$$

$$v_{Bf} = v_{Af} + 4 \rightarrow 2 - 2v_{Af} = v_{Af} + 4 \rightarrow 3v_{Af} = -2$$

$$v_{Af} = \frac{-2}{3}\ m/s = \frac{2}{3}\ m/s\ , -x$$

$$v_{Af} = 3 - 1.5v_{Bf} = 3 - 1.5 \times 2.4 = -0.6\ m/s = 0.6\ m/s\ , -x$$

$$v_{Bf} = v_{Af} + 4 = \frac{-2}{3} + 4 = \frac{10}{3}\ m/s\ , +x = 3.33\ m/s\ , +x$$

ب - احسب قوة دفع الجسم الثاني على الأول خلال (0.2 s).

$$I_{BA} = I_A = \Delta p_A = m_A(v_{Af} - v_{Ai}) = 4 \times (-0.6 - 2)$$
$$I_{BA} = -10.4\ N.m = 10.4\ N.s, -x$$
$$F = \frac{I_{BA}}{\Delta t} = \frac{-10.4}{0.2} = -52\ N = 52\ N, -x$$

سؤال إضافي جسم سرعته (55 m/s) نحو الشرق وكتلته (m_1) تصادم تصادمًا مرنًا مع جسم آخر ساكن كتلته (5 kg) وبعد التصادم تحرك الجسم الأول في الاتجاه المعاكس بسرعة (20 m/s). احسب كلاً مما سرعة الجسم الثاني بعد التصادم وكتلة الجسم الأول.

$m_A = ??$	$v_{A_i} = 55\ m/s$	$v_{A_f} = -20\ m/s$
$m_B = 5\ kg$	$v_{B_i} = 0\ m/s$	$v_{B_f} = ??$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$m_A \times 55 + 5 \times 0 = m_A \times -20 + 5 \times v_{B_f} \rightarrow v_{Bf} = 15m_A$$

يمكننا حل السؤال بأكثر من طريقة

طريقة السرعة النسبية

$$v_{AB_i} = v_{BA_f} \rightarrow v_{A_i} - v_{B_i} = v_{B_f} - v_{A_f}$$
$$55 - 0 = v_{B_f} - -20 \rightarrow v_{Bf} = 35\ m/s$$
$$v_{Bf} = 15m_A \rightarrow 35 = 15m_A \rightarrow m_A = 2.33\ kg$$

طريقة الطاقة الحركية

$$\frac{1}{2} m_A {v_{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bi}}^2 = \frac{1}{2} m_A {v_{Af}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bf}}^2$$
$$m_A {v_{Ai}}^2 + m_B {v_{Bi}}^2 = m_A {v_{Af}}^2 + m_B {v_{Bf}}^2$$
$$m_A \times 55^2 = m_A(-20)^2 + 5(v_{Bf})^2 \rightarrow 5{v_{Bf}}^2 = 2625m_A$$
$$v_{Bf} = 15m_A \rightarrow 5(15m_A)^2 = 2625m_A \rightarrow 5 \times 225{m_A}^2 = 2625m_A$$
$$1125{m_A}^2 = 2625m_A \rightarrow m_A = 2.33\ kg$$

سؤال إضافي جسم كتلته (2 kg) اصطدم اصطدامًا مرنًا بجسم ساكن وبعد التصادم استمر الجسم الأول بنفس الاتجاه بسرعة تعادل ربع سرعته الأصلية، احسب كتلة الجسم الثاني.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$2 \times v_{A_i} + m_B \times 0 = 2 \times v_{A_f} + m_B \times v_{B_f}$$

$$2 \times v_{A_i} = 2 \times \frac{1}{4} v_{A_i} + m_B \times v_{B_f} \rightarrow \frac{3}{2} v_{A_i} = m_B v_{B_f}$$

يمكننا حل السؤال بأكثر من طريقة

طريقة السرعة النسبية

$$v_{AB_i} = v_{BA_f} \rightarrow v_{A_i} - v_{B_i} = v_{B_f} - v_{A_f}$$

$$v_{A_i} - 0 = v_{B_f} - v_{A_f} \rightarrow v_{A_i} = v_{B_f} - \frac{1}{4} v_{A_i} \rightarrow \frac{5}{4} v_{A_i} = v_{B_f}$$

$$v_{B_f} = \frac{5}{4} v_{A_i} \rightarrow \frac{3}{2} v_{A_i} = m_B \times v_{B_f} \rightarrow \frac{3}{2} v_{A_i} = m_B \times \frac{5}{4} v_{A_i}$$

$$\frac{3}{2} = \frac{5}{4} m_B \rightarrow m_B = 1.2\ kg$$

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

$$2{v_{Ai}}^2 + 0 = 2{v_{Af}}^2 + m_B {v_{Bf}}^2 \rightarrow 2{v_{Ai}}^2 = 2\left(\frac{1}{4} v_{A_i}\right)^2 + m_B {v_{Bf}}^2$$

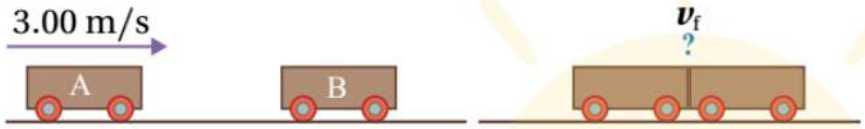
$$2{v_{Ai}}^2 = \frac{1}{8} {v_{Ai}}^2 + m_B {v_{Bf}}^2 \rightarrow \frac{15}{8} {v_{Ai}}^2 = m_B {v_{Bf}}^2$$

طريقة الطاقة الحركية

$$\frac{3}{2} v_{A_i} = m_B v_{B_f} \rightarrow \frac{15}{8} \left(\frac{2}{3} m_B v_{B_f}\right)^2 = m_B {v_{Bf}}^2$$

$$\frac{15}{8} \times \frac{4}{9} {m_B}^2 {v_{Bf}}^2 = m_B {v_{Bf}}^2 \rightarrow \frac{5}{6} m_B = 1 \rightarrow m_B = 1.2\ kg$$

سؤال عربة قطار (A) كتلتها (1.8×10^3 kg) تتحرك في مسار أفقي مستقيم لسكة حديد بسرعة مقدارها (3.00 m/s) باتجاه محور ($+x$)، فتصطدم بعربة أخرى (B) كتلتها (2.20×10^3 kg) تقف على المسار نفسه، وتلتحمان معًا وتتحركان على المسار المستقيم لسكة الحديد نفسه، كما هو موضح في الشكل. أجب عما يأتي:



أ - احسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم، وحدد اتجاهها.

$m_A = 1800\ kg$	$v_{A_i} = 3\ m/s$	$v_{B_i} = 0\ m/s$
$m_B = 2200\ kg$	$v_f = ??$	

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$
$$1800 \times 3 + 0 = (1800 + 2200) v_f \rightarrow v_f = 1.35\ m/s, +x$$

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

بما أن الجسمين بعد التصادم التحما معًا فهذا يعني أن التصادم الحاصل هو تصادم عديم المرونة وأيضا في التصادمات عديمة المرونة لا تكون الطاقة الحركية محفوظة.

$$\Delta KE = \frac{1}{2}(m_A + m_B) {v_f}^2 - [\frac{1}{2} m_A {v_{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bi}}^2]$$
$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times (2200 + 1800) \times 1.35^2 - [\frac{1}{2} \times 1800 \times 3^2 + 0]$$
$$\Delta KE = 3645 - 8100$$
$$\Delta KE = -4455\ J$$

بما أن التغير في الطاقة الحركية للنظام سالب فهذا يعني حدوث نقص في الطاقة الحركية.

