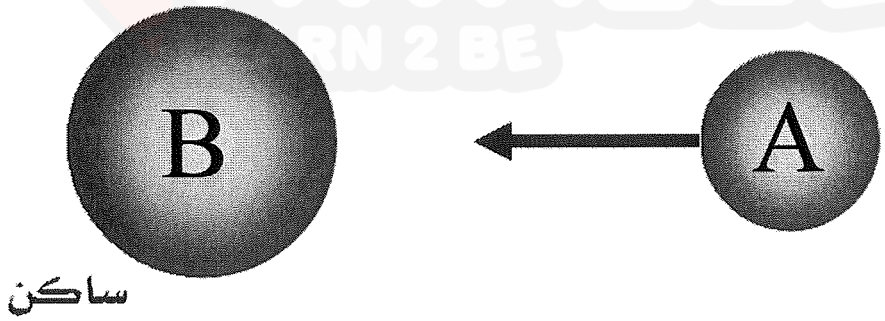
المثالي

في الفيزياء

الوحدة الاولى

الزخم الخطي والتصادمات



الأستاذ

أحمد شقبوعة

AWA2EL
LEARN 2 BE

أساسيات هامة :

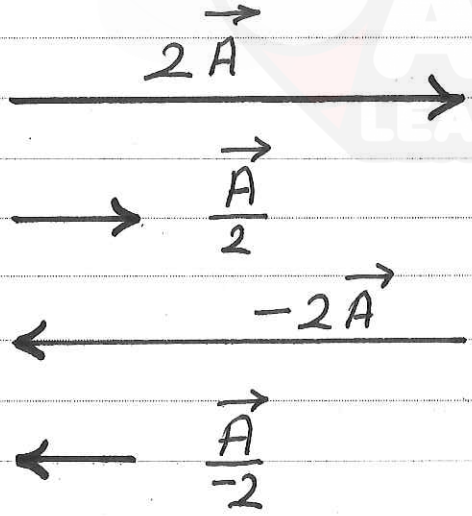
① قسمة أو ضرب متجه بعدد موجب يغيّر المقدار ولا يغير الاتجاه.

② قسمة أو ضرب متجه بعدد سالب يغير المقدار ويعكس الاتجاه.

(طبعاً أي عدد ماعدا (1, -1) حتى يتغيّر المقدار)

مثال: الشكل المجاور يمثل متجه $\vec{A}$

مثل كل مما يلي ($\frac{\vec{A}}{-2}$ ، $-2\vec{A}$ ، $\frac{\vec{A}}{2}$ ، $2\vec{A}$)



أشكال الطاقة

1. الطاقة الحركية : $KE = K = \frac{1}{2}mV^2$

الطاقة التي يكسبها الجسم بفعل حركته (سرعته).

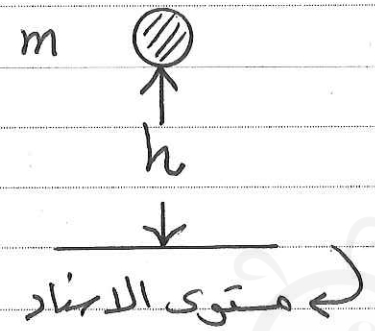
وتقاس بوحدة الجول (J).

حيث : (m) الكتلة

(V) السرعة

2. طاقة الوضع: $PE = P = mgh$

الطاقة التي يكسبها الجسم بسبب وضعه (ارتفاعه) بالنسبة لمستوى إسناد غالباً يكون مستوى الأرض وتقاس بوحدة جول (J)



حيث:
- (m) الكتلة.
- (g) تسارع السقوط الحر $10\ m/s^2$.
- (h) الارتفاع عن مستوى الاسناد.

3. الطاقة الميكانيكية: $ME = K + P$

هي مجموع طاقتي الحركة (K) والوضع (P) لجسم يتحرك في مجال الجاذبية الأرضية.

* مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية:

(أي جسم يتحرك في نظام محافظ فإن الطاقة الميكانيكية له ثابتة عند جميع نقاط مساره)

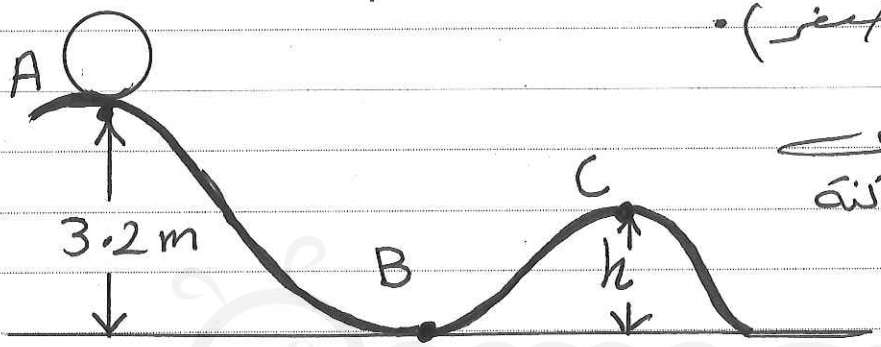
النظام المحافظ: الذي لا يؤثر فيه قوى إحتكاك أو قوى خارجية بل يؤثر فيه فقط قوى محافظة مثل الوزن والقوة الكهربائية والمرونية .....

نفهم من مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية أن

$$ME_i = ME_f$$

$$K_i + P_i = K_f + P_f$$

ملاحظة هامة: مستوى الاسناد في المسألة اختياري لذلك عند تطبيقه مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية نفضل اختيار مستوى الاسناد بحيث يمر في أخفض نقطة يمر فيها الجسم حتى تكون قيم (h) اما موجبة أو (صفر).



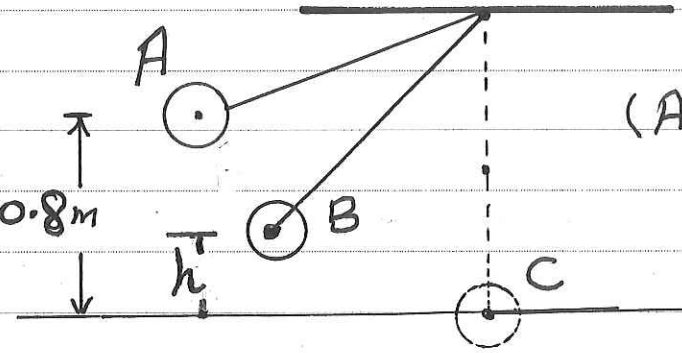
مثال: في الشكل مقابل أطلقت كرة ساكنة من النقطة (A) فإذا كانت كتلة الكرة (m)

جد:

1. سرعة الكرة عند النقطة (B).

2. الارتفاع (h) اذا كانت سرعة الكرة عند (C) (4 m/s).

مثال: في الشكل المجاور
خيط خفيف معلق بطرفه
كرة كتلتها (M)، ساكنة عند (A)
إذا انطلقت للحركة جد:



1. سرعتها عند (C)

2. مقدار (h) اذا كانت السرعة عند (B) تساوي (2 m/s).

AWA2EL
LEARN 2 BE

الوحدة الاولى : الزخم الخطي والتصادمات

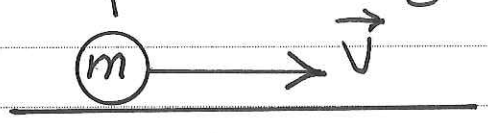
الدرس الأول : الزخم الخطي والدفع

(مقدمة) : كلمة زخم كلمة شائعة ومألوفة ولها معاني عديدة في حياتنا اليومية

الزخم (لغةً) : الدفع الشديد، فلان زخم فلان أي دفعه دفعاً شديداً، زخمه فألقاه أرضاً.

- مادة زخمة : يعني مليئة بالافكار.
- زخم الحياة : زيادة الاعباء اليومية وكثرة الضغوط.
- زخم المعلومات : المعلومات الكثيرة التي تجعل الدماغ يفقد تركيزه من كثرتها
- جمهور زخم : عدد كبير من الأشخاص ....

لكنه فيزيائياً هناك تعريف واحد واضح ومحدد للزخم.



* تعريف الزخم الخطي لجسم :

هو ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة ($\vec{V}$) ورمزه ($\vec{P}$)

حيث :

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

ملاحظات :

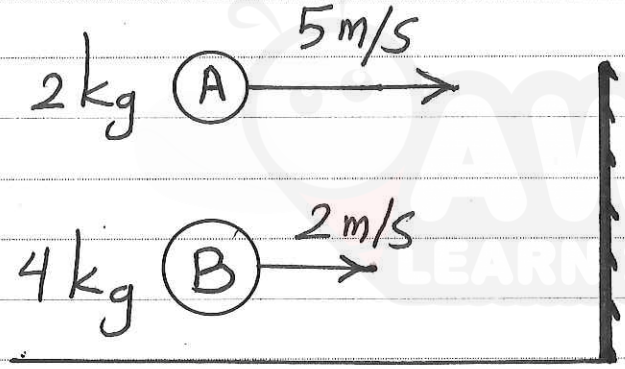
1. يطلق على الزخم اسم كمية التحرك.
2. الصفة (خطي) فقط للتمييز بينه الزخم الخطي ($\vec{P}$) والزخم الزاوي ($\vec{L}$) الذي نحتاجه عند دراسة الحركة الدورانية أي أن كلمة (زخم) لوحدها تعني الزخم الخطي ($\vec{P}$).

3. وحدة قياس الزخم الخطي ($kg\,m/s$).

4. العلاقة ($\vec{p} = m\vec{v}$) تخبرنا أن الزخم الخطي كمية متجهة وأن اتجاه الزخم بنفس إتجاه السرعة لان الكتلة كمية قياسية موجبة دائماً.

5. الزخم الخطي ($\vec{p}$) كمية تدل على تأثير جسم في آخر عند تصادمهما، بمعنى أنه كلما زاد زخم جسم زاد الاثر الناجم عنه تصادمه.

مثال توضيحي:



في الشكل كرتان (A و B) تتحركان نحو جدار، أيهما يؤثر بقوة اكبر على الجدار هل الكرة ذات السرعة الاكبر أم ذات الكتلة الاكبر ؟

الجواب: الكرة التي زخمها اكبر يكون تأثيرها اكبر، لذلك نجد زخم كل كرة

$$p_A = m_A v_A = (2)(5) = 10\ kg\,m/s.$$
$$p_B = m_B v_B = (4)(2) = 8\ kg\,m/s.$$

لاحظ أنه $p_B < p_A$ لذلك تأثير (A) اكبر من تأثير (B).

6. كلما كان زخم الجسم اكبر كان إيقافه أصعب ومثال على ذلك:

(a) لو تحركت شاحنة وسيارة بنفس مقدار السرعة فانه ايقاف الشاحنة أصعب من إيقاف السيارة لانه زخم الشاحنة اكبر بسبب كبر كتلتها.

(b) لو تحركت سيارتان لهما نفس الكتلة بسرعتين مختلفتين فانه السيارة الاسرع زخمها اكبر فيكون إيقافها أصعب.

7. العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي لجسم .

(a) يتناسب طردياً مع كتلته (m) .

(b) يتناسب طردياً مع مقدار سرعته $(\vec{V})$.

أمثلة وتمارين :

Q_1 : دراجة توصيل كتلتها $(200\,kg)$ تتحرك بسرعة $(5\,m/s)$ باتجاه $(+x)$:

1. احسب زخمها الخطي مقداراً واتجاهاً .
2. ما السرعة التي يجب أن يركض بها لاعب كتلته $(80\,kg)$ حتى يكون له نفس زخم الدراجة .

الحل: نفرض أن الدراجة جسم (1) واللاعب جسم (2) .

1. $\vec{P_1} = m_1 \vec{V_1} = (200)(5) = 1000\ kg\,m/s$ و $+x$

2. $P_2 = m_2 V_2 = P_1 \Rightarrow (80)(V_2) = 1000$

$\therefore V_2 = 12.5\ m/s$ و $+x$.

* تذكر قانون الطاقة الحركية : $KE = K = \frac{1}{2} m V^2$

Q_2 : استنتج العلاقة بين الطاقة الحركية (K) والزخم (P)

$P = mV \Rightarrow K = \frac{1}{2} mV^2 \xrightarrow[\text{في الطرفين}]{\text{نضرب } (m)} mK = \frac{1}{2} m^2 V^2$

$\Rightarrow mK = \frac{1}{2} P^2 \Rightarrow P^2 = 2mK$ ← $K = \frac{P^2}{2m}$. ← $P = \sqrt{2mK}$.

عبر عن بين أن $K = \frac{1}{2} PV$ أو $P = \frac{2K}{V}$

Q3: جسم كتلته (2 kg) يتحرك باتجاه (-x) وبطاقة حركية (16J) جد مقدار واتجاه زخمه الخطي.

Q4: سيارة كتلتها (m) وشاحنة كتلتها (4m) تتحركان في خط مستقيم ولهما نفس الزخم اذا كانت سرعة الشاحنة تساوي (V) كم يجب أن تكون سرعة السيارة؟

الحل: نفرض الشاحنة جسم (1) والسيارة جسم (2)

ومنه $m_1 = 4m$, $m_2 = m$, $V_1 = V$, V_2 ?

Q5: بين أن (J·S/m) هي وحدة قياس للزخم الخطي.

الحل: نتذكر أن ($J = N \cdot m$) وأن ($N = kg \cdot \frac{m}{s^2}$)

$$\frac{J \cdot S}{m} = \frac{N \cdot m \cdot S}{m} = kg\frac{m}{s^2} \cdot S = kgm/s$$

وهي وحدة قياس الزخم.

العلاقة بين القوة والزخم

تمهيد : تذكر أن التسارع : $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$

وأن قانون نيوتن الثاني $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$\sum \vec{F} = \vec{F}_{net}$ = القوة المحصلة

- $\Delta \vec{p}$: التغير في الزخم الخطي.
- $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$: المعدل الزمني للتغيّر في الزخم الخطي.

* يمكن إعادة صياغة قانون نيوتن الثاني على الصورة :

" المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي لجسم يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه "

.... نص قانون نيوتن الثاني

رياضياً :

$$\sum \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m\vec{V})}{\Delta t} = m\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = m\vec{a}$$

- حيث (Δt) : زمن تأثير القوة المحصلة.

.. ويكون اتجاه القوة المحصلة $(\sum \vec{F})$ بنفس اتجاه التغيّر في الزخم $(\Delta \vec{p})$ لأنه الزمن (Δt) كمية موجبة.

... نتيجة : أصبح لدينا صورتان متكافئتان لقانون نيوتن الثاني

(1) $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

(2) $\sum \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$

أحياناً : زمن للمحصلة

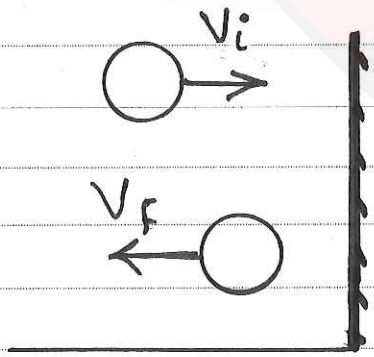
$\vec{F}_{net} \rightarrow \sum \vec{F}$

.... من خلال الطرق بين محصلة القوى والتغير في الزخم

$\vec{\Delta p} \propto \Sigma F$ نستنتج أنه اذا أردنا تغير الزخم بمقدار كبير فإنه يلزم التأثير عليه بقوة محصلة كبيرة.

Q6: كرة كتلتها (2kg) تتحرك باتجاه (+x) بسرعة (5m/s) على سطح أملس اصطدمت بجدار وارتدت عنه بسرعة (3m/s) فاذا كان زمن التلامس بين الكرة والجدار (0.01 s) جد:

1. مقدار واتجاه التغير في الزخم
2. مقدار واتجاه القوة التي أثر بها الجدار على الكرة.



الحل: عند حساب التغير في الزخم بسبب التصادم نهتم بالسرعة قبل التصادم مباشرة (V_i) وبعد التصادم مباشرة (V_f).

1. إعتبر أن (+x) هو الاتجاه الموجب وكل ما عكسه فهو سالب.... لذلك:

$V_i = 5\ m/s$
$V_f = -3\ m/s$

$$\vec{\Delta p} = \vec{p_f} - \vec{p_i} = m\vec{V_f} - m\vec{V_i}$$
$$= m(\vec{V_f} - \vec{V_i})$$
$$= (2)(-3-5)$$
$$\Delta p = -16\ kgm/s$$

الاشارة السالبة تدل على أن اتجاه التغير نحو (-x)

$\therefore \vec{\Delta p} = 16\ kgm/s$ و $-x$

2. $$\Sigma F = F_{net} = \frac{\vec{\Delta p}}{\Delta t} = \frac{-16}{0.01} = -1600\ N$$

$\therefore F_{net} = 1600\ N$ و $-x$

Q7: كرة كتلتها (3kg) سقطت نحو أرضية صلبة بسرعة (4m/s) وارتدت عنها مباشرة بسرعة (2m/s) اذا كان زمن التلامس بين الكرة والأرضية (0.02 s) أوجد:

1. مقدار واتجاه التغيّر في الزخم

2. مقدار واتجاه القوة التي أثرت بها الأرضية على الكرة.

العلاقة بين الزخم الخطي والدفع

تعريف الدفع المؤثر في جسم : ناتج ضرب القوة المحصلة المؤثرة على جسم في زمن تأثيرها .

يرمز للدفع بالرمز $(\vec{I})$

ويرمز لمحصلة القوى $(\Sigma \vec{F})$ أو $(\vec{F}_{net})$.

$$\vec{I} = (\Sigma \vec{F})\,\Delta t \quad \longrightarrow \quad \vec{I} = \vec{F}_{net}\,\Delta t$$

ملاحظات :

① وحدة قياس الدفع $(N \cdot S)$.

② الدفع كمية متجهة له نفس اتجاه القوة المحصلة طبعاً لأنه الزمن (Δt) كمية موجبة

③ Δt : زمن تأثير القوة ... زمن تلامس بين كرة ومضرب .... الخ ...

تذكر أن :

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

عوّض عن $\vec{F}_{net}$ في قانون الدفع ...

$$I = F_{net} \cdot \Delta t \Rightarrow I = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \cdot \Delta t$$

$$\therefore \quad \vec{I} = \Delta \vec{p}$$ ---- مبرهنة الزخم الخطي - الدفع

نص مبرهنة (الزخم الخطي - الدفع) :

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

خلاصة العلاقات :

① $\vec{I} = \Delta \vec{p}$

② $\vec{I} = \vec{F}_{net}\,\Delta t$

③ $\vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$

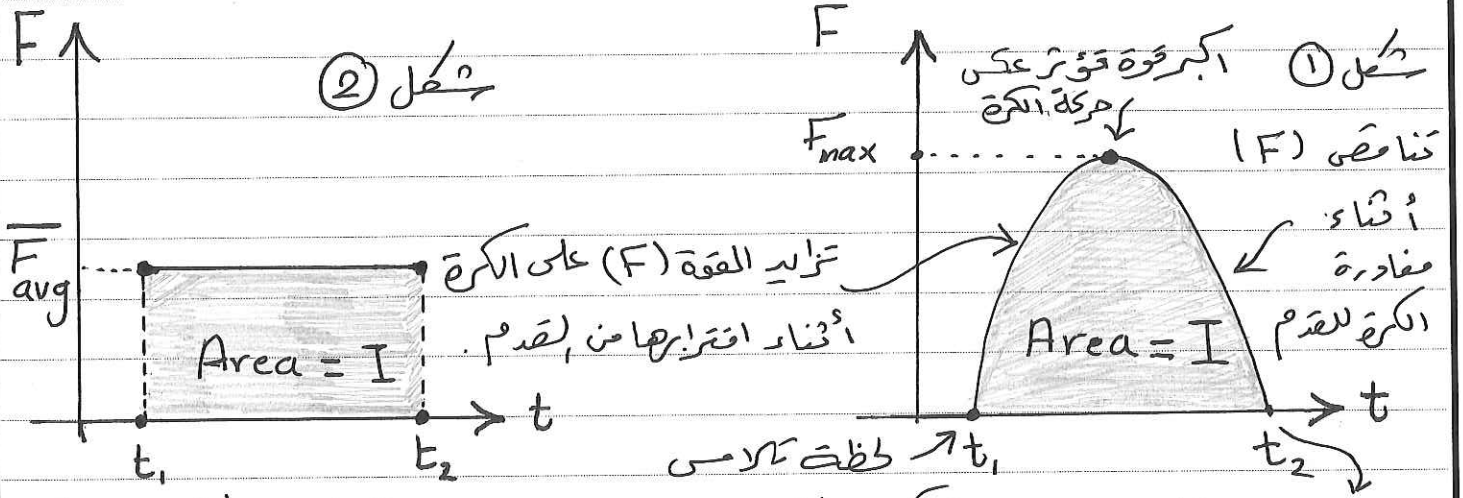
$$\rightarrow \quad I = F \Delta t = \Delta p$$ O.O

ملاحظات :

① الكميات ($\vec{F_{net}}$ ، $\Delta\vec{p}$ ، $\vec{I}$) كلها كميات متجهة وهما نفس الاتجاه عند حل المسائل المتعلقة بها يجب إختيار نظام إحداثيات يحدد فيه إتجاه موجب وكل ما عكسه فهو سالب وحتى ينجدعنه الأرباك يفضل أن تكون اشارة هذه الكميات نفس اشارة المحاور التي تنطبق عليها ($+x$ ، $-x$ ، $+y$ ، $-y$).

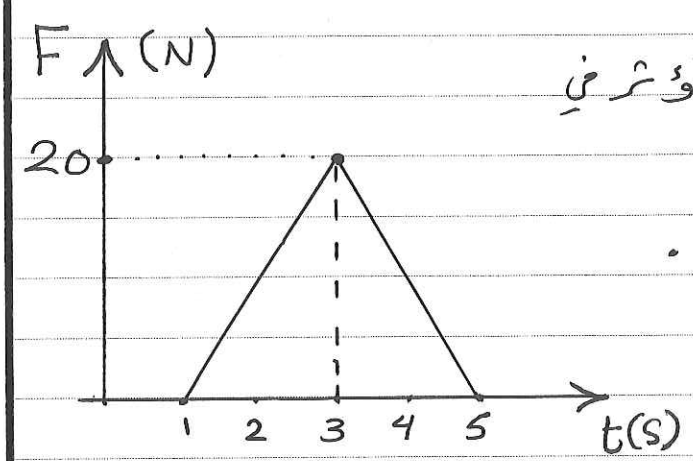
② العلاقة ($\vec{I} = \vec{F_{net}}\Delta t$) تفيدنا في حساب الدفع المؤثر على جسم عندما تكون القوة ثابتة خلال فترة تأثيرها (Δt) لذلك لو كانت القوة متغيرة مع الزمن خلال الفترة (Δt) فانه كساب دفع القوة نعتمد على حساب المساحة تحت منحنى ($F-t$).

• ومثال على القوة المتغيرة : قوة تأثير قدم لاعب على كرة عندما يركلها حيث أن القوة تتزايد منذ لحظة التلامس حتى تصل قيمة عظمى ثم تتناقص تدريجياً الى أن تنعدم عند انفصالها عن قدم اللاعب. والشكل ① يبين تغير القوة (F) مع الزمن.



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

سؤال يوضح فكرة القوة المتوسطة:
الشكل المجاور يمثل قوة متغيرة مع الزمن تؤثر في جسم ما:



① احسب الدفع الكلي المؤثر على الجسم.
② احسب متوسط القوة المؤثرة على الجسم في الفترة الزمنية نفسها.
③ احسب التغير في زخم الجسم.

الحل:

① لأنه القوة متغيرة مع الزمن نعتمد على المساحة لإيجاد الدفع...
وهي مساحة مثلث

$$I = Area = \frac{1}{2}(\text{القاعدة})(\text{الارتفاع})$$

$$= \frac{1}{2}(5-1)(20)$$

$$= 40 \ N.S$$

② القوة المتوسطة $(\bar{F})$ هي القوة الثابتة التي تُحدث نفس الدفع خلال نفس Δt

$$I = \bar{F}\,\Delta t \Rightarrow 40 = \bar{F}(5-1)$$

$$40 = \bar{F}(4) \Rightarrow \bar{F} = 10 \ N$$

هذا يعني أنه لو أثرت قوة ثابتة مقدارها (10 N) على الجسم في الفترة الزمنية [1,5] لأحدثت نفس دفع القوة المتغيرة في نفس الفترة [1,5].

③ $$\overrightarrow{\Delta p} = \overrightarrow{I} = 40 \ N.S$$
$$= 40 \ kgm/s$$

توضيح حول متوسط القوة $(F_{avg} = \bar{F})$ دائماً

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

$\overrightarrow{I} = \overrightarrow{\Delta p}$

إذا اصطدم جسم وتغيرت سرعته من v_i الى v_f
$\Delta p = m(v_f - v_i)$

$I = Area$ لتأثر الجسم بقوة متغيرة

Δt: زمن تأثير القوة

ملاحظة على العلاقة بين القوة المحصلة والتغير في الزخم :

$$\vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta \vec{p} = \vec{F}_{net} \Delta t$$

(1) لو كانت القوة المحصلة ثابتة يزداد التغير في الزخم (Δp) أو (الدفع I) مع زيادة زمن تأثير القوة ($I = \Delta p \propto \Delta t$) مثال على ذلك :

(أ) عند دفع عربة تسوّقه بسرعة ثابتة يزداد زخمها مع زيادة زمن تأثير القوة المؤثرة عليها .

(ب) عندما يركل لاعب كرة بقدم يزداد زخمها وكذلك الدفع المؤثر عليها بزيادة زمن التلامس مع القدم .

(2) عند ثبات التغير في الزخم ($\Delta \vec{p}$) تتناسب القوة المحصلة F_{net} المؤثرة عكسياً مع الزمن .. $F \propto \frac{1}{\Delta t}$

أي أنه كلما زادت الفترة الزمنية التي حدث خلالها التغير في الزخم قلت القوة المحصلة المؤثرة .
ومن التطبيقات على هذه الفكرة :

(أ) المظلي يثني رجليه لحظة ملامسة قدميه الأرض حتى يستغرق التغير في زخمه (Δp) زمن أطول فتقل القوة المحصلة المؤثرة فيه .

(ب) سقوط كرة من الفخار على أرضية رملية أقل خطراً من سقوطها على أرضية صلبة من الأسمنت لأنه الأرضية تغير زخم الكرة في فترة زمنية أطول فتكون القوة المؤثرة على الكرة أقل .

Q_1: سيارة كتلتها $(1200\,kg)$ تسير بسرعة $(20\,m/s)$ نحو $(+x)$، فاذا ضغط السائق على كوابح السيارة فانخفضت سرعتها الى $(8\,m/s)$ في التقى الاتجاه في زمن مقداره $(6\,s)$

احسب:

① مقدار واتجاه الدفع المؤثر على السيارة.

② متوسط قوة الاحتكاك التي أثرت على السيارة.

المعطيات: $m = 1200\,kg$, $V_i = 20\,m/s\ (+x)$, $V_f = 8\,m/s\ (+x)$

$\Delta t = 6\,s$

نختار الاتجاه الموجب هو اتجاه حركة السيارة وكل ما هو عكسه فهو سالب.

① $\vec{I} = \vec{F}_{net}\,\Delta t = \Delta \vec{p}$

$\vec{I} = \Delta \vec{p} = m(V_f - V_i) = (1200)(8-20) = -14400\,N.s$

والاشارة السالبة تدل على أن الدفع نحو $(-x)$ عكس الحركة لذلك نكتب الدفع على الصورة المتجهة التالية:

$\vec{I} = 14400\,N.s\ ,\ -x$

② $\vec{I} = (\vec{f}_{net})(\Delta t)$

هنا القوة الوحيدة المؤثرة هي قوة الاحتكاك (f) لذلك فانها تمثل محصلة القوى $\Leftarrow F_{net} = f$

$-14400 = (\bar{f})(6)$

$\therefore \bar{f} = -2400\,N$

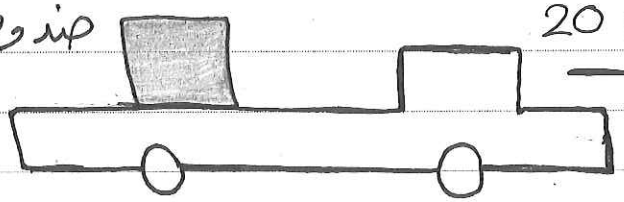
$\therefore \bar{f} = 2400\,N\ ,\ -x$

Q_2: سقطت كرة نحو الارض فوصلتها بزخم $(30\,kgm/s)$ وارتدت عنها للأعلى بزخم $(20\,kgm/s)$ فاذا دام التلامس بين الكرة والارض لمدة $(0.02\,s)$. احسب:

① مقدار واتجاه الدفع المؤثر في الكرة.

② مقدار واتجاه القوة المؤثرة على الكرة. (القوة المتوسطة)

Q3: وضع صندوق كتلته (100 kg) في شاحنة تتحرك سرعاً بسرعة مقدارها (20 m/s) كما في الشكل ٦



اذا ضغط السائق على دواسة المكابح، فتوقفت الشاحنة خلال (5.0 s) من لحظة الضغط على المكابح، فاحسب مقدار كل مما يلي:

ⓐ الزخم الخطي الابتدائي للصندوق.

ⓑ الدفع المؤثر في الصندوق.

ⓒ قوة الاحتكاك المتوسطة اللازم تأثيرها في الصندوق لمنعه من الانزلاق.

الحل: المعطيات بالنسبة للصندوق $m = 100\,kg$, $v_i = 20\,m/s$

$\Delta t = 5\,s$ ← زمن تأثير قوة الاحتكاك

$v_f = 0$

اعتبر $(+x)$ هو الاتجاه الموجب ...

ⓐ $\vec{p}_i = m\vec{v}_i = (100)(20) = 2\times10^3\ kg\,m/s$, $+x$

ⓑ $I = \bar{F}_{net}\,\Delta t = \Delta p = m(v_f - v_i)$

$= (100)(0-20)$

$= -2\times10^3\ kg\cdot m/s$

$\therefore \vec{I} = 2\times10^3\ kg\cdot m/s$ و $-x$

الدفع باتجاه $-x$ عكس اتجاه الحركة الابتدائية لذلك قلّت السرعة.

ⓒ $F_{net} = f$ ← أثناء تناقص السرعة القوة الوحيدة المؤثرة على الصندوق هي قوة الاحتكاك f

لذلك فإن محصلة القوى هي f.

$\therefore I = \bar{f}\,\Delta t \Rightarrow \bar{f} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{-2\times10^3}{5}$

$= -400\ N$

$\therefore \vec{f} = 400\ N$, $-x$

Q4: يركل لاعب كرة قدم ساكنة كتلتها (0.45 kg) فتنطلق بسرعة (30 m/s) باتجاه محور (+x) إذا علمت أن القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة أثناء زمن تلامسها مع قدم اللاعب تساوي (135 N)، فأجب مقدار ما يأتي باهمال وزن الكرة مقارنة بالقوة المؤثرة عليها:

(a) زخم الكرة عند لحظة إبتعادها عن قدم اللاعب.
(b) زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب.
(c) الدفع المؤثر على الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب.