سؤال إضافي NERD يتحرك جسم كتلته (16 kg) في الاتجاه السيني الموجب بسرعة (3 m/s) ويتحرك جسم آخر كتلته (4 kg) في الاتجاه السيني السالب بسرعة (5 m/s)، يصطدم الجسمان ويلتحمان. جد سرعتيهما بعد الاصطدام مباشرة.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$
$$16 \times 3 + 4 \times -5 = (16 + 4) \times v_f = 20 v_f$$
$$v_f = 1.4\ m/s\ , +x$$

سؤال إضافي NERD كرة صلصال كتلتها (2 kg) تتحرك شرقًا بسرعة ثابتة، وتصطدم بكرة صلصال أخرى ساكنة، فتلتحمان معًا وتتحركان شرقًا بسرعة يساوي مقدارها ربع مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى. أحسب مقدار كتلة الكرة الثانية.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$
$$2 \times v_{Ai} + 0 = (2 + m_B) \frac{1}{4} v_{Ai}$$
$$2 \times v_{Ai} = (2 + m_B) \frac{1}{4} v_{Ai} \rightarrow 2 = \frac{1}{4} (2 + m_B)$$
$$m_B = 6\ kg$$

سؤال إضافي NERD كرة كتلتها (4 kg) تتحرك بسرعة (10 m/s) مُقتربة من كرة أخرى كتلتها (2 kg) وتتحرك باتجاه معاكس بسرعة (5 m/s) فإذا أصبحت سرعة الكرة الصغرى بعد التصادم (8 m/s) وتتحرك عكس اتجاه حركتها الأصلي. أوجد سرعة الكرة الكبرى بعد التصادم.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$4 \times 10 + 2 \times -5 = 4 \times v_{Af} + 2 \times 8 \rightarrow v_{Af} = 3.5\ m/s, +x$$

سؤال إضافي تتحرك كرة كتلتها (2 kg) باتجاه الغرب بسرعة (6 m/s) فتصطدم بأخرى كتلتها (3 kg) تتحرك باتجاه الشرق بسرعة (4 m/s)، بعد التصادم أصبحت سرعة الأولى (4.5 m/s) حيث بقي الجسمان يتحركان على نفس الخط قبل وبعد التصادم ودام زمن التصادم (0.02 s). جد:

أ - سرعة الكرة الثانية بعد التصادم.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$2 \times -6 + 3 \times 4 = 2 \times 4.5 + 3 \times v_{B_f} \rightarrow v_{B_f} = -3\ m/s = 3\ m/s, -x$$

ب - متوسط القوة التي أثرت بها الكرة الأولى على الثانية أثناء التصادم.

$$I_{AB} = I_B = \Delta p_B = m_B(v_{Bf} - v_{Bi}) = 3 \times (-3 - 4)$$

$$I_{AB} = -21\ N.m = 21\ N.m, -x$$

$$F = \frac{I_{AB}}{\Delta t} = \frac{-21}{0.02} = -1050\ N = 1050\ N, -x$$

سؤال إضافي جسم ساكن كتلته (2 kg) تلقى دفعًا مقداره (4 N.s) فاكتسب سرعة وتحرك بها في خط مستقيم ليصطدم بجسم آخر ساكن كتلته (3 kg) فإذا التحم الجسمان لحظة التصادم وتحركًا معًا كجسم واحد، احسب مقدار السرعة المشتركة للجسمين بعد التصادم.

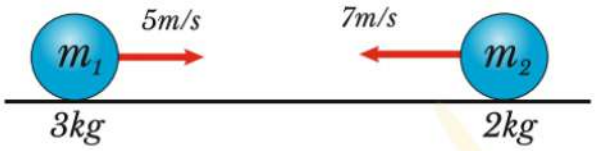
$$I_A = \Delta p_A = m_A(v_{Af} - v_{Ai}) \rightarrow 4 = 2 \times (v_{Af} - 0) \rightarrow v_{Af} = 2\ m/s$$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

$$2 \times 2 + 3 \times 0 = (2 + 3) \times v_f = 5 v_f$$

$$v_f = 0.8\ m/s\ , +x$$

QUIZ TIME كرتان ($3kg, 2kg$) سرعتيهما ($5\ m/s, 7\ m/s$) على الترتيب وتسيران باتجاهين متعاكسين حصل بينهما تصادم فكان مقدار الدفع على كل منهما ($18\ N.s$)، احسب:



أ - سرعة كل منهما.

ب - نوع التصادم الحاصل.

سؤال إضافي NERD ما أشكال فقدان الطاقة الحركية نتيجة التصادم؟

صوت أو تشوه في الشكل أو حرارة.

سؤال إضافي NERD عند اصطدام كرتين إحداهما أكبر كتلة من الأخرى فإن مقدار القوة التي تحدثها كل منهما على الأخرى تكون:

(A) الكتلة الأكبر تُحدث قوة أكبر. (B) الكتلة الأصغر تُحدث قوة أكبر.

(C) القوتان متساويتان. (D) تعتمد قوة كل منهما على مقدار سرعتيهما قبل التصادم.

سؤال إضافي NERD إحدى المشاهدات التالية لا تدل على ضياع الطاقة خلال تصادم كرتين:

(A) نسمع صوت التصادم.

(B) يتغير شكل إحدى الكرتين أو كليهما.

(C) إحدى الكرتين تسكن بعد التصادم مباشرة.

(D) ترتفع درجة حرارة الكرتين.

سؤال إضافي NERD إحدى المشاهدات التالية لا تدل على ضياع الطاقة خلال تصادم كرتين:

(A) يكون أحد الجسمين على الأقل متحركًا. (B) الطاقة الحركية للنظام محفوظة.

(C) قد لا يتلامس الجسمان المتصادمان. (D) الزخم للنظام محفوظ.

سؤال إضافي NERD لماذا هناك فقد كبير للطاقة الحركية في التصادم عديم المرونة؟

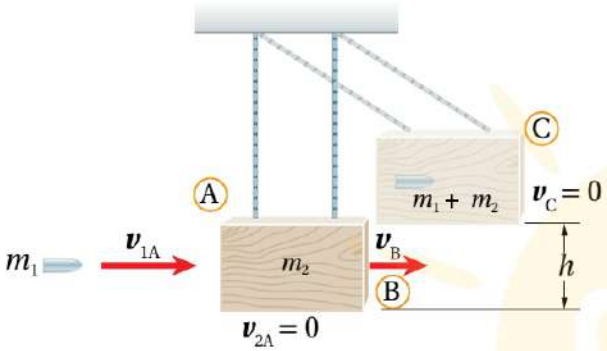
بسبب التحام الجسمان في جسم واحد بسرعة واحدة وهذا النقص يتحول إلى أشكال أخرى للطاقة.

التطبيق البندول القذفي

☑ **البندول القذفي:** جهاز يستخدم لقياس سرعة مقذوف مثل الرصاصة.

⊂ يتم إطلاق الرصاصة ذات الكتلة (m_A) باتجاه كتلة ساكنة كبيرة من الخشب كتلتها (m_B) مُعلقة رأسيًا بخيطين خفيفين.

⊂ تخترق الرصاصة قطعة الخشب وتستقر داخلها ليتحرك النظام كجسم واحد.



⊂ اتجاه حركة النظام عند التحام الرصاصة والصندوق يكون باتجاه حركة الرصاصة نفسها قبل التصادم أي نحو اليمين.

❖ الرمز (A) يمثل النظام قبل التصادم مباشرة.