الحل: المعطيات بالنسبة للكرة $m = 0.45\ kg$, $v_i = 0$, $v_f = 30\ m/s$

$\overline{F} = 135\ N$

(a)

للطالب

Q5: كرة تنس ساكنة كتلتها (0.06 kg) يضربها لاعب أفقياً بالمضرب فتنطلق بسرعة (55 m/s) في إتجاه محور (+x) اذا علمت أن زمن تلامس الكرة مع المضرب $(3 \times 10^{-3}\ S)$ إحسب مقدار ما يأتي:

(a) الدفع الذي يؤثر به المضرب على الكرة.
(b) القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب على الكرة.

$v_i = 0$, $v_f = 55\ m/s$, $m = 0.06\ kg$, $\Delta t = 3 \times 10^{-3}\ S$.

(a) $I = F\Delta t = \Delta p \rightarrow$

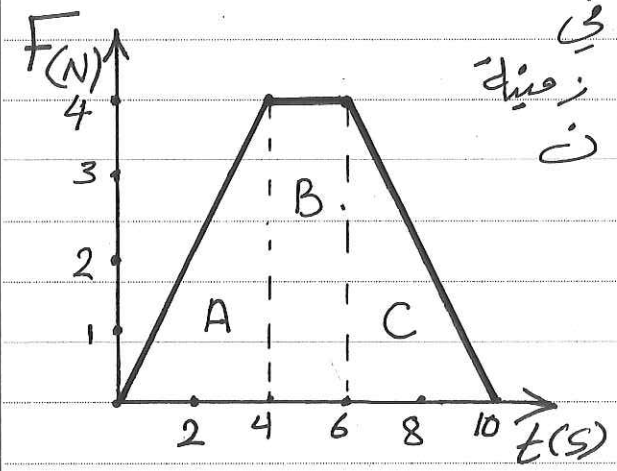
$I = \Delta p = m(v_f - v_i)$

$I = (0.06)(55 - 0) = 3.3\ kgm/s, +x$

(b) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{3.3}{3 \times 10^{-3}}$

$\overrightarrow{F} = 1.1 \times 10^{3}\ N, +x$

Q6: تؤثر قوة محصلة باتجاه محور (+x) في صندوق ساكن كتلته (3 kg) مدة زمنية مقدارها (10 s). اذا علمت أن القوة المحصلة تتغير مع الزمن كما هو موضح في منحنى (F - t) فأحسب مقدار ما يأتي:



(a) الدفع المؤثر في الصندوق خلال فترة تأثير المحصلة. وحدد إتجاهه.

(b) السرعة النهائية للصندوق عند نهاية فترة تأثير المحصلة وحدد اتجاه السرعة.

(c) القوة المتوسطة المؤثرة في الصندوق خلال هذه الفترة.

الحل: لأن القوة متغيرة نعتمد على المساحة في حساب الدفع.
المحصلة نحو (+x) لذلك اعتبر الاتجاه الموجب هو (+x)

(a)

$$I = A + B + C \quad \Longrightarrow \quad \text{مجموع المساحات}$$

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

$$= 8 + 8 + 8 = \overset{+}{24}\ N\cdot S$$

$$\therefore I = 24\ N\cdot S \text{ و } +x$$

اتجاه الدفع نحو (+x) مع اتجاه القوة المحصلة.

(b) Δp منه v_f السرعة النهائية

$$\Delta p = I \Longrightarrow m(v_f - v_i) = I \Rightarrow (3)(v_f - 0) = \overset{+}{24}$$

$$\therefore v_f = \overset{+}{8}\ m/s \text{ و } +x$$

(c) $I = \bar{F}\,\Delta t = \Delta p$

$$\therefore \bar{F} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{24}{10} = 2.4\ N, +x$$

نحو اتجاه (+x).

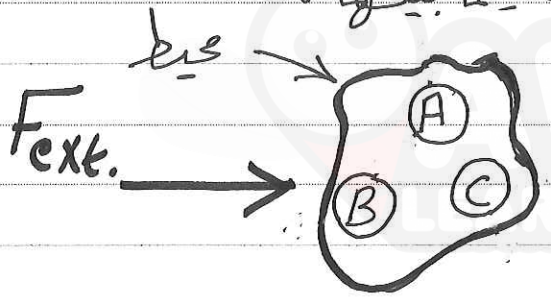
قانون حفظ الزخم الخطي :

سؤال : ما معنى أنه كمية محفوظة ؟

الجواب : عندما تثبت أي كمية مثل (طاقة ، كتلة ، زخم ، شحنة ...) خلال أي عملية فيزيائية نقول أنه هذه الكمية محفوظة .

سؤال : ماذا نعني بكلمة نظام ؟

الجواب : مجموعة من الأجسام تقع في محيط واحد يضمها جميعاً ويكون مغلق عليها بحيث لا تخرج منه أجسام أو تدخل اليه وتتفاعل الأجسام داخلة فيما بينها .



توضيح : الاجسام (A, B, C) تسمى نظام مغلق ، قد تؤثر على بعضها قوى تنافر أو تجاذب أو قد تتصادم فيما بينها ... .

• القوى التي تؤثر فيها الأجسام على بعضها داخل النظام تسمى قوى داخلية وهي عادة ذات فعل ورد فعل (قوى متبادلة) .

•• $(F_{ext.})$ في الشكل هي القوة (محصلة القوى) الخارجية المؤثرة على النظام ككل .

••• عندما درسنا حركة جسم واحد كانت الصورة الثانية لقانون نيوتن الثاني هي :

$$\left(\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\right) = \sum \vec{F}$$

$\left(\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\right)$ ← التغير في زخم الجسم

$\sum \vec{F}$ ← محصلة القوى المؤثرة على الجسم .

•••• لتطبيق قانون نيوتن الثاني على النظام ككل :

$$\left(\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\right)_{sys} = \sum F_{ext}$$

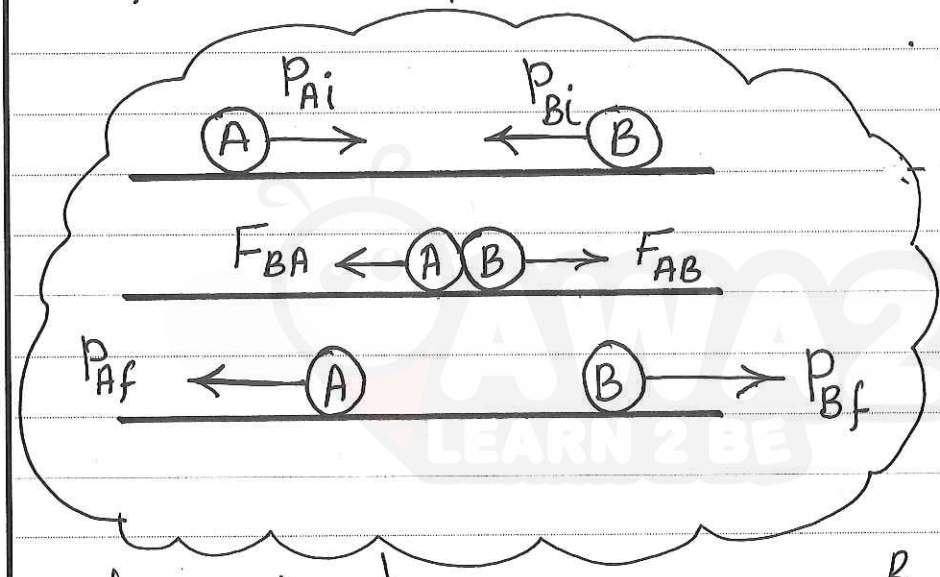
$\left(\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\right)_{sys}$ ← التغير في زخم النظام كاملاً (التغير في زخم كل الأجسام)

$\sum F_{ext}$ ← محصلة القوى الخارجية المؤثرة على النظام كاملاً .

سؤال : ما المقصود بالنظام المعزول ؟

الجواب : هو النظام الذي تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفراً ، وتكون القوى المؤثرة فيه داخلية فقط .

• وكمثال على عملية فيزيائية تحدث داخل نظام معزول تصادم كرتي بلياردو .



F_{AB} : قوة تأثير A على B

F_{BA} : قوة تأثير B على A

(F_{AB} ، F_{BA}) تسمى قوى داخلية .

بإهمال قوى الاحتكاك لأنها صغيرة جداً مقارنة بالقوى الداخلية المتولدة أثناء التصادم ولأنه لايوجد قوى خارجية تؤثر في النظام ككل منه وفارجه فانه يمكن إعتبار النظام المكون من الكرتين (A) ، (B) نظام معزول .

في هذا النظام يكون الزخم الخطي للنظام ككل محفوظاً بمعنى :

$$\sum_{\text{للنظام}} \vec{P}_f = \sum_{\text{للنظام}} \vec{P}_i$$

$$\vec{P}_{Af} + \vec{P}_{Bf} = \vec{P}_{Ai} + \vec{P}_{Bi}$$

$$m_A\vec{V}_{Af} + m_B\vec{V}_{Bf} = m_A\vec{V}_{Ai} + m_B\vec{V}_{Bi}$$

إثبات قانون (مبدأ) حفظ الزخم الخطي :

(أولاً) أسلوب الكتاب : عند تصادم (A & B) فإن كل جسم يؤثر في الآخر بقوة وعلى فرض أنه مقدار كل من القوتين ثابت خلال فترة التلامس (Δt) فإنه هاتان القوتان تمثلان فعل ورد فعل أي أنهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه .

لذلك

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

لو ضربنا الطرفين في زمن التلامس

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

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

الدفع المؤثر على جسم يساوي التغير في زخم ذلك الجسم .

دفع B على A ⇓ دفع A على B ⇓

$$\Delta \vec{p}_A = -\Delta \vec{p}_B$$

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

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

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

$$\sum \vec{p}_f = \sum \vec{p}_i$$

$$\Rightarrow m_A \vec{V}_{Af} + m_B \vec{V}_{Bf} = m_A \vec{V}_{Ai} + m_B \vec{V}_{Bi}$$

(ثانياً) أسلوب آخر خارج الكتاب :

$$\left(\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\right)_{sys} = \sum \vec{F}_{ext}$$

الصورة الثانية لقانون نيوتن الثاني للنظام

و بما أن النظام معزول فإن $(\sum \vec{F}_{ext} = 0)$

$$\therefore \left(\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\right)_{sys} = 0$$

$$(\Delta \vec{p})_{sys} = 0 \Rightarrow (\vec{p}_f)_{sys} - (\vec{p}_i)_{sys} = 0$$

$$\therefore (\vec{p}_f)_{sys} = (\vec{p}_i)_{sys} = 0$$

$$\vec{p}_{Af} + \vec{p}_{Bf} = \vec{p}_{Ai} + \vec{p}_{Bi}$$

$$\sum \vec{p}_f = \sum \vec{p}_i$$

$$\text{or} \quad m_A \vec{v}_{Af} + m_B \vec{v}_{Bf} = m_A \vec{v}_{Ai} + m_B \vec{v}_{Bi} \ .$$

ملاحظة هامة:

في هذه الوحدة سنعتبر جميع الأنظمة التي نتعامل معها معزولة .

تحذير !!! في كل العمليات الفيزيائية على الأنظمة المعزولة الزخم محفوظ لكن ليس بالضرورة أن تكون الطاقة الحركية محفوظة .

نص قانون حفظ الزخم الخطي :

الصيغة الاولى : عندما يتفاعل جسمان أو أكثر في نظام معزول يظل الزخم الخطي الكلي للنظام ثابت .

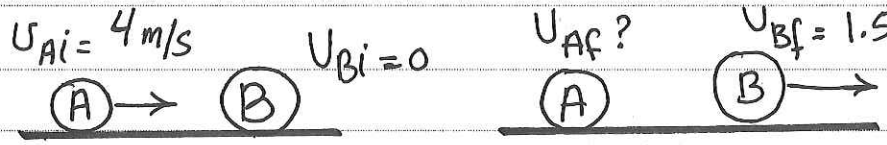
الصيغة الثانية : الزخم الخطي الكلي لنظام معزول قبل التصادم مباشرة يساوي الزخم الخطي الكلي للنظام بعد التصادم مباشرة .

مطلوب منا تطبيقه مبدأ حفظ الزخم الخطي في بعد واحد على بعض العمليات مثل :

① تصادم الأجسام حيث أنها قد ترتد عن بعضها أو تلتحم ببعضها .

② جسم ينفصل الى جسمين أو أكثر كما يحدث في الانفجارات .

أمثلة وتمارين :



Q1 :

يوضح الشكل تصادم كرتين (A ، B) حيث تتحرك (A) باتجاه محور (+x) بسرعة مقدارها (4 m/s) نحو الكرة (B) الساكنة بعد التصادم تحركت الكرة (B) بسرعة (1.5 m/s) باتجاه (+x) أذا كانت ($m_A = 1\,kg$) ، ($m_B = 2\,kg$)

(a) مقدار واتجاه سرعة الكرة (A) بعد التصادم مباشرة .
(b) الدفع المؤثر على الكرة (B) ، مقداراً واتجاهاً .
(c) الدفع المؤثر على الكرة (A) مقداراً واتجاهاً .

الحل :- (a) إختار الاتجاه الموجب هو اتجاه (+x)

$$\sum \vec{P}_f = \sum \vec{P}_i$$

$$m_A V_{Af} + m_B V_{Bf} = m_A V_{Ai} + \cancel{m_B V_{Bi}}^{\,0}$$

$$(1)(U_{Af}) + (2)(1.5) = (1)(4) + 0$$

$$U_{Af} = +1 \ m/s \Rightarrow \vec{U_{Af}} = 1 \ m/s \ , +x$$

(b) $$\vec{I_B} = \Delta \vec{p}_B = m_B U_{Bf} - m_B U_{Bi}$$

$$= m_B (V_{Bf} - V_{Bi})$$

$$= 2(1.5 - 0) = +3 \ N.S \ ,$$

والاشارة الموجبة تعني أنه الدفع المؤثر على B نحو $(+x)$

$$I_B = 3 \ N.S \ , +x$$

(c) $$I_A = -I_B = -3 N.S \Rightarrow I_A = 3 N.S \ , -x$$

or $$I_A = \Delta p_A = m_A (V_{Af} - V_{Ai})$$

$$= (1)(1-4) = -3 N.S$$

$$I_A = 3 \ N.s \ , -x \ .$$

Q_2: دفع ساكن كتلته $(2 \times 10^3 kg)$، فيه قذيفة كتلتها $(50kg)$ أطلقت القذيفة أفقياً من المدفع بسرعة $(1.2 \times 10^2 m/s)$ باتجاه محور $(+x)$، أحسب مقدار ما يأتي:

(a) الدفع الذي تؤثر فيه القذيفة على المدفع.

(b) سرعة ارتداد المدفع.

افرض أن المدفع جسم ① ، والقذيفة جسم ②

لذلك يكون:

$$m_1 = 2 \times 10^3 kg, \ m_2 = 50 kg$$

$$U_{1i} = U_{2i} = 0 \ , \ U_{2f} = 1.2 \times 10^2 \ m/s \ , +x \ , \ U_{1f} \ ??$$

(a) بما أنه سرعة القذيفة قبل وبعد الاصطدام معلومة نجد الدفع المؤثر عليها ويكون مساوي للدفع المؤثر على المدفع ويعاكسه في الاتجاه ...

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

$$= (50)(1.2 \times 10^2 - 0)$$

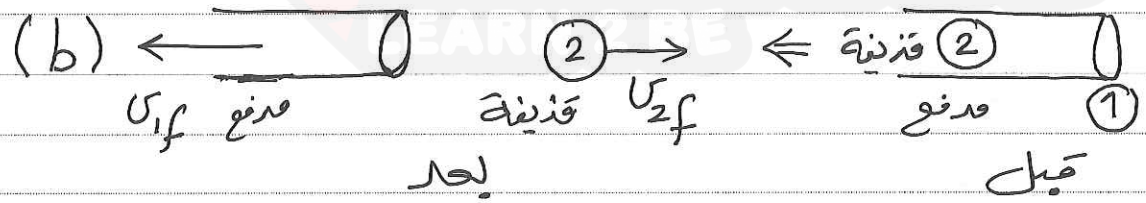
$$= +6 \times 10^3 \ N.S \qquad +x \text{ باتجاه}$$

$$I_{21} = -I_{21} = -6 \times 10^3 \ N.S \qquad \text{لكنه}$$

الاشارة السالبة تدل على أنه دفع القذيفة على المدفع نحو $-x$

$$I_{21} = 6 \times 10^3 \ N.S \ , -x .$$

(b)



$$\sum p_f = \sum p_i$$

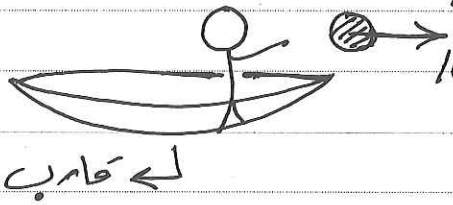
$$m_1 U_{1f} + m_2 U_{2f} = 0$$

$$(2 \times 10^3)(U_{1f}) + (50)(1.2 \times 10^2) = 0$$

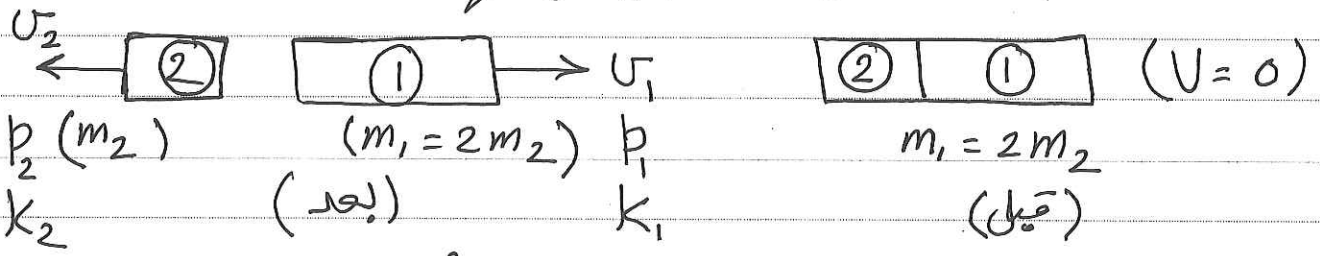
$$U_{1f} = \frac{-6 \times 10^3}{2 \times 10^3} = -3 \ m/S .$$

$$\therefore U_{1f} = (3 \ m/S \ , -x)$$

Q3 : يجلس طالب كتلته (35 kg) في قارب ساكن كتلته (65kg) ويحمل صندوقه كتلته (6kg)، اذا قذف الولد الصندوق أفقيا بسرعة (10 m/s) نحو (+x) باهمال مقاومة الماء جد سرعة القارب بعد قذف الصندوق مباشرة.



Q4 : إنفجر جسم ساكن الى جزئين، كتلة الاول مثلي كتلة الثاني اذا كانت الطاقة الحركية الناتجة من الانفجار (7500 J) ما الطاقة الحركية التي يكسبها كل منها.



إرشاد للحل: تذكر $(P = \sqrt{2mK})$ أو $\left(K = \frac{P^2}{2m}\right)$

Q5 : طالب كتلته (m) يقف في قارب كتلته (3m) اذا بدأ حركته بسرعة (3m/s) باتجاه الشرق باهمال مقاومة الماء للقارب جد مقدار واتجاه سرعته ؟

الحل : إفرض الطالب (A) والقارب (B) واتجاه (+x) هو الاتجاه الموجب للحركة باهمال مقاومة الماء النظام معزول لذلك الزخم محفوظ.

$m_A = m$, $m_B = 3m$; $V_{Ai} = V_{Bi} = 0$, $V_{Af} = 3\,m/s$

$$\sum \vec{P_f} = \sum \vec{P_i} \Rightarrow m_A V_{Af} + m_B V_{Bf} = 0$$

$$(m)(3) + (3m) V_{Bf} = 0$$

$$\therefore V_{Bf} = -1\,m/s \Rightarrow V_{Bf} = 1\,m/s \text{ , } -x$$

أي نحو الغرب

سؤال: فسر ارتداد البندقية للخلف عند إطلاقه رصاصة منها.

الجواب: الرصاصة والبندقية تمثلان نظام معزول زخمه صفر لذلك عند انطلاقة الرصاصة فانها تحمل زخم خطي معين وحتى يكون الزخم الخطي يجب تتحرك البندقية بحيث تحمل زخماً مساوي لزخم الرصاصة وفي الاتجاه المعاكس لذلك ترتد للخلف

سؤال: فسر لماذا يحتاج خرطوم إطفاء الحريق الذي يطفئ للإمساك به عند اندفاع الماء منه؟

الماء والخرطوم نظام معزول لذلك عند اندفاع الماء بقوة للأمام فانه يحمل زخم كبير لذلك يرتد الخرطوم بقوة للخلف حتى يحقق مبدأ حفظ الزخم لذلك نحتاج الى الامساك به

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: ما المقصودُ بالزخَم الخطيِّ لجسم؟ وما العلاقة بين الدفع المؤثر في جسم والتغيُّر في زخَمه الخطيّ؟

2. أُحلِّلُ: بحسب علاقة تعريف الزخَم الخطيّ $p = mv$ ؛ تكون وحدةُ قياسهِ kg.m/s، وبحسب مبرهنة (الزخَم الخطيّ – الدفع) تكون وحدةُ قياسهِ (N.s). أُثبت أن هاتين الوحدتين مُتكافئتان.

3. أوضّحُ متى يكون الزخَم الخطيّ لنظام محفوظًا؟

4. أفسّرُ: ذهب محمّد إلى مدينة الألعاب، وعند قيادته سيارةً كهربائيةً واصطدامها بالسيارات الأُخرى وجد أن تأثير هذه التصادُمات عليه قليلٌ. وعند تركيزِ انتباهه على هذه السيارات؛ لاحظ وجود حزامٍ من مادّة مطاطيّة يحيط بجسم السيارة. أُفسّر سببَ وجود هذا الحزام المطاطيّ.

5. أتوقّعُ هل يُمكنُ أن يكونَ مقدارُ الزخَم الخطيّ لرصاصة مساويًا لمقدار الزخَم الخطيّ لشاحنة؟ أُفسّر إجابتي.

6. أُحلِّلُ وأستنتج: في أثناء مشاهدة هند عرضًا عسكريًّا لمجموعة من جنود الجيش العربي الأردني لفت انتباهها إسناد الجنود كعوبَ بنادِقهم على أكتافهم بإحكام عند إطلاق الرصاص منها. لماذا يفعلون ذلك؟

7. أُصدرُ حُكمًا: في أثناء جلسة نقاش داخل غرفة الصف عن كيفيّة حركةِ المركبات الفضائيّة في الفضاء، قالت بتول: «تندفع المركبة الفضائية في الغلاف الجويّ للأرض، ويتغيّرُ مقدار سرعتها واتّجاه حركتها عندما تدفعُ الغازات المنطلقة من الصواريخ المثبتة عليها الهواء الجويّ، وأنه لا فائدةَ من وجودِ هذه الصواريخ في المركبة الفضائية في الفضاء؛ إذ لا يُمكنُ لهذه الصواريخ أن تُغيّر مقدارَ سرعةِ هذه المركبةِ في الفضاءِ أو اتّجاه حركتها؛ لأنه لا يوجدُ هواءٌ في الفضاء تدفعه الغازاتُ الخارجةُ منها». أناقشُ صحّةَ قولِ بتول.

1. الزخم الخطي لجسم: ناتج ضرب كتلته (m) في سرعته المتجهة.

الدفع المؤثر في جسم يساوي التغير زخم ذلك الجسم

$\vec{I} = \Delta \vec{p}$ حيث التغير في الزخم والدفع لهما نفس الاتجاه

2. $N \cdot S = kg\frac{m}{s^2} \cdot S = kg\frac{m}{s} = kg\,m/s$

or $kg\frac{m}{s} = kg\frac{m}{s} \times \frac{s}{s} = \left(kg\frac{m}{s^2}\right) \times s = N \cdot S$

3. يكون الزخم الخطي للنظام محفوظ اذا كان النظام معزول أي أنه محصلة القوى الخارجية المؤثرة عليه تساوي صفر والقوى المؤثرة فيه فقط قوى داخلية بين الأجسام وهي قوى الفعل ورد الفعل.

4. الحزام المطاطي الذي يحيط بجسم السيارة يمتص الصدمات ويزيد زمن تناقص سرعة وزخم السيارة فتقل القوة الناتجة عن التصادم وتقل خطورة التصادم حسب العلاقة:

$\left(F = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\right)$

5. أ. الجواب البديهي نعم اذا كانتا ساكنتين $V_1 = V_2 = 0$ يكون زخم كل منهما صفراً.

ب. اما لو كانت الشاحنة متحركة فانه حتى يكون زخم الرصاصة مساوياً لزخم الشاحنة يجب أن تتحرك الرصاصة بسرعة كبيرة جداً قريبة من سرعة الضوء وهذا عملياً غير ممكن

لنأخذ المثال التالي يوضح الحسابات:

إفرض أنه شاحنة كتلتها (10000kg) تتحرك بسرعة (36km/h) يعني (10m/s) وأن الرصاصة كتلتها (20g).

الشاحنة ① والرصاصة ② إفرض أنه زخم الرصاصة يساوي زخم الشاحنة:

$$P_2 = P_1 \Rightarrow m_2 V_2 = m_1 V_1 \Rightarrow (20\times10^{-3})(V_2) = (10000)(10)$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{10\times10^{4}}{2\times10^{-2}} = 5\times10^{6}\ m/s$$ ؟

وهذه السرعة كبيرة جداً عملياً لا يمكن إكسابها لرصاصة، لذلك لا يمكن للرصاصة أن يكون لها نفس زخم شاحنة متحركة.

6. البندقية والرصاصة بداخلها نظام معزول زخمه يساوي صفر قبل الانطلاقه عند انطلاقه الرصاصة للأمام بزخم (p) يجب أنه يكون زخم البندقية (-p) حتى يتحقق مبدأ حفظ الزخم أي أنه البندقية ترتد للخلف وحتى لا تسقط من يد الجندي فانه يضع كعب البندقية على كتفه حتى لا تسقط عند ارتدادها بسبب انطلاقه الرصاصة.

7. عندما تكون المركبة الفضائية (الصاروخ) ملاصقة للأرض فإن الصاروخ والوقود بداخله يعتبران نظام معزول عند بدء التشغيل وانطلاقه الغازات يكون لها زخم خطي نحو (ص-) وحتى يتحقق مبدأ حفظ الزخم الخطي يتحرك الصاروخ بحيث يكون له زخم خطي مساوي لزخم الغازات المنطلقة لكن باتجاه (ص+) وهذا الكلام نقصد ينطبق في الفضاء خارج الغلاف الجوي وليس له علاقة بالهواء الموجود في الغلاف الجوي.

الدرس الثاني : التصادمات

- الزخم الخطي والطاقة الحركية في التصادمات

- سؤال : ما المقصود بالتصادم ؟

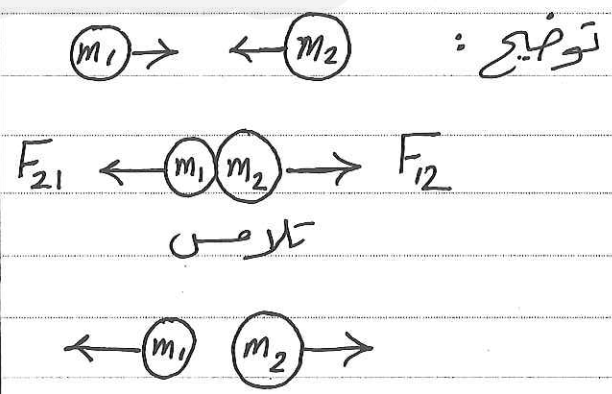
الجواب : حدث يقترب فيه جسمان أحدهما من الآخر ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة .

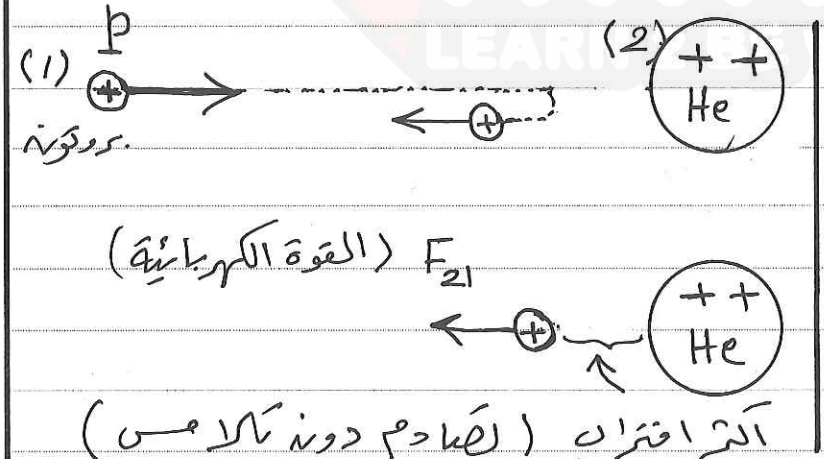
ملاحظة :

(1) قد يتضمن التصادم حدوث تلامس بين الجسمين مثل تصادم كرتي بلياردو .

(2) يمكن أن يكون التصادم دون حدوث تلامس مثل تصادم بروتون مع جسيم ألفا (نواة الهيليوم) .

توضيح :





(3) في كل أنواع التصادمات يكون الزخم محفوظاً لو كان النظام معزول .

أما الطاقة الحركية الخطية ($K = \frac{1}{2}mV^2$) قد تكون محفوظة أو غير محفوظة حسب نوع التصادم .

- إذا لم تكن الطاقة محفوظة فهذا يعني أن جزءاً منها تحول الى شكل أو أشكال أخرى من الطاقة ، مثل الطاقة الحرارية بسبب قوة الاحتكاك أو طاقة صوتية ... الخ

- وتصنف التصادمات حسب حفظ الطاقة الحركية الى نوعين رئيسيين : التصادم المرن والتصادم غير المرن .

نوعا التصادم :

(أولاً) التصادم المرن (Elastic collision) :

في هذا النوع من التصادم تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة بمعنى أن : مجموع الطاقات الحركية للأجسام قبل التصادم يساوي مجموع الطاقات الحركية لهما بعد التصادم.

ومثال عليه تصادم كرات البلياردو حيث أثناء ذلك خسران الطاقة الحركية على شكل طاقة صوتية.

وهنا ينطبق معادلتي حفظ الزخم الخطي وحفظ الطاقة الحركية

① $\sum \vec{p}_i = \sum \vec{p}_f \Rightarrow m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi} = m_A V_{Af} + m_B V_{Bf}$

② $\sum K_i = \sum K_f \Rightarrow \frac{1}{2} m_A V_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m V_{Bi}^2 = \frac{1}{2} m_A V_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bf}^2$

(ثانياً) التصادم غير المرن (Inelastic collision) :

في هذا التصادم الطاقة الحركية غير محفوظة أي أنه : مجموع الطاقات الحركية للأجسام بعد التصادم لا يساوي مجموع الطاقات قبل التصادم، وهنا جزء من الطاقة الحركية يتحول الى أشكال أخرى من الطاقة مثل ... ومن الأمثلة على هذا التصادم اصطدام كرة مطاطية بسطح صلب (مضرب مثلاً) حيث تفقد جزء من طاقتها عندما تشوه الكرة أثناء ملامستها للمضرب.