❖ الرمز (B) يمثل النظام بعد التصادم مباشرة.

❖ الرمز (C) يمثل النظام عند أقصى ارتفاع.

⊂ نقوم بتطبيق قانون حفظ الزخم الخطي على النظام قبل التصادم مباشرة وبعد التصادم مباشرة.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f$$

$$m_1 v_{1i} = (m_1 + m_2) v_f \rightarrow v_f = \frac{m_1 v_{1i}}{m_1 + m_2}$$

⊂ أثناء حركة الصندوق وفي داخله الرصاصة بعد التصادم من نقطة التصادم عند (B) وصولًا إلى أقصى ارتفاع (h) عند (C) تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة:

$$ME_B = ME_C \rightarrow KE_B + PE_B = KE_C + PE_C$$

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

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

$$\frac{1}{2}(m_1+m_2){v_f}^2 = (m_1+m_2)gh$$

$${v_f}^2 = \frac{2(m_1+m_2)gh}{(m_1+m_2)} = 2gh \rightarrow v_f = \sqrt{2gh}$$

$$v_f = \frac{m_1 v_{1i}}{m_1+m_2} \rightarrow \sqrt{2gh} = \frac{m_1 v_{1i}}{m_1+m_2}$$

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

✪ لحساب سرعة الرصاصة قبل التصادم مع البندول القذفي:

$$v_{Ai} = \frac{m_1+m_2}{m_1}\sqrt{2gh}$$

✪ لحساب سرعة الجسمين بعد التحام الرصاصة مع البندول القذفي بعد التصادم:

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

✪ معادلة حفظ الزخم في حالة البندول القذفي:

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

سؤال أطلق سعد سهمًا كتلته (0.03 kg) أفقيًا باتجاه بندول قذفي كتلته (0.72 kg)، فاصطدم به والتحما معًا بحيث كان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له يساوي (20 cm) باعتبار تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$)، أجيب عما يأتي:

أ - أي مراحل حركة النظام المكون من البندول والسهم يكون فيها الزخم الخطي محفوظًا؟

يكون الزخم محفوظًا في التصادم عديم المرونة.

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

تكون الطاقة الميكانيكية للسهم محفوظة قبل التصادم كما تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للبندول والسهم بدءًا من حركتهما معًا بعد التصادم مباشرة وحتى وصولهما لأقصى ارتفاع وذلك عند إهمال قوى الاحتكاك.

جـ - احسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم.

$$v_{1i} = \frac{m_1+m_2}{m_1}\sqrt{2gh} = \frac{0.03+0.72}{0.03}\sqrt{2 \times 10 \times 0.20} = 50\ m/s$$

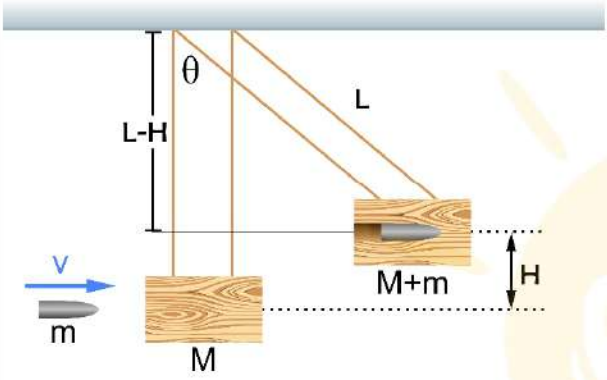
تمرين أطلق محقق رصاصة كتلتها (0.030 kg) أفقيًا باتجاه بندول قذفي كتلته (0.97 kg)، فاصطدمت به والتحما معًا، فكان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له (45 cm). أحسب مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة.

$$v_{1i} = \frac{m_1+m_2}{m_1}\sqrt{2gh} = \frac{0.030+0.97}{0.030}\sqrt{2 \times 10 \times 0.45} = 100\ m/s$$

سؤال إضافي اصطدمت رصاصة كتلتها (20 g) بقطعة خشبية مُعلقة كتلتها (980 g) فاستقرت بها، وارتفعت المجموعة عن وضع الاتزان (10 cm). احسب سرعة الرصاصة قبل التصادم مباشرة.

$$v_{1i} = \frac{m_1+m_2}{m_1}\sqrt{2gh} = \frac{0.02+0.98}{0.02}\sqrt{2 \times 10 \times 0.1} = 70.7\ m/s$$

سؤال إضافي تُطلق رصاصة كتلتها (8 g) في اتجاه أفقي وتنغرز في جسم خشبي كتلته (9 kg) مُعلق رأسيًا في خيط طوله (50 cm) فيتحرك الجسمان معًا بسرعة (0.4 m/s). جد مقدار الزاوية التي يصنعها الخيط مع الرأسي بعد التصادم.



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

$$\Rightarrow 0.4^2 = 2 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0.008\,m$$

$$cos\theta = \frac{L-H}{L} = \frac{0.5-0.008}{0.5} = 0.984$$

$$\theta = 10.26^o$$

QUIZ TIME قطعة من الخشب كتلتها (990 g) مُعلقة بخيط طوله (20 cm) مُثبت من طرفه العلوي، أطلقت عليه رصاصة كتلتها (10 g) فاستقرت فيها ولوحظ أن أقصى ميل للخيط عن الرأسي (60^o). يبلغ مقدار سرعة الرصاصة قبل التصادم:

(A) 140 m/s (B) 45 m/s (C) 220 m/s (D) 107 m/s

QUIZ TIME في السؤال السابق إذا استغرقت الرصاصة في اختراق القطعة الخشبية (1 ms) فإن مقدار القوة التي تأثرت بها القطعة الخشبية:

(A) 1980 N (B) 980 N (C) 1386 N (D) 533 N

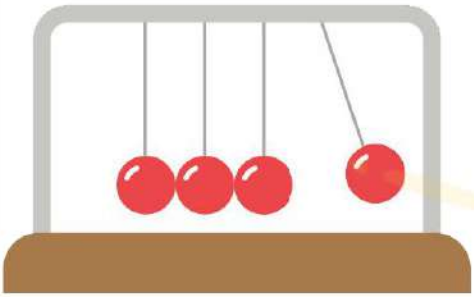
سؤال إضافي إذا تصادم جسمان متماثلان في الكتلة أحدهما ساكن والآخر متحرك تصادمًا عديم المرونة. جد النسبة بين الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم وبعد التصادم.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow mv_{1i} + mv_{2i} = (m+m)v_f \rightarrow mv_{2i} = (2m)v_f$$

$$v_f = \frac{v_{2i}}{2} \rightarrow \frac{KE_i}{KE_f} = \frac{\frac{1}{2}mv_{1i}^2 + 0}{\frac{1}{2}(2m)v_{2i}^2} = \frac{v_{1i}^2}{2(\frac{v_{2i}}{2})^2} = \frac{1}{\frac{2}{4}} = 2$$

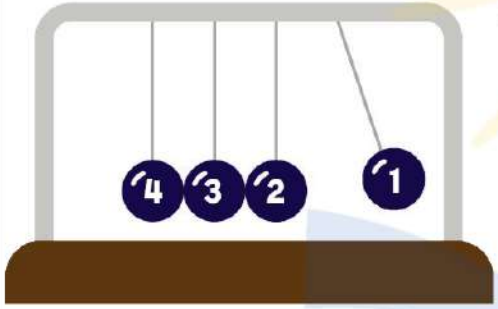
حالات خاصة من التصادم

☑ في التصادم المرن (كما في لعبة كرات نيوتن) عند اصطدام كرة متحركة مع كرة ساكنة فإن الكرة المتحركة تسكن أي تتوقف عن الحركة والثانية تتحرك بنفس سرعة الأولى وتنطبق هذه القاعدة فقط في حال كانت الكرات متماثلة في الكتلة.