وهنا $\sum K_f \neq \sum K_i$ وتحديداً $\sum K_i > \sum K_f$

حساب التغير في الطاقة $\Delta K = \sum K_f - \sum K_i$

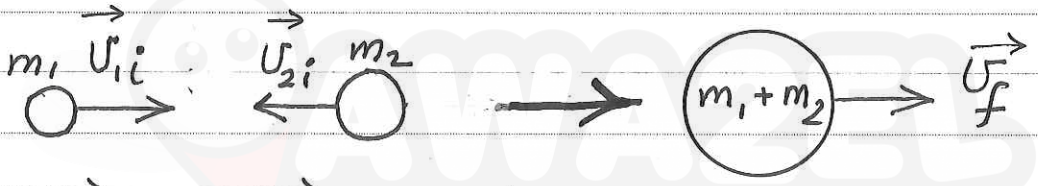
لكن الزخم يبقى محفوظ : $\sum \vec{p}_i = \sum \vec{p}_f$

* حالة خاصة من التصادم غير المرن عندما تلتحم الأجسام المتصادمة معاً بعد التصادم، ليصبح جسم واحد كتلته تساوي مجموع كتل الأجسام المتصادمة.

نسمي هذا التصادم: تصادم عديم المرونة

ومثال عليه تصادم كرتي صلصال (طينة) معاً أو إصطدام سيارتين وتحركهما معاً بعد التصادم كجسم واحد.

وهنا يحدث نقص كبير في الطاقة الحركية، ولحساب سرعة الجسم الناتج بعد التصادم v_f نطبق مبدأ حفظ الزخم:



$$\sum \vec{p}_i = \sum \vec{p}_f \qquad m_1\vec{v}_{1i} + m_2\vec{v}_{2i} = (m_1+m_2)\vec{v}_f$$

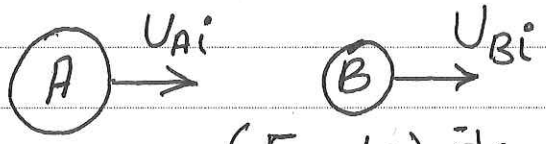
$$\therefore \vec{v}_f = \frac{m_1\vec{v}_{1i} + m_2\vec{v}_{2i}}{m_1+m}$$

* التصادم في بعد واحد:

عندما يتحرك جسمان قبل التصادم على الخط المستقيم نفسه ويتصادمان رأساً برأس (Head on Collision) بحيث تبقى حركتيهما بعد التصادم على المسار المستقيم نفسه يوصف التصادم بأنه في بعد واحد.

وقد يكون التصادم في بعدين أو ثلاثة أبعاد لكنه المطلوب منا في هذه الوحدة فقط تصادم في بعد واحد.

أمثلة و تمارين :



Q_1 : تتحرك الكرة (A) باتجاه محور (+x) بسرعة (5 m/s) تتصادم رأساً برأس بكرة أخرى (B) أمامها تتحرك باتجاه (+x) بسرعة (1 m/s) بعد التصادم تحركت (B) بسرعة (5 m/s) باتجاه (+x) ، اذا علمت أنه $m_A = 8\,kg$, $m_B = 2\,kg$

(a) جد مقدار واتجاه سرعة الكرة (A) بعد التصادم .

(b) حدد نوع التصادم .

(c) اذا كانت التصادم غير مرن جد التغير في الطاقة الحركية للنظام .

(d) أعد حل فرع (a) لو كانت (B) تتحرك نحو (-x) .

الحل : المعطيات :

$U_{Ai} = 5\,m/s$, $U_{Bi} = 1\,m/s$, $m_A = 8\,kg$

$m_B = 2\,kg$, $U_{Bf} = 5\,m/s, +x$, U_{Af} ??

(a) $\sum P_i = \sum P_f$

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

$$(8)(5) + (2)(1) = 8V_{Af} + (2)(5)$$

$$42 = 8V_{Af} + 10 \Rightarrow V_{Af} = 4\,m/s \text{ باتجاه } +x$$

(b) لتحديد نوع التصادم نجد $\sum K_i$ ، $\sum K_f$ ونقارن بينهما

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

$$= (\tfrac{1}{2})(8)(5)^2 + \tfrac{1}{2}(2)(1)^2 = 101\ J .$$

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

$$= \tfrac{1}{2}(8)(4)^2 + \tfrac{1}{2}(2)(5)^2 = 89\ J .$$

لاحظ أنه $\sum K_f < \sum K_i$ أو $\sum K_f \neq \sum K_i$

أي أنه حدث نقص في الطاقة والكرتانة لم تلتحما بعد التصادم لذلك التصادم غير مرن.

(c) $\Delta K = \sum K_f - \sum K_i = 89 - 101 = -12\ J$

∴ التغير في طاقة النظام سالب يعني أنه حدث نقص في طاقة النظام.

(d)

لاحظ هنا ($V_{Bi} = -1\ m/s$) لأنها نحو ($-x$)

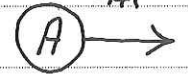
$$m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi} = m_A V_{Af} + m_B V_{Bf}$$

$$(8)(5) + (2)(-1) = (8)(V_{Af}) + (2)(5)$$

$$38 = 8V_{Af} + 10$$

$$V_{Af} = \frac{28}{8} = 3.5\ m/s\ ,\ +x$$

Q2 : في الشكل كرتا بلياردو كتلة كل كرة (0.2 kg) تتحرك (A) بسرعة (2m/s) باتجاه (+x) نحو الكرة (B) الساكنة وتتصادمان رأساً برأس تصادم مرن .



اجب :

(a) مقدار واتجاه سرعة الكرة (B) بعد التصادم .

(b) دفع الكرة (A) على (B) .

(c) دفع الكرة (B) على (A) .

المعطيات : $V_{Ai} = 2m/s$, $V_{Bi} = 0$, $m_A = m_B = 0.2kg$

المطلوب :

الحل : اعتبر (+x) هو الاتجاه الموجب

(a) $\sum P_i = \sum P_f$

$m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi} = m_A V_{Af} + m_B V_{Bf}$ ($V_{Bi} = 0$)

يمكنه اختصار الكتل لأنها متساوية

$V_{Ai} = V_{Af} + V_{Bf} \Rightarrow \boxed{V_{Af} + V_{Bf} = 2}$ ..... (1)

وبما أنه التصادم مرن فإنه الطاقة محفوظة (الطاقة الحركية) :

$\sum K_i = \sum K_f$

$\frac{1}{2} m_A V_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bi}^2 = \frac{1}{2} m_A V_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bf}^2$ ($V_{Bi} = 0$)

باختصار ($\frac{1}{2} m$)

$V_{Ai}^2 = V_{Af}^2 + V_{Bf}^2 \Rightarrow \boxed{V_{Af}^2 + V_{Bf}^2 = 4}$ ..... (2)

من معادلة (1) $\Leftarrow (V_{Af} = 2 - V_{Bf})$ عوض في معادلة (2)

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

$4 - 4V_{Bf} + V_{Bf}^2 + V_{Bf}^2 = 4$

$2V_{Bf}^2 - 4V_{Bf} = 0$

وهذه المعادلة طاحلانة $2V_{Bf}(V_{Bf}-2)=0$

(الأول): $(V_{Bf}=0)$ هذا يعني أنه (B) بقيت ساكنة و (A) بقيت متحركة بنفس السرعة أي أنها اخترقت (B) وهذا مرفوض (مستحيل).

بالتعويض في معادلة ① $\Leftarrow (V_{Af}=2)$

(الثاني): $(V_{Bf}=2\ m/s)$ هذا يعني أنه (A) سكنت و تحركت (B) بسرعة 2m/s أي أنه (A) أعطت كل زخمها للكرة (B) وهذا يحدث فقط في التصادم تام المرونة.

بالتعويض في معادلة ① $\Leftarrow (V_{Af}=0)$

(b) $I_{AB}=\Delta P_B=m_B(V_{Bf}-V_{Bi})$

$=(0.2)(2-0)=0.4\ N.S$ باتجاه $(+x)$

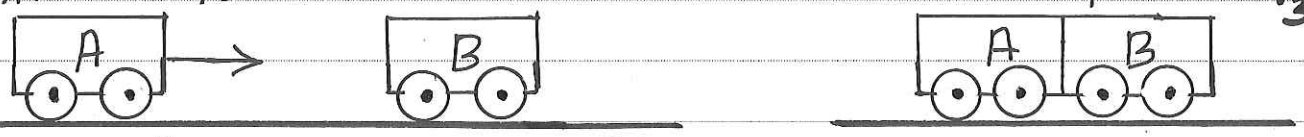
(C) $I_{BA}=\Delta P_A=m_A(V_{Af}-V_{Ai})$

$=(0.2)(0-2)=-0.4\ N.S$

OR $I_{BA}=-I_{AB}=-0.4\ N.S$

باتجاه $(-x)$.

$V_{Ai} = 3\ m/s$ — Q_3: V_f ?



$m_A = 1\times10^3\ kg$ $\quad m_B = 2\times10^3\ kg$

عربة قطار (A) تتحرك في مسار مستقيم لسكة حديد باتجاه محور (+X) فتصطدم بعربة أخرى (B) تقف على المسار نفسه، وتلتحمان معاً وتتحركان على نفس المسار. أجب عما يلي:

(a) احسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم مقداراً واتجاهاً.

(b) ما نوع التصادم؟

(c) هل الطاقة الحركية محفوظة؟ فسر إجابتك.

(a) $\sum P_i = \sum P_f$

$$m_A V_{Ai} + m_B \cancel{V_{Bi}}^{0} = (m_A + m_B) V_f$$

$$(1\times10^3)(3) = (1\times10^3 + 2\times10^3) V_f$$

$$3\times10^3 = 3\times10^3 V_f \Rightarrow V_f = 1\ m/s, +x$$

باتجاه (+x).

(b) هذا التصادم عديم المرونة لأنه العربتان التحمتا بعد التصادم.

(c) الطاقة الحركية هنا غير محفوظة ولتفسير ذلك نجد طاقة حركة النظام قبل وبعد التصادم.

$$\sum K_i = K_{Ai} + \cancel{K_{Bi}}^{0} = \frac{1}{2}(1\times10^3)(3)^2 = 4.5\times10^3\ J$$

$$\sum K_f = \frac{1}{2}(m_A + m_B) V_f^2 = \frac{1}{2}(1\times10^3 + 2\times10^3)(1)^2 = 1.5\times10^3\ J$$

$\sum K_f < \sum K_i \Rightarrow$ أي أنه نقص K للنظام

$$\Delta K = \sum K_f - \sum K_i = 1.5\times10^3 - 4.5\times10^3 = -3\times10^3\ J$$

البندول القذفي (تطبيقة على التصادم عديم المرونة)

إستخدامه : إستُخدِمَ سابقاً لقياس سرعة مقذوف مثل رصاصة قبل تطوير أدوات القياس الالكترونية .

طريقة العمل :

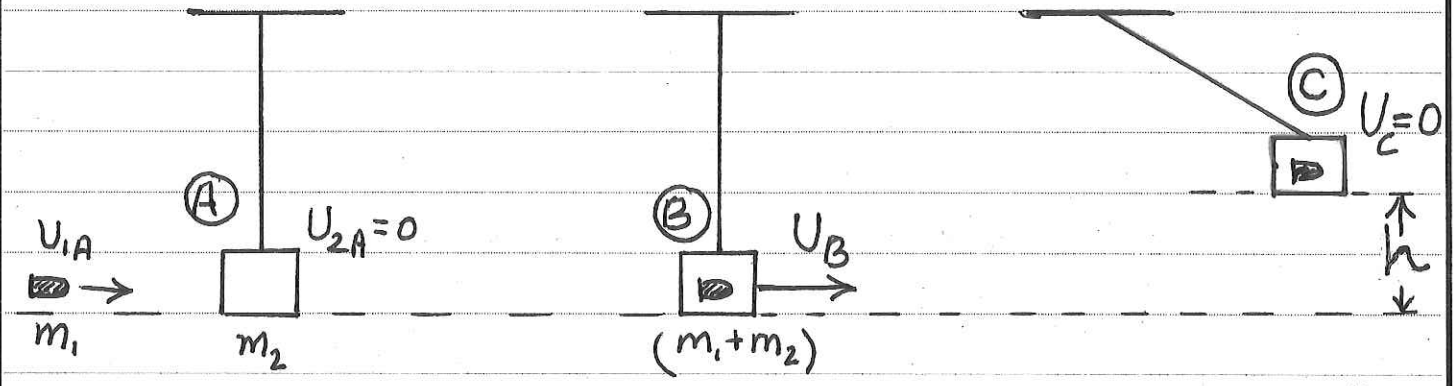
① تُطلق رصاصة كتلتها (m_1) على قطعة ساكنة كبيرة من الخشب كتلتها (m_2) معلقة بخيط خفيف، تخترقه الرصاصة قطعة الخشب وتستقر داخلها وهذا يمثل تصادم عديم المرونة .

② يتحرك النظام المكون من الرصاصة وقطعة الخشب كجسم واحد حتى يصل الى أقصى إرتفاع (h) .

③ يمكنه حساب مقدار سرعة الرصاصة (V_{1A}) قبل إصطدامها بقطعة الخشب (البندول) إذا عُلِمَ مقدار (h) حسب العلاقة :

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

توضيح اشتقاق العلاقة :



النظام قبل التصادم مباشرة | النظام بعد التصادم مباشرة | النظام عندما يصل الى أقصى ارتفاع

هنا الزخم الخطي محفوظ $(A \to B)$ لكن الطاقة الحركية غير محفوظة بسبب قوى الاحتكاك

$(B \to C)$ الطاقة الكلية (الميكانيكية) ME محفوظة بسبب إهمال الاحتكاك

هنا الطاقة

• في المرحلة $(A \to B)$ تصادم عديم المرونة ... الزخم محفوظ

$$\sum \vec{P_i} = \sum \vec{P_f}$$

$$m_1 V_{1A} + m_2 \overset{0}{\cancel{V_{2A}}} = (m_1 + m_2) V_B$$

$$V_B = \frac{m_1}{m_1 + m_2} V_{1A} \quad \cdots\cdots \quad (1)$$

•• في المرحلة $(B \to C)$ الطاقة الميكانيكية محفوظة ، نختار مستوى الإسناد عند الموقع البدائي للبندول.

$$ME_B = ME_C$$

$$K_B + \cancel{P_B} = \cancel{K_C} + P_C$$

0 (عند مستوى الإسناد) $\quad$ 0 (عند أقصى ارتفاع)

أي أن كل الطاقة الحركية للنظام عند (B) تحولت الى طاقة وضع عند (C).

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

$$\therefore \quad V_B^2 = 2gh$$

$$\therefore \quad V_B = \sqrt{2gh}$$

عوّض عن V_B من معادلة (1)

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

$$\Rightarrow \quad V_{1A} = \left(\frac{m_1+m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh} \quad . \quad \#$$

العلاقة التي تحسب سرعة قذيفة أطلقت على بندول قذفي هي:

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

m_1: كتلة القذيفة، m_2: كتلة البندول، g: تسارع الجاذبية $= 10\ m/s^2$

h: أقصى ارتفاع فوق المستوى الابتدائي للبندول

V_{1A}: سرعة القذيفة قبل اصطدامها بالبندول.

Q_1: أطلقت طالبة سهماً كتلته $(0.03\ kg)$ باتجاه بندول قذفي كتلته $(0.72\ kg)$ فاصطدم به والتحما معاً، بحيث كانا أقصى ارتفاع وصل اليه البندول فوق المستوى الابتدائي له يساوي $(20\ cm)$، وباعتبار تسارع السقوط الحر $(10\ m/s^2)$ أجب عما يأتي:

(a) أي مراحل حركة النظام المكوّن من السهم والبندول يكون فيها الزخم الخطي محفوظ؟

(b) أي مراحل حركة النظام تكون فيها الطاقة الميكانيكية محفوظة؟

(c) أحسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم.

الحل: (a) يكون الزخم الخطي محفوظاً في التصادم عديم المرونة بين السهم والبندول.

(b) الطاقة الميكانيكية للسهم محفوظة قبل التصادم، كما أنه الطاقة الميكانيكية محفوظة للنظام المكون من البندول والسهم من لحظة حركتهما معاً بعد التصادم مباشرة، وحتى وصولهما الى أقصى ارتفاع طبعاً باهمال قوى الاحتكاك.

(d) على فرض أن السهم هو الجسم ① والبندول هو الجسم ②

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

$$V_{1i} = \left(\frac{0.03+0.72}{0.03}\right)\sqrt{2\times(10)(0.2)} = (25)(2)$$

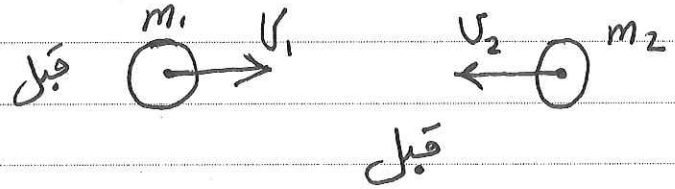
$$= 50\ m/s$$

Q2: أطلقت محققة رصاصة كتلتها $(0.03kg)$ أفقياً باتجاه بندول قذفي كتلته $(0.97kg)$ فاصطدمت به والتحما معاً، فكانة أقصى إرتفاع وصل اليه البندول فوقه المستوى الابتدائي له $(45cm)$. إحسب مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة.

الجواب: $(100\ m/s)$.

Q3: عند تصادم جسمين في بعد واحد تصادماً عديم المرونة، ما الشرط اللازم حتى يفقد النظام طاقته الحركية بعد التصادم؟

الجواب: حتى يفقد النظام طاقته الحركية بعد التصادم يجب أنه تكون سرعته بعد التصادم (V_f) مساوية للصفر وحتى يتحقق ذلك يجب أنه يكون مجموع الزخم الخطي قبل التصادم يساوي صفر أي أنه كل جسم يجب أنه يملك زخم مساوي لزخم الجسم الآخر لكنه في الاتجاه المعاكس.



لو كانة $\vec{P}_{1i} = -\vec{P}_{2i}$ $\Leftarrow$ $\sum \vec{P}_f = \sum \vec{P}_i$

$(m_1+m_2)V_f = 0 \Rightarrow V_f = 0$ $\Rightarrow$ يعني أنه النظام يسكنه بعد التصادم؟

لذلك $K = \frac{1}{2}(m_1+m_2)V_f^2 = 0$

يفقد النظام كل طاقتة الحركية.

Q4: متى يكون التصادم في بعد واحد ؟

الجواب: عندما يتحرك جسمان قبل التصادم على امتداد الخط المستقيم نفسه، ويتصادمان رأساً برأس، بحيث تبقى حركتهما بعد التصادم على المسار المستقيم نفسه.

Q5: قارنه بين التصادم المرن، والتصادم غير المرن، والتصادم عديم المرونة من حيث: حفظ الزخم الخطي، حفظ الطاقة الحركية، التحام الأجسام بعد التصادم.

من حيث / نوع التصادم	حفظ الزخم	حفظ الطاقة الحركية	التحام الأجسام
التصادم المرن	الزخم محفوظ للنظام	الطاقة الحركية محفوظة	لا تلتحم، تبقى منفصلة.
التصادم غير المرن	الزخم محفوظ للنظام	الطاقة الحركية غير محفوظة - يحدث نقص قليل في الطاقة الحركية	لا تلتحم، تبقى منفصلة.
التصادم عديم المرونة	الزخم محفوظ للنظام	الطاقة الحركية غير محفوظة يحدث نقص كبير في الطاقة الحركية	- تلتحم بعد التصادم وتتحرك كجسم واحد

مراجعة الدرس

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

2. أُفسّر: عندما تتصادم سيارتان فإنهما عادةً لا تلتحمان معًا؛ فهل يعني ذلك أنّ تصادُمَهما مرنٌ؟ أوضح إجابتي.

3. أُحلّل وأستنتج: تصادَم جسمان تصادُمًا مرنًا. أُجيب عمّا يأتي:

أ. هل مقدارُ الزخَم الخطيِّ لكلّ جسمٍ قبل التصادُم يساوي مقدارَ زخَمه الخطيّ بعد التصادُم؟ أُفسّر إجابتي.

ب. هل مقدارُ الطاقة الحركية لكلّ جسمٍ قبل التصادُم يساوي مقدار طاقته الحركية بعد التصادُم؟ أُفسّر إجابتي.

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

5. أُحلّل وأستنتج: كرتا بلياردو (A و B) لهما الكتلة نفسها وتتحركان في الاتّجاه نفسه في خط مستقيم، كما هو موضّحٌ في الشكل. قبل التصادُم، مقدار سرعة الكرة (A) يزيد بمقدار (1.2 m/s) عن مقدار سرعة الكرة (B). بعد التصادُم، مقدار سرعة الكرة (A) يساوي مقدار سرعة الكرة (B) قبل التصادُم، ومقدار سرعة الكرة (B) يزيد بمقدار (1.2 m/s) عن مقدار سرعة الكرة (A). هل التصادُم مرن أم غير مرن؟ أوضّح إجابتي.

6. أُصدر حُكمًا: تتحرك شاحنة غربًا بسرعةٍ ثابتة؛ فتصطدم تصادمًا عديم المرونة مع سيارةٍ صغيرةٍ تتحرّكُ شرقًا بمقدار سرعة الشاحنة نفسه. أُجيب عمّا يأتي:

أ. أيّهما يكون مقدار التغيُّر في زخمها الخطي أكبر: الشاحنة أم السيارة؟

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

الإجابات:

1. تصادم مرن وتصادم غير مرن ، في التصادم المرن تكون الطاقة الحركية محفوظة للنظام وفي التصادم غير المرن الطاقة الحركية غير محفوظة.

2. لا ، هذا تصادم غير مرن لأنه جزء من الطاقة يضيع بسبب الاحتكاك وجزء آخر يضيع بسبب تشوه هيكل السيارة حيث أن القوة الناتجة عن التصادم تبذل شغل في تغيير شكل هيكل كل سيارة ويكون هذا الشغل على حساب الطاقة الحركية فتقل.

3. أ. ليس بالضرورة أنه يحافظ كل جسم على زخمه لكنه مجموع الزخم للنظام قبل التصادم يساوي مجموع الزخم للنظام بعد التصادم.

ب. ليس بالضرورة أنه يحافظ كل جسم على طاقته الحركية لكنه مجموع الطاقات الحركية للنظام قبل وبعد التصادم متساويين.

4. قبل: A بكتلة m_A وسرعة V_{Ai} ، B بكتلة m_B وسرعة $V_{Bi} = 0$

بعد: A+B بسرعة V_f

$m_A = 2kg$ ، m_B ؟

$V_f = \frac{1}{4} V_{Ai}$

$$m_A V_{Ai} + m_B \cancel{V_{Bi}}^{0} = (m_A + m_B) V_f$$

$$(2)(V_{Ai}) = (2 + m_B)(\tfrac{1}{4} V_{Ai})$$

$$2 + m_B = 8 \rightarrow m_B = 6\ kg.$$

5. نفرض أنه $m_A = m_B = m$

$$\sum K_i = \frac{1}{2} m (V+1.2)^2 + \frac{1}{2} m (V)^2 .$$

$$\sum K_f = \frac{1}{2} m (V)^2 + \frac{1}{2} m (V+1.2)^2 .$$

بما أنه $\sum K_f = \sum K_i$ أي أنه الطاقة الحركية محفوظة لذلك فالتصادم مرن.

6. لنفرض السيارة (A) والشاحنة (B) فإن $m_B > m_A$
$V_{Ai} = V_{Bi}$ و $V_{Af} = V_{Bf} = V_f$.

أ. عند تصادم الشاحنة مع السيارة تؤثر كل منها بدفع على الأخرى مساوي في المقدار ومعاكس في الاتجاه حسب نيوتن الثالث

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

أي أنه مقدار التغير في الزخم الخطي لكليهما متساوي.

ب.
$$\Delta K_A = K_{Af} - K_{Ai} = \frac{1}{2} m_A V_f^2 - \frac{1}{2} m_A V_{Ai}^2$$
$$= \frac{1}{2} m_A (V_f^2 - V_{Ai}^2)$$

$$\Delta K_B = K_{Bf} - K_{Bi} = \frac{1}{2} m_B V_f^2 - \frac{1}{2} m_B V_{Bi}^2$$
$$= \frac{1}{2} m_B (V_f^2 - V_{Bi}^2)$$

لاحظ $V_{Bi} = V_{Ai}$ لكن $m_A < m_B$

∴ التغير في الطاقة الحركية للشاحنة أكبر لأنه كتلتها أكبر.

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

1. وحدة قياس الزخَم الخطيِّ حسب النظام الدولي للوحدات، هي:

أ . N.m/s. ب. $kg.m^2/s$. جـ. N/s. د. kg.m/s.

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

أ . زاد مقدار الدفع المؤثر فيه، وزاد مقدار التغيُّر في زخَمه الخطيّ.

ب. زاد مقدار الدفع المؤثر فيه، نقصَ مقدار التغيُّر في زخَمه الخطيّ.

جـ. نقصَ مقدار الدفع المؤثر فيه، وزاد مقدار التغيُّر في زخَمه الخطيّ.

د . نقصَ مقدار كلٍّ من: الدفع المؤثر فيه، والتغيُّر في زخَمه الخطيّ.

3. يعتمد الزخَمُ الخطيُّ لجسم على:

أ . كتلته فقط. ب. سرعته المُتّجهة فقط.

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

4. يتحرّك جسم كتلته (10 kg) أُفقيًّا بسرعة ثابتة (5 m/s) شرقًا. إنّ مقدار الزخَم الخطيّ لهذا الجسم واتّجاهه هو:

أ. 0.5 kg.m/s شرقًا. ب. 50 kg.m/s غربًا. جـ. 2 kg.m/s شرقًا. د. 50 kg.m/s شرقًا.

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

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

6. تركض لينا غربًا بسرعة مقدارها (3 m/s). إذا ضاعفت لينا مقدارَ سرعتها مرّتان فإنّ مقدار زخَمها الخطيّ:

أ . يتضاعفُ مرّتان. ب. يتضاعف أربع مرات. جـ. يقلُّ بمقدار النصف. د. يقلُّ بمقدار الربع.

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

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

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

8. رُميَتْ كرةٌ كتلتُها m أُفقيًّا بسرعة مقدارها v نحو جدار؛ فارتدّت الكرة أُفقيًّا بمقدار السرعة نفسه. إنّ مقدار التغيُّر في الزخَم الخطيّ للكرة يساوي:

أ. mv ب. $-mv$ جـ. $2mv$ د. صفرًا

9. كرةُ (A) تتحرك بسرعة (2 m/s) غربًا؛ فتصطدم بكرةٍ أُخرى ساكنةٍ (B) مماثلةٍ لها تصادُمًا مرنًا في بُعدٍ واحد. إذا توقفت الكرة (A) بعد التصادُم، فإنّ مقدارَ سرعة الكرة (B) واتّجاهَها بعد التصادُم يساوي:

أ. 2 m/s شرقًا. ب. 2 m/s غربًا. جـ. 1 m/s شرقًا. د. 1 m/s غربًا.

10. يركض عمرُ شرقًا بسرعة (4.0 m/s)، ويقفز في عربةٍ كتلتُها (90.0 kg) تتحرك شرقًا بسرعةٍ مقدارها (1.5 m/s). إذا علمتُ أن كتلة عمر (60.0 kg)؛ فما مقدارُ سرعة حركة عمرَ والعربة معًا؟ وما واتّجاهها؟

أ. 2.0 m/s شرقًا. ب. 5.5 m/s غربًا. جـ. 2.75 m/s شرقًا. د. 2.5 m/s شرقًا.

11. تقفز شذى من قاربٍ ساكنٍ كتلته (300 kg) إلى الشاطئ بسرعةٍ أفقيّةٍ مقدارُها (3 m/s). إذا علمت أن كتلة شذى (50 kg) فما مقدار سرعة حركة القارب؟ وما اتّجاهها؟

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

جـ. 0.5 m/s بعيدًا عن الشاطئ. د. 18 m/s بعيدًا عن الشاطئ.

أقرأُ الفقرة الآتية، ثم أُجيب عن الأسئلة (14–12) بافتراض الاتّجاه الموجب باتّجاه محور $x+$.

سيارةٌ رياضيةٌ كتلتُها (1.0×10^3 kg) تتحرّك شرقًا ($x+$) بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارها (90.0 m/s)، فتصطدم بشاحنةٍ كتلتُها (3.0×10^3 kg) تتحرّك في الاتّجاه نفسه. بعد التصادُم التحمتا معًا وتحركتا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادُم بسرعةٍ مقدارُها (25 m/s).

12. ما الزخَم الخطيّ الكُلّي للسيارة والشاحنة بعد التصادُم؟

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

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

13. ما الزخَم الخطيّ الكُلّي للسيارة والشاحنة قبل التصادُم؟

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

14. ما السرعة المُتّجهة للشاحنة قبل التصادُم مباشرةً؟

أ. −25 m/s ب. 25 m/s جـ. −3.3 m/s د. 3.3 m/s

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

أ. القوّة المُحصّلة ب. الزخَم الخطيّ جـ. الدفع د. الطاقة الحركية

2. أُفسّرُ ما يأتي:

أ . تقف نرجسُ على زلاجةٍ ساكنةٍ موضوعةٍ على أرضيّة غرفةٍ ملساء وهي تحمل حقيبتها. وعندما قذفت حقيبتها إلى الأمام تحركت هي والزلاجة معًا إلى الخلف.

ب. تُغطّى أرضيّة ساحات الألعاب عادةً بالعشب أو الرمل، حيث يكمن خطر سقوط الأطفال.

3. أُحلّل: يقف صيّاد على سطح قاربٍ صيدٍ طويلٍ ساكنٍ، ثم يتحرك من نهاية القارب نحو مقدمته. أُجيب عمّا يأتي:

أ . أُفسّر: هل يتحرك القارب أم لا؟ أُفسّر إجابتي.

ب. أُقارن بين مجموع الزخَم الخطيّ للقارب والصيّاد قبل بدء حركة الصيّاد وبعد حركته.

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

5. التفكير الناقد: حمل رائدُ فضاءٍ حقيبة معدّاتٍ خاصةٍ لإصلاح خللٍ في الهيكل الخارجي للمحطّة الفضائية، وفي أثناء ذلك انقطع الحبل الذي يثبته بها. أقترحُ طريقةً يُمكن أن يعود بها الرائد إلى المحطّة الفضائية. أفسّر إجابتي.

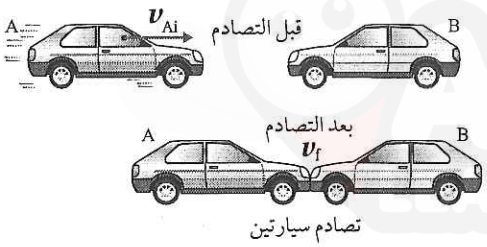
6. أُصدرُ حُكمًا: في أثناء دراسة غيثٍ لهذا الدرس، قال: «إنَّ وسائل الحماية في السيارات قديمًا أفضل منها في السيارات الحالية؛ إذ أن هياكل السيارات الحديثة مرنةٌ تتشوّه بسهولة عند تعرّض السيارة لحادث، على عكس هياكل السيارات القديمة الصلبة». أناقشُ صحّةَ قولِ غيث.