⊂ تنطبق هذه الملاحظة على التصادم الحاصل بين جسم متحرك وعدة أجسام ساكنة.

⊂ عند اصطدام الكرة الأولى بمجموعة كرات ساكنة و متماثلة في الكتلة فإن طاقة الكرة المتحركة تنتقل للكرة الثانية فالثالثة وهكذا حتى تنتقل لآخر كرة وتتحرك الكرة الأخيرة بنفس طاقة وسرعة الكرة الأولى.



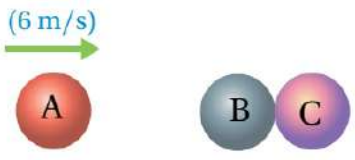
⊂ لو قمنا برفع كرتين قم تركا ليصطدما بالمجموعة فعندها سترتفع كرتين وهكذا.

⊂ من خلال هذه اللعبة يتضح لنا أن التلامس ليس شرطًا لحدوث التصادم.

سؤال ما مكونات لعبة كرات نيوتن وما آلية عملها؟

هذه اللعبة تتكون من عدة كرات فلزية متماثلة متراصة معلقة بخيوط خفيفة، عند سحب إحدى الكرات الفلزية الخارجية نحو الخارج ثم إفلاتها فإنها تصطدم تصادمًا مرنًا بالكرة التي كانت مجاورة لها وبدلًا من حركة هذه الحركة نلاحظ بإن الكرة الخارجية على الجانب الآخر من اللعبة تقفز في الهواء.

سؤال إضافي ثلاث كرات متماثلة في الكتلة، عند اصطدام (A) فإنه بعد التصادم:



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

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

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

(D) تسكن الكرات الثلاثة بسرعة مقدارها (2 m/s).

سؤال إضافي NERD جسم كتلته (m) وسرعته (v)، اصطدم بجسم ساكن مماثل له في الكتلة تصادم تام المرونة فإن نسبة الطاقة التي يفقدها الجسم الأول:

(A) 50% (B) 25% (C) 100% (D) 0%

QUIZ TIME اصطدم كتلته (m) وسرعته (v) تصادمًا عديم المرونة مع جسم آخر كتلته (3) أمثال الأول، فاحسب مقدار الطاقة الضائعة نتيجة التصادم.

تمرين تظهر في الشكل أدناه لعبة شهيرة تسمى كرات نيوتن، تتكون من كرات عدة فلزية متماثلة متراصة معلقة بخيوط خفيفة. عند سحب إحدى الكرات الفلزية الخارجية نحو الخارج ثم إفلاتها، فإنها تصطدم تصادمًا مرنًا بالكرة التي كانت مجاورة لها، وبدلاً من حركة هذه الكرة ألاحظ أن الكرة الخارجية على الجانب الآخر من اللعبة تقفز في الهواء.

أ- فسر ما الذي حدث؟

عند اصطدام الكرة الأولى بمجموعة كرات ساكنة و متماثلة في الكتلة فإن طاقة الكرة المتحركة تنتقل للكرة الثانية فالثالثة وهكذا حتى تنتقل لآخر كرة وتتحرك الكرة الأخيرة بنفس طاقة وسرعة الكرة الأولى حتى تتحقق معادلة حفظ الزخم الخطي.

ب- ماذا سيحدث إذا سحبت كرتين من الجانب الأيسر جانبيًا ثم أفلتهما معًا؟

لو قمنا برفع كرتين ثم تُركا ليصطدما بالمجموعة فعندها سترتفع كرتين من الجانب الآخر وهكذا.

جـ- ماذا سيحدث إذا رفعت الكرتين الخارجيتين كلتيهما على الجانبين إلى الارتفاع نفسه وأفلتهما في اللحظة نفسها؟

درّب نفسك

سؤال 01 قذيفة كتلتها (2 kg) انطلقت أفقيًا بسرعة (200 m/s) من فوهة مدفع كتلته (500 kg)، ما سرعة ارتداد المدفع؟

أ) $1.25\ m/s$ ب) $0.75\ m/s$ ج) $0.8\ m/s$ د) $2.5\ m/s$

سؤال 02 كرة كتلتها (m) وتسير بسرعة (v)، اصطدمت بحائط وارتدت بنصف سرعتها ، فإن الطاقة الضائعة نتيجة التصادم تساوي:

أ) $\frac{1}{2}mv^2$ ب) $\frac{3}{8}mv^2$ ج) $\frac{1}{4}mv^2$ د) $\frac{1}{8}mv^2$

سؤال 03 في التصادم غير المرن تكون النسبة بين طاقتي الحركة للنظام بعد التصادم وقبل التصادم:

أ) أصغر من (1) ب) أكبر من (1) ج) تساوي (1) د) صفرًا

سؤال 04 إذا سقطت كرة من ارتفاع معين عن سطح الأرض وارتدت إلى نفس الارتفاع فإن التصادم:

أ) مرن ب) عديم المرونة ج) غير مرن د) الفرع (ب) و (ج).

سؤال 05 كرة كتلتها (m_1) اصطدمت بكرة أخرى ساكنة تصادمًا مرنًا وكتلتها (m_2) فارتدت الكرة الأولى للخلف بسرعة مساوية لثلث سرعتها الأصلية فإن:

أ) $m_1 = m_2$ ب) $m_1 = 2m_2$ ج) $m_2 = 2m_1$ د) $m_2 = 3m_1$

سؤال 06 أي الكميات الفيزيائية تبقى محفوظة دائما في أي عملية تصادم في نظام معزول:

أ) السرعة ب) الطاقة الحركية ج) الزخم الخطي د) الطاقة الميكانيكية

سؤال 07 ما الصيغة التي تمثل القانون الثالث لنيوتن في التصادم بين جسمين:

أ) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ ب) $\Delta p_1 = -\Delta p_2$ ج) $\Delta p = 0$ د) $p = 0$

سؤال 08 عند اصطدام كرتين إحداهما أكبر كتلة من الأخرى، فإن مقدار القوة التي تحدثها كل منهما على الأخرى تكون:

أ) الكتلة الأكبر تحدث قوة أكبر ب) الكتلة الأصغر تحدث قوة أكبر

ج) القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه

د) تعتمد على مقدر وسرعة الأجسام بعد التصادم

سؤال 09 جسم كتلته (5 kg) يتحرك بسرعة (6 m/s)، اصطدم بجسم آخر ساكن فكونا جسمًا واحدًا سرعته بعد التصادم (2 m/s) فإن كتلة الجسم الثاني بعد التصادم بوحدة (kg) تساوي:

أ) 2.5 ب) 5 ج) 10 د) 20

سؤال 10 أي العبارات التالية تميز مفهوم التصادم المرن:

أ) الزخم محفوظ ب) الطاقة الحركية محفوظة

ج) تحتفظ الأجسام بسرعته الأصلية قبل التصادم د) جميع ما ذكر

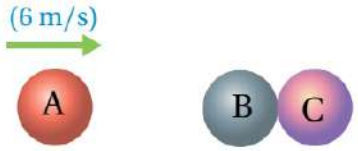
سؤال 11 اصطدمت كرة كتلتها (2 kg) تتحرك بسرعة (2 m/s) بكرة كتلتها (3 kg) تصادمًا مرنًا، فما مقدار التغير في الطاقة الحركية الناتجة عن التصادم بوحدة الجول؟

أ) 0 ب) $\frac{1}{4}$ ج) $\frac{1}{3}$ د) $\frac{1}{2}$

سؤال 12 كتلة خشبية (990 g) مُعلقة بخيط مُثبت من طرفه العلوي وطوله (40 cm)، أطلقت عليها رصاصة كتلتها (10 g) فاستقرت فيها ولوحظ أن أقصى ميل للخيط عن الرأسي (60°)، فإن مقدار سرعة الرصاصة قبل اصطدامها بقطعة الخشب:

أ) $125\ m/s$ ب) $200\ m/s$ ج) $310\ m/s$ د) $81\ m/s$

سؤال 13 في الشكل المجاور ثلاث كرات زجاجية متماثلة في الكتلة، إذا تحركت الكرة (A) بسرعة مقدارها (6 m/s) نحو الكرتين (B) و (C) الساكنتين والمتلامستين فاصطدمت بالكرة (B) تصادمًا مرنًا -بإهمال 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).