7. أُحلّل وأستنتج: تتحرّك سيارةٌ كتلتها (1.35×10^3 kg) بسرعةٍ مقدارُها (10 m/s) شرقًا، فتصطدم بجدارٍ وتتوقف تمامًا خلال فترة زمنيّةٍ مقدارُها (0.1 s)، فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. التغيُّر في الزخَم الخطيّ للسيارة.

ب. القوّة المتوسطة التي يؤثر به الجدار في السيارة.

8. أحسبُ: السيارة (A) كتلتها (2×10^3 kg) تتحرك بسرعة (6.4 m/s) باتّجاه محور $+x$، فتصطدم رأسًا برأس بسيارةٍ ساكنةٍ (B) كتلتها (1.2×10^3 kg)؛ وتلتحم السيارتان معًا بعد التصادُم وتتحرّكان على المسار المستقيم نفسه قبل التصادُم، كما هو موضح في الشكل المجاور. أحسبُ مقدار ما يأتي:



أ. سرعة السيارتين بعد التصادُم، وأُحدّد اتّجاهها.

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

9. أستخدم الأرقام: جسمٌ ساكنٌ موضوع على سطح أُفقيٍّ أملس يتكون من جزأين، A و B. كتلة الجزء A تساوي (8.0×10^2 kg)، وكتلة الجزء B تساوي (1.5×10^3 kg). إذا انفصل الجزء B عن الجزء A وتحرك مبتعدًا بسرعة (10.0 m/s)، فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. سرعة اندفاع الجزء A، وأُحدّد اتّجاهها.

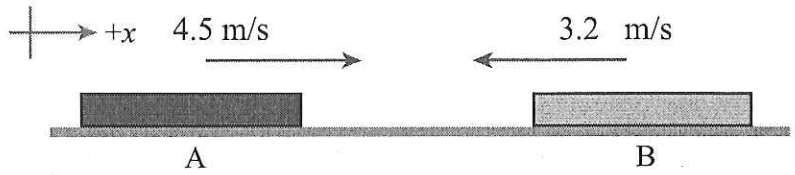
ب. الدفع المؤثر في الجزء A.

10. أُصدرُ حُكمًا: في أثناء دراسة رُوَيْدَا هذه الوحدة، قالت: «إنَّه عندما يقفز شخص من ارتفاعٍ معيّنٍ عن سطح الأرض؛ فإنه يتعيّن عليه أن يُبقي رجليه ممدودتين لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض حفاظًا على سلامته». أناقشُ صحة قول رُوَيْدَا بناءً على المفاهيم الفيزيائية التي تعلمتُها في هذه الوحدة.

11. أحسبُ: أثّرت قوّة محصلة مقدارها (1×10^3 N) في جسم ساكن كتلته (10 kg) وحرّكته باتّجاهها فترةً زمنيةً مقدارها (0.01 s). أحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. التغيُّر في الزخَم الخطيّ للجسم.

ب. السرعة النهائية للجسم.



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

أ . أحسبُ مقدار كتلة العربة (B).

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

جـ. أوضح هل التصادُم مرنٌ أم غير مرن؟

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

أ . سرعة النظام (السهم والهدف) بعد التصادُم.

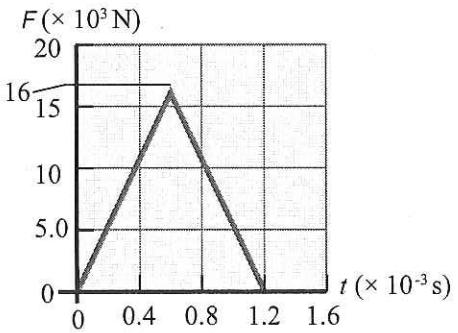
ب. التغيُّر في الطاقة الحركية للنظام.

14. تنزلق كرة زجاجية كتلتها (0.015 kg) باتّجاه 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 التصادُم ارتدّت الكرة الأولى شرقًا بسرعة مقدارها (0.315 m/s). أُجيب عمّا يأتي:

أ . أحسبُ مقدار سرعة الكرة الثانية بعد التصادُم، وأُحدّد اتّجاهها.

ب. أُحدّد نوع التصادُم.

15. أُفسّر البيانات: يوضح الشكل المجاور منحنى (القوّة – الزمن) للقوة المُحصّلة المؤثّرة في كرة بيسبول كتلتها (145 g) في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. أستعين بهذا المنحنى والبيانات المثبتة فيه للإجابة عمّا يأتي بإهمال وزن الكرة:



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

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

جـ. أحسبُ مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوّة المُحصّلة فيها باعتبارها ساكنة لحظة بدء تأثير القوّة المُحصّلة.

د. أحسبُ مقدار القوّة المتوسطة المؤثّرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب.

إجابات أسئلة مراجعة الوحدة

1. ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة :

1. $p = mV$ — $kg\ m/s$

الجواب: (د)

2.

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

كلما زاد زمن تأثير القوة (Δt) زاد مقدار الدفع ومقدار التغير في الزخم الخطي.

الجواب: (أ)

3.

$$\vec{p} = m\vec{V}$$

يعتمد الزخم الخطي للجسم على كتلته وسرعته المتجهة

الجواب: (ج)

4.

$$\vec{p} = m\vec{V} = (10)(5) = 50\ kg\ m/s$$

شرقاً

الجواب: (ب)

5. عندما تحركت كمالا $p = 9 \times 10^4\ N.s$ لو تحركت بنفس السرعة للجنوب فقط نعكس إشارة الزخم

$p = -9 \times 10^4\ N.s$ ∴

الجواب : (ب)

6. $p = mV$ لو ضاعفت السرعة $V' = 2V$

$p' = m(2V) \leftarrow p' = 2(mV) \leftarrow p' = 2p$ ∴

∴ يتضاعف الزخم مرتان

الجواب : (أ)

7. $F_B = F_A$ لنفس الفترة الزمنية (Δt)

∴ الدفع المؤثر عليهما متساوي

∴ مقدار التغير في الزخم متساوي

$$\Delta p_A = p_{Af} - \cancel{p_{Ai}}^{0} = p_A$$

$$\Delta p_B = p_{Bf} - \cancel{p_{Bi}}^{0} = p_B$$

∴ عند نهاية الفترة $(p_A = p_B)$

لكن

$$K_A = \frac{p^2}{2m_A} \quad , \quad K_B = \frac{p^2}{2m_B}$$

وحسب نص السؤال $m_B < m_A$

∴

$$K_B > K_A$$

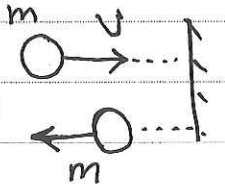
أو

$$K_A < K_B$$

∴ $p_A = p_B$ ، $K_A < K_B$

الجواب : (أ)

8.



$$\Delta p = p_f - p_i$$
$$= m(-V) - mV$$
$$= -2mV$$

الجواب: (أ)

السالب للاتجاه والمقدار $(2mV)$

.9

قبل: (A) ← (B)

$V_{Ai} = 2\,m/s$ ، $V_{Bi} = 0$

بعد: (A) (B) ←

$V_{Af} = 0$ ، V_{Bf}

عندما تتوقف (A) بعد التصادم إذا أعطت كل زخمها وطاقتها الحركية للكرة (B) ولأنه لكليهما نفس الكتلة لذلك فإنه سرعة (B) غرباً $2\,m/s$

بالحل الرياضي: إعتبر (−x) الاتجاه السالب

$$\sum P_i = \sum P_f$$

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

$$(m_A)(-2) = (m_B)(V_{Bf})$$

$$\therefore V_{Bf} = -2\,m/s$$

$= 2\,m/s$ ، غرباً

الجواب: (ب)

.10

A ← $V_{Ai} = 4\,m/s$ ، $V_{Bi} = 1.5\,m/s$ →

$m_A = 60\,kg$ ، B ، $m_B = 90\,kg$

قبل

A فوق B ← V_f

بعد

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_A V_A + m_B V_B = (m_A + m_B) V_f$$

إعتبر (+x) هو الاتجاه الموجب

$$(60)(4) + (90)(1.5) = (60+90) V_f$$

$$375 = 150\, V_f$$

$$\therefore V_f = \frac{375}{150} = +2.5\,m/s$$

$$\therefore V_f = 2.5\,m/s \;;\; +x$$

(شرقاً)

الجواب: (ج)

.11

A فوق B على سطح أملس

$V_{Af} = 3\,m/s$ →

V_{Bf} ؟

افرض سنزي (A) والقارب (B)

$m_A = 50\,kg$ ، $m_B = 300\,kg$

$V_{Ai} = V_{Bi} = 0$ ، $V_{Af} = 3\,m/s$

إفرض (+x) الاتجاه الموجب نحو اليمين.

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$0 = m_A V_{Af} + m_B V_{Bf}$$

$$0 = (50)(3) + (300) V_{Bf}$$

$$V_{Bf} = -0.5\,m/s$$

بعداً عن اليمين

* السيارة (A) والشاحنة (B)

$m_A = 1\times10^3\ kg$, $m_B = 3\times10^3\ kg$

$V_{Ai} = 90\ m/s \ \dots (+x)$

$V_{Bi} = \dots ? \ \dots (+x)$

التحمتا بعد التصادم وتحركتا بسرعة

$V_f = 25\ m/s$

12. الزخم الخطي الكلي يعني مجموع الزخم.

$\sum p_f = (m_A + m_B)\, V_f$

لأنهما أصبحا جسماً واحداً

$\therefore \sum p_f = (1\times10^3 + 3\times10^3)(25)$

$= 100\times10^3$

$= 1\times10^5\ kg\ m/s$.

الجواب : (أ)

$\sum p_i = \sum p_f = 1\times10^5\ kg\ m/s$ .13

الجواب : (ج)

$\sum p_i = \sum p_f$ .14

$m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi} = 1\times10^5$

$(1\times10^3)(90) + (3\times10^3)(V_{Bi}) = 1\times10^5$

$3\times10^3 V_{Bi} = 10\times10^4 - 9\times10^4$

$V_{Bi} = \frac{1\times10^4}{3\times10^3} = \frac{10}{3} = +3.3\ m/s$

$\therefore V_{Bi} = 3.3\ m/s\ , +x$

الجواب : (ج)

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

الجواب (ب)

2. مجموع زخم نرجس والزلاجة والحقيبة البدائي يساوي صفر وحتى يبقى
ع. الزخم محفوظ عندما تقذف نرجس الحقيبة إلى الأمام يجب أن
يكون زخم نرجس والزلاجة مساوياً لزخم الحقيبة ومعاكس في له
في الاتجاه حتى يبقى مجموع الزخم مساوياً للصفر.

ت. حتى يتغير زخم الطفل عند سقوطه على الأرضية خلال زمن أطول
فتقل القوة المؤثرة عليه $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$ فيقل خطر السقوط.

3. ع. يتحرك القارب بالاتجاه المعاكس لحركة الصياد لأنه لنظام
المكون من الصياد والقارب معزول فالزخم محفوظ قبل
حركة الصياد الزخم الكلي صفر وحتى يبقى مساوياً للصفر
يجب أنه يتحرك القارب بحيث يكون زخمه مساوي لزخم الصياد
ومعاكس في الاتجاه.

ت. مجموع الزخم الخطي للقارب والصياد قبل بدء الحركة وبعد الحركة
متساوي ويساوي صفر.

4. العلاقة بين الزخم الخطي والطاقة الحركية $K = \frac{P^2}{2m}$

حسب الفرض $K_A = K_B$

إذا كان لكليهما نفس الطاقة الحركية $\frac{P_A^2}{2m_A} = \frac{P_B^2}{2m_B}$

فإنه ليس بالضرورة أنه يكون (A ، B) لهما نفس الزخم
يتحقق ذلك فقط لو تساوت الكتل.

إذا كان $m_A = m_B$ $\longleftarrow$ $P_A = P_B$

5. زخم رائد الفضاء وحقيبة المعدات محفوظ لذلك يُفترض أنه
يقذف رائد الفضاء الحقيبة بعيداً عنه المركبة الفضائية بأكبر
سرعة ممكنة حتى يكسب هو زخم معاكس لزخم الحقيبة
ويقترب من المركبة الفضائية.

6. كلام غير صحيح لأن الهياكل المرنة تجعل تغير زخم السيارة والركاب يحدث خلال زمن أطول (Δt) لذلك تقل القوة المؤثرة على الركاب فتقل خطورة التصادم ($F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$) أما في الهياكل الصلبة يتغير الزخم خلال زمن قصير فيتولد قوة كبيرة قد تسبب أضرار كبيرة للركاب.

7. (ملاحظة: تم تعديل القيم في السؤال لتسهيل الحسابات على الطالب)

$m = 1.35 \times 10^3\ kg$, $V_i = 10\ m/s$, $\Delta t = 0.1\ S$, $V_f = 0$

أ. $\Delta p = m(V_f - V_i) = (1.35 \times 10^3)(0-10)$ ← $+x$ ترمز

$= -13.5 \times 10^3\ kg\,m/s$

$= 13.5 \times 10^3\ kg\,m/s$, $-x$

ب. $\vec{F} = \frac{\vec{\Delta p}}{\Delta t} = \frac{-13.5 \times 10^3}{0.1} = -135 \times 10^3\ N$

$= 135 \times 10^3\ N$, $-x$

8. "ملاحظة: تم تعديل كتلة السيارة (A) لتسهيل الحسابات على الطالب"

$m_A = 2 \times 10^3\ kg$, $m_B = 1.2 \times 10^3\ kg$, $V_{Ai} = 6.4\ m/s$, $+x$, $V_{Bi} = 0$

أ. $m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi}^{0} = (m_A + m_B) V_f$

$(2 \times 10^3)(6.4) = (2 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3) V_f$

$\therefore V_f = \frac{2 \times 10^3 \times 6.4}{3.2 \times 10^3} = +4\ m/s$, $+x$

ب. $I_{BA} = \Delta p_A = m_A (V_{Af} - V_{Ai})$

$= (2 \times 10^3)(4 - 6.4) = -4.8 \times 10^3\ N.S$

بالاتجاه $(-x)$.

Q9. أ.

V_{Af}?

$m_B = 1.5 \times 10^3 kg$ ، $m_A = 8 \times 10^2 kg$

$V_{Ai} = V_{Bi} = 0$

إفرض أنه (-x) الاتجاه كالب

$\Sigma P_i = \Sigma P_f$

$0 = m_A V_{Af} + m_B V_{Bf}$

$0 = (8 \times 10^2)(-10) + (1.5 \times 10^3) V_{Bf}$

$\therefore V_{Bf} = \frac{8 \times 10^3}{1.5 \times 10^3} = \frac{80}{15} = \frac{16}{3} = +5.3$ m/s

يتحرك (A) باتجاه معاكس لحركة (B) ... نحو (+x).

ب. $I_{BA} = \Delta p_A = m_A (V_{Af} - V_{Ai})$

$= (8 \times 10^2)(5.3 - 0)$

$= 42.4 \times 10^2$ N.S , +x

Q10. كلام وليد غير صحيح لانه بقاء الرجلين ممدودتين يؤدي الى تغير زخم الشخص خلال زمن قصير عند ملامسة قدميه للأرض فتكون القوة المؤثرة عليه كبيرة جداً ($F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$) قد تؤدي الى كسر في العظام.
لذلك يفضل ثني الرجلين عند ملامسة القدمين للأرض لإطالة زمن التغير في الزخم فتقل القوة المؤثرة على الشخص.

Q11. $\Delta t = 0.01 s$ ، $F = 1 \times 10^3 N$ ، $m = 10 kg$ ، $V_i = 0$

أ. $\Delta p = I = F \Delta t = (1 \times 10^3)(0.01) = 10$ N.S

ب. $\Delta p = m(V_f - V_i) \Rightarrow (10)(V_f - 0) = 10 \Rightarrow V_f = 1$ m/s

Q12. ملاحظة: قيم هذه المسألة بحاجة الى آله حاسبة وليأتي مثل هذه القيم في امتحان الوزارة.