ج) تسكن الكرة (A) وتتحرك الكرتان (B) و (C) بسرعة (2 m/s).

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

سؤال 14 تصادم جسمان ($m_1 = 4m_2$) ولحظة التصادم أثر الأول على الثاني بقوة (20 N) نحو ($+x$)، تكون القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني على الأول:

أ) $5\ N, -x$ ب) $20\ N, -x$ ج) $5\ N, +x$ د) $80\ N, -x$

مدرسة الفيزياء

حل أسئلة مراجعة الدرس الثاني

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

يمكننا تقسيم التصادمات بسحب حفظ الطاقة الحركية إلى تصادم مرنة وتصادم غير مرن. في كلًا النوعين يكون الزخم والدفع محفوظًا لكن الطاقة الحركية تكون محفوظة فقط في التصادم المرن بينما يضيع جزء من الطاقة الحركية في التصادم غير المرن.

سؤال 2 فسر: عندما تتصادم سيارتان فإنهما عادة لا تلتحمان معًا، فهل يعني ذلك أن تصادمهما مرن؟ وضح إجابتك.

عند تصادم جسمين بدون التحام كل منهما فليس بالضرورة أن يعني ذلك أن التصادم الحاصل تصادم مرن فقد يكون التصادم غير مرن لأنه التصادم المرن وغير المرن يحدث دون التحام والتصادم عديم المرونة هو الوحيد الذي يحدث فيه التحام.

سؤال 3 تصادم جسمان تصادمًا مرنًا. أجيب عما يأتي:

أ - هل مقدار الزخم الخطي لكل جسم قبل التصادم يساوي مقدار زخمه الخطي بعد التصادم؟ فسر إجابتك.

لا والسبب هو اختلاف سرعة الجسم قبل التصادم وبعد التصادم.

ب - هل مقدار الطاقة الحركية لكل جسم قبل التصادم يساوي مقدار طاقته الحركية بعد التصادم؟ فسر إجابتك.

لا بسبب تغير سرعة الجسم بينما مجموع الطاقة الحركية قبل التصادم يكون مساويًا لمجموع الطاقة الحركية بعد التصادم.

سؤال 4 كرة صلصال كتلتها (2 kg) تتحرك شرقًا بسرعة ثابتة وتصطدم بكرة صلصال أخرى ساكنة، فتلتحمان معًا وتتحركان شرقًا سرعة يساوي مقدارها ربع مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى. احسب مقدار كتلة الكرة الثانية.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

$$2 \times v_{Ai} + 0 = (2 + m_B) \frac{1}{4} v_{Ai}$$

$$2 \times v_{Ai} = (2 + m_B) \frac{1}{4} v_{Ai} \rightarrow 2 = \frac{1}{4} (2 + m_B) \rightarrow m_B = 6\ kg$$

سؤال 5 كرتا بلياردو (A,B) لهما الكتلة نفسها وتتحركان في الاتجاه نفسه في خط مستقيم، كما هو موضح في الشكل. قبل التصادم، مقدار سرعة الكرة (A) يزيد بمقدار (1.2 m/s) عن مقدار سرعة الكرة (B). بعد التصادم، مقدار سرعة الكرة (A) يساوي مقدار سرعة الكرة (B) قبل التصادم، ومقدار سرعة الكرة (B) يزيد بمقدار (1.2 m/s) عن مقدار سرعة الكرة (A). هل التصادم مرن أم غير مرن؟ موضحًا السبب.

$m_A = m$	$v_{Ai} = v + 1.2$	$v_{Bi} = v$
$m_B = m$	$v_{Af} = v$	$v_{Bf} = v + 1.2$

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

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

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

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

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

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

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times m \times ((v)^2 + (v + 1.2)^2) - [\frac{1}{2} \times m \times ((v)^2 + (v + 1.2)^2)] = 0\ J$$

بما أن التغير في الطاقة الحركية يساوي صفرًا فهذا يعني أن التصادم مرن.

سؤال 6 تتحرك شاحنة غربًا بسرعة ثابتة، فتصطدم تصادمًا عديم المرونة مع سيارة صغيرة تتحرك شرقًا بمقدار سرعة الشاحنة نفسه. أجيب عما يأتي:

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

$m_A \rightarrow$ الشاحنة	$v_{A_i} = -v$	$v_{B_i} = +v$
$m_B \rightarrow$ السيارة	$v_f = ??$	

$$\Delta p_A = m_A(v_f - -v) = m_A(v_f + v)$$

$$\Delta p_B = m_B(v_f - v) = m_B(v_f - v)$$

$$\Delta p_A > \Delta p_B$$

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

$$\Delta KE_A = \frac{1}{2} m_A(v_f)^2 - \frac{1}{2} m_A(-v)^2 = \frac{1}{2} m_A({v_f}^2 - v^2)$$

$$\Delta KE_B = \frac{1}{2} m_B(v_f)^2 - \frac{1}{2} m_A(v)^2 = \frac{1}{2} m_A({v_f}^2 - v^2)$$

$$m_A > m_B$$

$$\Delta KE_A > \Delta KE_B$$

أسئلة التفكير الواردة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

سؤال 01 ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

(1) أي مما يأتي زخمه الخطي أكبر: قارب مُثبت برصيف ميناء أم قطرة مطر ساقطة؟

أ) القارب　　ب) قطرة الماء

ج) لهما الزخم الخطي نفسه　　د) الجسمان لا يملكان زخمًا خطيًا

---

(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) 450

$$p = mv \Rightarrow 150 = 30 \times v \Rightarrow v = 5\ m/s$$

---

(3) إذا تضاعف مقدار سرعة الجسم مرتان، فإن مقدار زخمه الخطي:

أ) لا يتغير　　ب) يتضاعف مرتان

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

$$p = mv \Rightarrow p' = m2v = 2mv = 2p$$

---

(4) يقفز قصي من قارب ساكن كتلته (400 kg) إلى الشاطئ، فيتحرك القارب مبتعدًا عن الشاطئ بسرعة أفقية مقدارها (1 m/s). إذا علمت أن كتلة قصي (80 kg)، فما مقدار سرعة حركته؟ وما اتجاهها؟

$A \rightarrow$ القارب , $B \rightarrow$ قصي

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow \sum p_{\text{قصي والقارب}} = \sum p_{\text{قصي}} + \sum p_{\text{القارب}}$$

$$m_{AB}v_i = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$(400 + 80)(0) = 400 \times (-1) + 80 \times v_{Bf}$$

$$400 = 80 \times v_{Bf} \rightarrow v_{Bf} = 5\ m/s = 5\ m/s, +x = 5\ m/s,$$ نحو الشاطئ

سؤال 02 رمت دعاء كرة كتلتها (0.18 kg) أفقيًا بسرعة مقدارها (20 m/s) باتجاه محور ($+x$)، فضربتها صديقتها مريم بالمضرب، حيث ارتدت الكرة بالاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها (30 m/s). أجيب عما يأتي:

أ- أحسب مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة.

$$\Delta p = m(v_f - v_i) = 0.18 \times (-30 - 20) = -9\ kg.m/s = 9\ kg.m/s, -x$$

ب- أحسب مقدار الدفع المؤثر في الكرة، وحدد اتجاهه.

$$I = \Delta p = 9\ kg.m/s, -x$$

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

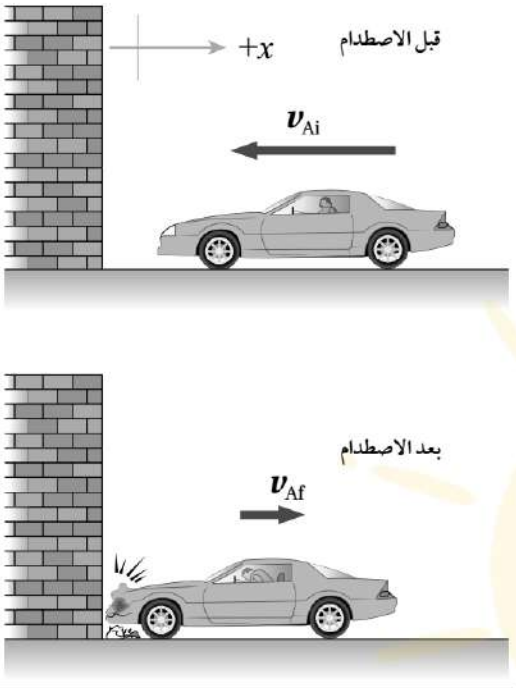
$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-9}{0.60} = -15\ N = 15\ N\ , -x$$

سؤال 03 عند تحرك سيارة في مسار دائري بسرعة ثابتة مقدارًا، فهل يتغير زخمها الخطي؟ فسر إجابتك.

عند الحركة في مسار دائري تكون السرعة ثابتة المقدار لذلك لا يحدث تغير في الزخم الخطي.

سؤال 04 تتحرك بسرعة ثابتة، حيث كان مقدار زخمها الخطي يساوي (12 kg.m/s). إذا أضفت أثقالاً إلى العربة بحيث تضاعفت كتلتها مرتين مع بقاء سرعتها ثابتة، فكم يصبح مقدار زخمها الخطي؟

$$p = mv \Rightarrow p' = 2mv = 2p = 12\ kg.m/s\ , +x$$



تعريض سيارة لحادث اصطدام بحاجز.

سؤال 05 لاختبار مستوى الأمان في السيارات، وفاعلية الوسائد الهوائية، وأحزمة الأمان فيها، توضع دمية مكان السائق ثم يجري تعريض السيارة لحادث اصطدام بحاجز كما هو موضح في الشكل. إذا علمت أن كتلة السيارة (1500 kg) وسرعتها قبل الاصطدام (15 m/s) غربًا، وسرعتها بعد الاصطدام مباشرة (3 m/s) شرقًا، وزمن التلامس بين السيارة والحاجز (0.15 s)، جد ما يأتي:

أ- الدفع الذي يؤثر به الحاجز في السيارة.

$$I = \Delta p = m(v_f - v_i)$$
$$I = \Delta p = 1500(3 - -15)$$
$$I = \Delta p = 27000\ kg.m/s, +x$$

ب- القوة المتوسطة التي يؤثر بها الحاجز في السيارة.

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

مدرسة الفيزياء

حل أسئلة مراجعة الوحدة الأولى

سؤال 1 ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

(1) وحدة قياس الزخم الخطي حسب النظام الدولي للوحدات، هي:

$kg.m/s$

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

زاد الدفع المؤثر فيه، وزاد التغير في زخمه الخطي.

(3) يعتمد الزخم الخطي لجسم على:

كتلته وسرعته المتجهة.

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

$p = mv = 10 \times 5 \rightarrow p = 50\ kg.m/s, +x$

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

$p = -9 \times 10^4 N.s, +x = 9 \times 10^4\ N.s, -x$

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

$p = mv \rightarrow p' = 2m \times v \rightarrow p' = 2p \rightarrow$ يتضاعف مرتان

(7) صندوقان (A,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:

$$\sum F_A = \sum F_B \Rightarrow \frac{\Delta p_A}{\Delta t} = \frac{\Delta p_B}{\Delta t} \Rightarrow \Delta p_A = \Delta p_B$$

$$p_A - 0 = p_B - 0 \Rightarrow p_A = p_B$$

$$KE = \frac{p^2}{2m} \rightarrow KE_A < KE_B$$

$$p_A = p_B \, , \, KE_A < KE_B$$

---

(8) رُميت كرة كتلتها (m) أفقيا بسرعة مقدارها (v) نحو جدار، فارتدت الكرة أفقيا بمقدار السرعة نفسها. أن مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة يساوي:

$$\Delta p = m(v_f - v_i) = m(-v - v) = m(-2v) \rightarrow \Delta p = 2mv$$ المقدار

---

(9) كرة (A) تتحرك بسرعة (2 m/s) غربًا، فتصطدم بكرة أخرى ساكنة (B) مماثلة لها تصادمًا مرنًا في بعد واحد. إذا توقفت الكرة (A) بعد التصادم، فإن مقدار سرعة الكرة (B) واتجاهها بعد التصادم يساوي :

$m_A = m\ kg$	$v_{A_i} = -2\ m/s$	$v_{B_i} = 0\ m/s$
$m_B = m\ kg$	$v_{A_f} = 0\ m/s$	$v_{B_f} = ??$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$m \times -2 + m \times 0 = m \times 0 + m \times v_{B_f} \rightarrow v_{Bf} = -2\ m/s = 2\ m/s\ , -x$$

(10) يركض عمر شرقًا بسرعة (4 m/s) ويقفز في عربة كتلتها (90 kg) تتحرك شرقًا بسرعة مقدارها (1.5 m/s). إذا علمت أن كتلة عمر (60 kg)، فما مقدار سرعة حركة عمر والعربة معًا؟ وما اتجاهها؟

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$
$$60 \times 4 + 90 \times 1.5 = (90 + 60) v_f$$
$$375 = (150) v_f \rightarrow v_f = 2.5\ m/s\ , +x$$

---

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

$m_A = 50\ kg$	$v_{A_i} = 0\ m/s$	$v_{B_i} = 0\ m/s$
$m_B = 300\ kg$	$v_{A_f} = 3\ m/s$	$v_{B_f} = ??$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$50 \times 0 + 300 \times 0 = 50 \times 3 + 300 \times v_{B_f} \rightarrow v_{B_f} = -0.5\ m/s$$
$$v_{B_f} = 0.5\ m/s, -x \rightarrow \text{بعيدًا عن الشاطئ}$$

أقرأ الفقرة الآتية، ثم أجب عن الأسئلة (12-14) بافتراض الاتجاه الموجب باتجاه محور ($+x$). سيارة رياضية كتلتها (1000 kg) تتحرك شرقًا ($+x$) بسرعة ثابتة مقدارها (90 m/s)، فتصطدم بشاحنة كتلتها (3000 kg) تتحرك في الاتجاه نفسه. بعد التصادم التحمتا معًا وتحركتا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادم بسرعة مقدارها (25 m/s).