ب.

على إعتبار أن إتجاه (+x) هو الاتجاه الموجب فإن

$V_{Ai} = +4.5\ m/s$ $\quad V_{Bi} = -3.2\ m/s$

$V_{Af} = -1.9\ m/s$ $\quad V_{Bf} = 3.7\ m/s$

$m_A = 0.28\ kg$ $\quad m_B = ?$

عند تطبيقه مبدأ حفظ الزخم

$$m_A V_{Ai} + \underbrace{m_B}_{?} V_{Bi} = m_A V_{Af} + \underbrace{m_B}_{?} V_{Bf}$$

لأنه (m_B) مجهولة نفضل كتابة مبدأ حفظ الزخم على الصورة

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

$$m_A(V_{Af} - V_{Ai}) = -m_B(V_{Bf} - V_{Bi})$$

$$(0.28)(-1.9 - 4.5) = -(m_B)(3.7 - -3.2)$$

$$-(0.28)(6.4) = -m_B(6.9) \Rightarrow m_B \simeq 0.26\ kg$$

ت. $F_{AB} = -F_{BA} \rightarrow \frac{\Delta p_B}{\Delta t} = -\frac{\Delta p_A}{\Delta t} \Rightarrow \Delta p_B = -\Delta p_A$

$$\Rightarrow m_B(V_{Bf} - V_{Bi}) = -m_A(V_{Af} - V_{Ai})$$

$$\Rightarrow m_B V_{Bf} + m_A V_{Af} = m_B V_{Bi} + m_A V_{Ai} \Rightarrow \sum p_f = \sum p_i$$ #

ث. $\sum K_i = \frac{1}{2}(0.28)(4.5)^2 + \frac{1}{2}(0.26)(-3.2)^2 = 4.17\ J$

$\sum K_f = \frac{1}{2}(0.28)(1.9)^2 + \frac{1}{2}(0.26)(3.7)^2 = 2.29\ J$

∵ لاحظ $\sum K_i > \sum K_f$ الطاقة غير محفوظة ولم يلتحم الجسمان لذلك التصادم غير مرن

Q13 إفرض الجسم (A) والهدف (B) وأنه (+x) الاتجاه الموجب
لذلك فإنه الغرب (−x) هو الاتجاه السالب

أ. من نص السؤال:

$m_A = 0.20\ kg$, $V_{Ai} = -15\ m/s$

$m_B = 5.8\ kg$, $V_{Bi} = 0$ (التحم الجسم بالهدف ← تصادم عديم المرونة)

$$m_A V_{Ai} + m_B \overrightarrow{V_{Bi}}^{0} = (m_A + m_B) V_f$$

$$(0.2)(-15) + 0 = (0.2 + 5.8) V_f$$

$$V_f = \frac{-3}{6} = -0.5\ m/s \longrightarrow \text{الحركة نحو الغرب}$$
$$= 0.5\ m/s \text{ و } -x .$$

ب. $$\sum K_i = \frac{1}{2}(0.2)(-15)^2 + \frac{1}{2}(5.8)(0)^2 = 22.5\ J$$

$$\sum = \frac{1}{2}(6)(-0.5)^2 = 0.75\ J$$

$$\Delta K = \sum K_f - \sum K_i = 0.75 - 22.5 = -21.75\ J$$

Q14 (بحاجة الى آلة حاسبة)
إفرض الكرة الاولى (A) والثانية (B) والاتجاه الموجب هو +x

لذلك $m_A = 0.015\ kg$, $V_{Ai} = -0.225\ m/s$, $V_{Af} = 0.315\ m/s$

$m_B = 0.03\ kg$, $V_{Bi} = 0.18\ m/s$, V_{Bf} ?

أ. من مبدأ حفظ الزخم: $\sum P_i = \sum P_f$:

$$(0.015)(-0.225) + (0.03)(0.18) = (0.015)(0.315) + (0.03) V_{Bf}$$

$$2 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-3} + 3 \times 10^{-2} V_{Bf}$$

$$\therefore V_{Bf} = \frac{-2 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-2}} = -0.66 \times 10^{-1} = -0.066\ m/s$$

نحو الغرب أي (−x).

ب.
$$\sum K_i = \frac{1}{2}(0.015)(0.225)^2 + \frac{1}{2}(0.03)(0.18)^2 = 9\times10^{-4}\ J$$

$$\sum K_f = \frac{1}{2}(0.015)(0.315)^2 + \frac{1}{2}(0.03)(0.066)^2 = 8\times10^{-4}\ J$$

$\sum K_i > \sum K_f$ لم يلتحم الجسمان وحدث نقص في الطاقة الحركية لذلك فالتصادم غير مرن.

Q15

أ. يمثل أكبر قوة يؤثر فيها المضرب على الكرة $F = 16\times10^3\ N$

ب. لأن القوة متغيرة
$$I = Area = \frac{1}{2}(1.2\times10^{-3} - 0)(16\times10^3) = 9.6\ N.S$$

ج. اذا كانت ساكنة في البداية $V_i = 0$

$$\Delta p = I \Rightarrow m(V_f - V_i) = I$$

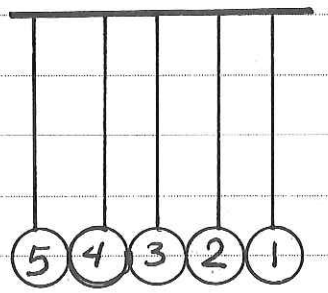
$$(145\times10^{-3})(V_f - 0) = 9.6$$

$$V_f = \frac{9.6}{145\times10^{-3}} = \frac{9600}{145} = 66.2\ m/s$$

د.
$$I = \bar{F}\Delta t \Rightarrow \bar{F} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{9.6}{1.2\times10^{-3} - 0}$$

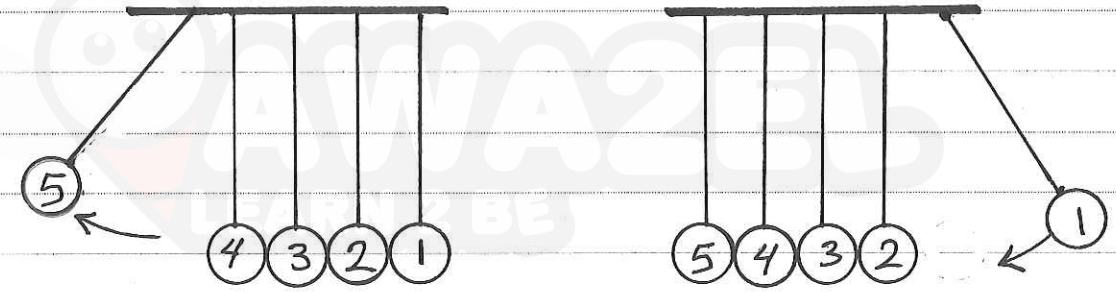
$$\therefore \bar{F} = 8\times10^3\ N.$$

تمرين (كرات نيوتن) :



يمثل الشكل لعبة شهيرة تسمى كرات نيوتن تتكون من خمس كرات فلزية صلبة متماثلة متراصة معلقة بخيوط خفيفة.

أ. عند سحب الكرة ① نحو اليمين ثم إفلاتها، فإنها تصطدم مع الكرة ② تصادماً **مرناً** وبدلاً من حركة الكرة ② نلاحظ أن الكرة ⑤ تقفز في الهواء ... فسر ما الذي حدث.

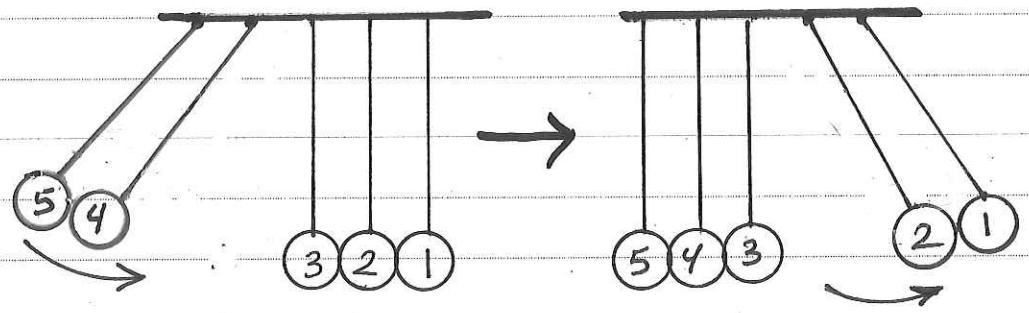


التفسير: لو كانت سرعة الكرة ① قبل تصادمها مع ② مباشرة هي (V) وعلى إعتبار أنه النظام المكون من الخمس كرات معزول فإنه زخم النظام قبل التصادم مباشرة (mV) ولأنه النظام معزول فالزخم محفوظ لذلك يجب أنه يكون الزخم للنظام بعد التصادم مباشرة (mV) ولأنه كل الكرات لها نفس الكتلة سوف تنطلق الكرة (5) بسرعة (V) وبنفس اتجاه سرعة الكرة ① لأنه الزخم محفوظ مقداراً واتجاهاً. ولأنه الطاقة محفوظة (لأنه تصادم مرن) سوف تصل الكرة ⑤ الى نفس الارتفاع الذي سقطت منه الكرة ①.

ب. ماذا تتوقع أنه يحدث اذا سحبت الكرتين ⑤ و ④ من الجانب الايسر ثم أفلتتهما معاً؟

الجواب: سوف تنطلق الكرتان ②، ① من الجانب الايمن حتى يتحقق مبدأ حفظ الزخم الخطي والطاقة الحركية.

توضيح (ب)



• ماذا نتوقع أنه يحدث اذا سحبت الكرتين الخارجيتين على الجانبين الى الارتفاع نفسه وأفلتهما في اللحظة نفسها؟

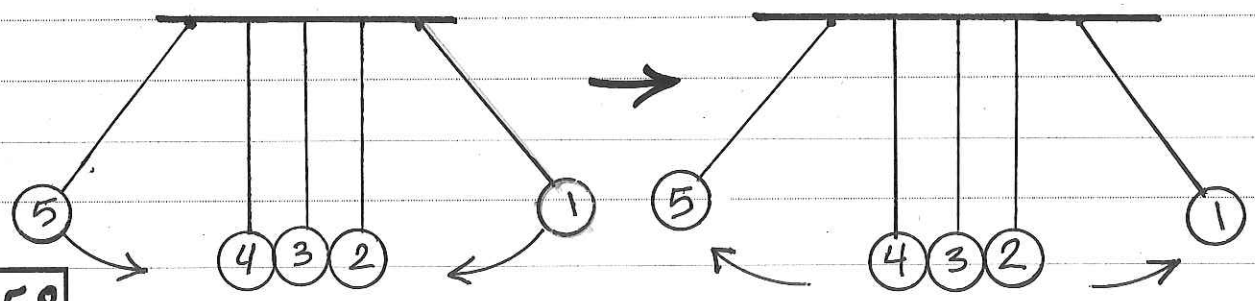
الجواب : النظام ككل معزول (باهمال الوزن لانه زمن تأثيره قليل جداً) لو كانت سرعة الكرتين ① ، ⑤ قبل التصادم مع المجموعة مباشرة (V و -V) لذلك فانه زخم النظام قبل التصادم مباشرة يساوي صفر ⇐ $\Sigma P_i = (m)V + m(-V)$

لذلك يجب أنه يكون الزخم مباشرة بعد التصادم مساوياً للصفر لذلك هذا لا احتمالا نه

الاول : لو سكنت الكرتان بعد التصادم أي (① و ⑤) سيكون الزخم الكلي بعد التصادم مساوياً للصفر وهذا يتوافق مع مبدأ حفظ الزخم لكنه يتعارض مع مبدأ حفظ الطاقة الحركية .

حيث $\Sigma K_i \neq 0$ و $\Sigma K_f = 0$ لذلك هذا الاحتمال مرفوض

الثاني : أنه تتحرك كل كرة بنفس مقدار السرعة قبل التصادم مباشرة لكنه في الاتجاه المعاكس وهذا يحقق مبدأ حفظ الزخم والطاقة الحركية



د. (مُكرَّر) لو حسبنا الكرة ① وأغلقت للحركة وكانت سرعتها قبل التصادم مباشرة مع الكرة ② تساوي (٧) هل يمكنه أنه تنطلقه الكرتان ④، ⑤ بسرعة ($\frac{1}{2}$٧) لكل منها ؟!

الإثراء والتوسع : تصميم السيارة والسلامات

عند توقف سيارة بشكل مفاجئ نتيجة حدوث تصادم ؛ فإنه قوى كبيرة تؤثر في السيارة وركابها ، وتبدد طاقاتهم الحركية وقد تسبب للركاب إصابات خطرة وهناك أربع وسائل أمان لحماية الركاب عند وقوع الحادث

• وسائل الامان عند وقوع الحوادث للسيارات :

1. ماصّات صدمات في مقدمة السيارة ومؤخرها .
2. أحزمة الأمان .
3. الوسائد الهوائية .
4. مساند الرأس .

سؤال : وضح كيف تعمل ماصات الصدمات في تقليل خطورة الحادث؟

الجواب : تنبعج ماصات الصدمات وتتشوه بطريقة يجري فيها امتصاص الطاقة الحركية للسيارة وركابها **تدريجياً** وكذلك يتشوه هيكل السيارة المصنوع من صفائح لينة مما يؤدي الى تناقص السرعة بالتدريج وهذا بدوره يزيد زمن التصادم ويقلل مقدار القوة المحصلة المؤثرة في السيارة والركاب فيقل احتمال تعرضهم لإصابات خطيرة .

سؤال : كيف تعمل أحزمة الامان على حماية الراكب أو السائق عند وقوع حادث سيارة ؟

الجواب : ١. تمنع الراكب من أن يرتطم بزجاج السيارة الأمامي أو بعجلة القيادة ، لانه حزام الامان يؤثر على الراكب بقوة (10000 N) بعكس اتجاه حركة السيارة توقف الراكب خلال مسافة (0.5 m) .

ب. اذا كانة حزام الامان مربوط يثبت الراكب ويحتاج زمنة أطول حتى يتوقف أما اذا كان غير مربوط فانة الراكب يتوقف خلال زمنة قصير أي أن التغير في الزخم في كلتا الحالتين نفسه لكنة القوة المؤثرة على الراكب في حال وجود حزام الامان ستكون أقل لانة التوقف إحتاج زمن أطول $\left(F = \frac{\Delta P}{\Delta t}\right)$

سؤال: كيف تعمل الوسائد الهوائية الموجودة في السيارات على حماية الركاب من الاصابات الخطرة؟

الجواب: عند حدوث تصادم تنتفخ الوسائد الهوائية فتحمي السائق من الاصطدام بعجلة القيادة، وتزيد من زمن تغير سرعتة وزخمة فيقل مقدار القوة المؤثرة فيه كما أنة هذه القوة تؤثر في مساحة أكبر من جسمه فيقل الضغط المؤثر عليه

سؤال: ما اهمية مساند الرأس في السيارة؟

الجواب: تضمن مساند الرأس حركة رأس الراكب والسائق للأمام مع الجسم عند صدم السيارة من الخلف. وهذا يمنع كسر الجزء العلوي من العمود الفقري أو تلفه.

* كل الوسائل السابقة مهمة لكنها ثانوية لانها تعمل على الحماية من الاصابات الخطرة عند وقوع الحادث لكنها لا تمنع الحوادث؟ أما عوامل السلامة الاساسية هي التي تسهم في منع وقوع الحوادث وهي:

أ. ثبات السيارة على الطريق.
ب. كفاءة المكابح.
ج. فاعلية انظمة القيادة والتوجيه.
د. انتباه السائق.
هـ. قدرة السائق على التعامل مع المتغيرات المفاجئة التي تحدث أثناء القيادة.