(12) ما الزخم الخطي الكلي للسيارة والشاحنة بعد التصادم؟

$$\sum p_f = (m_A + m_B) v_f = (1000 + 3000) \times 25 = 1 \times 10^5 kg.m/s$$

(13) ما الزخم الخطي الكلي للسيارة والشاحنة قبل التصادم؟

$$\sum p_i = \sum p_f = 1 \times 10^5 kg.m/s$$

(14) ما السرعة المتجهة للشاحنة قبل التصادم مباشرة؟

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$
$$1000 \times 90 + 3000 \times v_{Bi} = (1000 + 3000) \times 25$$
$$90000 + 3000 \times v_{Bi} = 100000 \rightarrow 3000 \times v_{Bi} = 10000$$
$$v_{Bi} = 3.3\ m/s, +x$$

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

الدفع.

سؤال 2 **فسر ما يأتي:**

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

عند قذف أو رمي الحقيبة بسرعة للأمام يتكون رد فعل يؤثر بقوة تدفع جسم نرجس بالاتجاه المعاكس لاتجاه رمي الحقيبة وقذفه حتى يبقى الزخم محفوظًا للنظام.

ب - تُغطى أرضية ساحات الألعاب بالعشب أو الرمل، حيث يكمن خطر سقوط الأطفال.

عدما يقع الطفل على أرضية صلبة تكون (Δt) صغيرة جدا وبذلك تكون قوة دفع الأرض على الجسم كبيرة جدا على عكس العشب فإن (Δt) كبيرة حيث يحتاج فترة زمنية أكبر لانغراز الطفل في الأرض وبذلك تكون قوة دفع الأرض للطفل صغيرة جدا.

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

أ -هل يتحرك القارب أم لا؟ مفسرًا إجابتك.

نعم يتحرك القارب عكس اتجاه حركة الصياد حتى يبقى زخم النظام محفوظًا أي يبقى الزخم الابتدائي مساوي للزخم النهائي.

ب -قارن بين مجموعة الزخم الخطي للقارب والصياد قبل بدء حركة الصياد وبعد حركته.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

سؤال 4 جسمان (A,B) لهما الطاقة الحركية نفسها، هل يكون لهما مقدار الزخم الخطي نفسه؟ فسر إجابتك.

لا، لا يكون لهما نفس مقدار الزخم الخطي فليس شرطًا أن يكون لهما نفس السرعة أو الكتلة إذا كان لهما نفس الطاقة الحركية.

سؤال 5 حمل رائد فضاء حقيبة معدات خاصة لإصلاح خلل في الهيكل الخارجي للمحطة الفضائية، وفي أثناء ذلك انقطع الحبل الذي يثبته بها. اقترح طريقة يمكن أن يعود بها الرائد إلى المحطة الفضائية. مفسرًا إجابتك.

اقترح أن يقوم رائد الفضاء رمي حقيبة المعدات بأقصى قوة وسرعة باتجاه معاكس للمحطة الفضائية حتى يتكون رد فعل قوة تدفع رائد الفضاء بسرعة وزخم نحو المحطة الفضائية.

سؤال 6 في أثناء دراسة غيث لهذا الدرس، قال: (إن وسائل الحماية في السيارات قديمًا أفضل منها في السيارات الحالية، إذ أن هياكل السيارات الحديثة مرنة تتشوه بسهولة عند تعرض السيارة لحادث، على عكس هياكل السيارات القديمة الصلبة)) ناقش صحة قول غيث.

كلام غيث غير صحيح لأن الهياكل المرنة تجعل فترة التصادم أكبر وبالتالي يكون مقدار القوة المحصلة المؤثرة في السيارة والركاب أقل.

سؤال 7 تتحرك سيارة كتلتها (1.35×10^3 kg) بسرعة مقدارها (15 m/s) شرقًا، فتصطدم بجدار وتتوقف تمامًا خلال فترة زمنية مقدارها (0.115 s)، فأحسب مقدار ما يأتي:

أ -التغير في الزخم الخطي للسيارة.

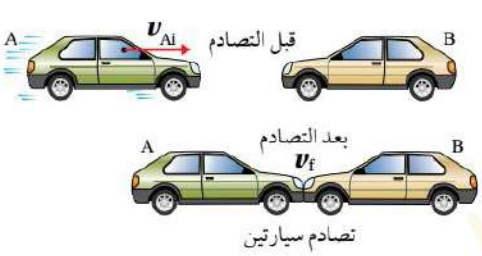
$$\Delta p = m(v_f - v_i) = (1.35 \times 10^3) \times (0 - 15) = -20250\ kg.m/s$$

$$\rightarrow \Delta p = 20250\ kg.m/s, -x$$

ب -القوة المتوسطة التي يؤثر بها الجدار في السيارة.

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-20250}{0.115} = -176086\ N = 176086\ N, -x$$

سؤال 8 السيارة (A) كتلتها (1.1×10^3 kg) تتحرك بسرعة (6.4 m/s) باتجاه محور ($+x$)، فتصطدم رأسًا برأس بسيارة ساكنة (B) كتلتها (1.2×10^3 kg)، وتلتحم السيارتان معًا بعد التصادم و تتحركان على المسار المستقيم نفسه قبل التصادم، كما هو موضح في الشكل المجاور. أحسب مقدار يأتي:



أ -سرعة السيارتين بعد التصادم وحدد اتجاه كل منهما.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$
$$1100 \times 6.4 + 1200 \times 0 = (1100 + 1200) v_f$$
$$v_f = 3.06\ m/s\ , +x$$

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

$$I_{BA} = I_A = \Delta p_A = m_A(v_{Af} - v_{Ai}) = 1100 \times (3.06 - 6.4)$$
$$I_{BA} = -3674\ N.m = 3674\ N.m, -x$$

سؤال 9 جسم ساكن موضوع على سطح أفقي أملس يتكون من جزأين (A,B) كتلة الجزء (A) تساوي (8×10^2 kg) وكتلة الجزء (B) تساوي (1.5×10^3 kg). إذا انفصل الجزء (B) عن الجزء (A) وتحرك مبتعدًا بسرعة (10 m/s)، فأحسب مقدار ما يأتي:

أ -سرعة اندفاع الجزء (A) وحدد اتجاهها.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$0 + 0 = 800 \times v_{A_f} + 1500 \times 10$$
$$v_{A_f} = -18.75\ m/s = 18.75\ m/s, -x$$

ب -الدفع المؤثر في الجزء (A).

$$I_A = \Delta p_A = m_A(v_{Af} - v_{Ai}) = 800 \times (-18.75 - 0)$$
$$I_{BA} = -15000\ N.m = 15000\ N.m, -x$$

سؤال 10 في أثناء دراسة رُويدا هذه الوحدة، قالت: (إنه عندما يقفز شخص من ارتفاع معين عن سطح الأرض، فإنه يتعين عليه أن يبقى رجليه ممدودتين لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض حفاظًا على سلامته)). ناقش صحة قول رُويدا بناء على المفاهيم الفيزيائية التي تعلمتها في هذه الوحدة.

كلام رويدا غير صحيح لأنه عند ثني الشخص لركبتيه فإنه يزيد من فترة التلامس بين قدميه والأرض وهذا الانحناء يعمل على تقليل قوة الدفع المؤثرة وبالتالي يقلل أثر الارتطام بالأرض أما إذا سقط رجليه ممدودتين فإنه يزيد مقدار قوة الدفع المؤثرة على الجسم مما يزيد من فرصة إصابته.

سؤال 11 أثرت قوة محصلة مقدارها (1×10^3 N) في جسم ساكن كتلته (10 kg) وحرّكته باتجاهها فترة زمنية مقدارها (0.01 s). أحسب مقدار ما يأتي:

أ -التغير في الزخم الخطي للجسم.

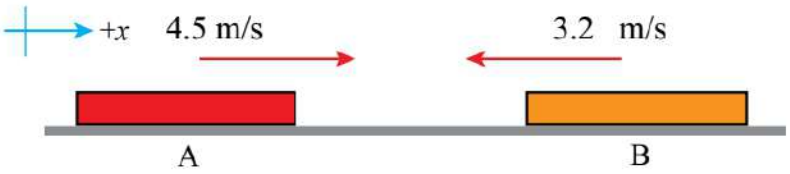
$$\Delta p = \sum F\,\Delta t = 1000 \times 0.01 = 10\ kg.m$$

ب -السرعة النهائية للجسم

$$\Delta p = p_f - p_i \rightarrow 10 = p_f - 0 \rightarrow p_f = 10\ kg.m/s, +x$$

$$p_f = mv_f \rightarrow 10 = 10v_f \rightarrow v_f = 1\ m/s$$

سؤال 12 جسمان (A,B)، ينزلقان باتجاهين متعاكسين على مسار أفقي مستقيم أملس كما هو موضح في الشكل، فيصطدمان رأسًا برأس ويرتدان باتجاهين متعاكسين على المسار المستقيم نفسه. إذا علمت أن كتلة الجسم (A) تساوي (0.28 kg)، وسرعة الجسمين بعد التصادم مباشرة: ($v_{Af} = -1.9\ m/s$) و ($v_{Bf} = 3.7\ m/s$)، فأجيب عما يأتي:



أ -احسب مقدار كتلة الجسم (B).

$m_A = 0.28\ kg$	$v_{Ai} = 4.5\ m/s$	$v_{Af} = -1.9\ m/s$
$m_B = ?!$	$v_{Bi} = -3.2\ m/s$	$v_{Bf} = 3.7\ m/s$

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$0.28 \times 4.5 + m_B \times -3.2 = 0.28 \times -1.9 + m_B \times 3.7$$
$$1.26 + m_B \times -3.2 = -0.532 + m_B \times 3.7$$
$$3.7m_B + 3.2m_B = 1.26 + 0.532 \rightarrow 6.9m_B = 1.792$$
$$m_B = 0.25\ kg$$

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

$$F_{21} = -F_{12} \rightarrow \frac{\Delta p_1}{\Delta t} = \frac{-\Delta p_2}{\Delta t} \rightarrow \Delta p_1 \Delta t = -\Delta p_2 \Delta t$$
$$\Delta p_1 = -\Delta p_2 \rightarrow (p_{1f} - p_{1i}) = (p_{2f} - p_{2i}) = p_{2i} - p_{2f}$$
$$p_{1f} - p_{1i} = -(p_{2i} - p_{2f}) \rightarrow p_{1f} - p_{1i} = p_{2f} - p_{2i}$$
$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

جـ -وضح هل التصادم مرن أم غير مرن؟

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

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times 0.28 \times (-1.9)^2 + \frac{1}{2} \times 0.25 \times 3.7^2 - [\frac{1}{2} \times 0.28 \times 4.5^2 + \frac{1}{2} \times 0.25 \times (-3.2)^2]$$

$$\Delta KE = 2.216 - 4.115 = -1.889\ J$$

بما أن التغير في الطاقة الحركية للنظام سالب فهذا يعني حدوث نقص في الطاقة الحركية والكرتان لم تلتحما بعد التصادم وبالتالي فالتصادم غير مرن.

سؤال 13 أطلقت مريم سهمًا كتلته (0.20 kg) أفقيًا 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.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$
$$0.20 \times (-15) + 5.8 \times 0 = (0.20 + 5.8) v_f \rightarrow -3 = 6 v_f$$
$$\rightarrow v_f = -0.5\ m/s = 0.5\ m/s, -x$$

ب -التغير في الطاقة الحركية للنظام.

بما أن الجسمين بعد التصادم التحما معًا فهذا يعني أن التصادم الحاصل هو تصادم عديم المرونة وأيضا في التصادمات عديمة المرونة لا تكون الطاقة الحركية محفوظة.

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

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times (0.20 + 5.8) \times (-0.5)^2 - [\frac{1}{2} \times 0.20 \times (-15)^2 + 0]$$
$$\Delta KE = 0.75 - 22.5 = -21.75\ J$$

سؤال 14 تنزلق كرة زجاجية كتلتها (0.015 kg) باتجاه الغرب بسرعة مقدارها (0.225 m/s)، فتصطدم رأسًا برأس بكرة أخرى كتلتها (0.030 kg) تنزلق شرقًا بسرعة مقدارها (0.180 m/s). بعد التصادم ارتدت الكرة الأولى شرقًا بسرعة مقدارها (0.315 m/s). أجيب عما يأتي:

أ -احسب مقدار سرعة الكرة الثانية بعد التصادم، وحدد اتجاهها.

$$\sum p_i = \sum p_f \rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$0.015 \times -0.225 + 0.030 \times 0.180 = 0.015 \times 0.315 + 0.030 \times v_{B_f}$$
$$-0.003375 + 0.0054 = 0.004725 + 0.030 \times v_{B_f}$$
$$-0.0027 = 0.030 \times v_{B_f} \rightarrow v_{B_f} = -0.09\ m/s = 0.09\ m/s, -x$$

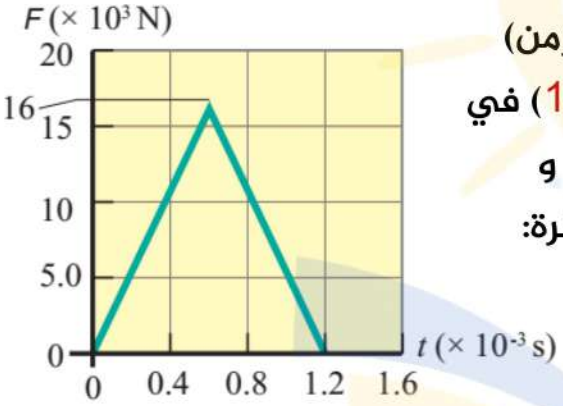
ب -حدد نوع التصادم.

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

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times 0.015 \times (0.315)^2 + \frac{1}{2} \times 0.030 \times (-0.09)^2 - [\frac{1}{2} \times 0.015 \times (-0.225)^2 + \frac{1}{2} \times 0.030 \times (0.180)^2]$$

$$\Delta KE = 0.000865 - 0.000865 = 0\ J$$

بما أن التغير في الطاقة الحركية للنظام يساوي صفرًا فهذا يعني أن التصادم مرن.



سؤال 15 يوضح الشكل المجاور منحنى (القوة - الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في كرة بيسبول كتلتها (145 g) في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. أستعين بهذا المنحنى و البيانات المثبتة فيه للإجابة عما يأتي بإهمال وزن الكرة:

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

يمثل أعلى قيمة للقوة المتغيرة المؤثرة على في الكرة.

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

$$I = Area = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 10^{-3} \times 16 \times 10^3 = 9.6\ N.s\ , +x$$

جـ -احسب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة فيها باعتبارها ساكنة لحظة بدء تأثير القوة المحصلة.

$$I_{tot} = \Delta p = p_f - p_i = mv_f - mv_i$$

$$9.6 = 0.145 \times v_f - 0.145 \times 0 \rightarrow v_f = 66.20\ m/s$$

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

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{9.6}{1.2 \times 10^{-3}} = 8000\ N, +x$$

تم بحمد الله وحده

مدرسة الفيزياء