الدرس الثاني: تطبيقات على حفظ الزخم الخطي م. عالية المخامرة

الاسم: مدرسة بطريركية الروم الأرثوذكس المقدسية - عمان التاريخ:2025/9/13

نتاجات التعلّم:

- أُصنّف التصادُمات إلى مَرنةٍ وغير مرنة وفقًا للتغيُّرات التي تطرأ على الطاقة الحركية للأجسام المُتصادمة.
- أُفسّر التغيّر في الطاقة الحركيّة في أثناء التصادُم في ضوء انتقال الطاقة وتحوُّلاتها ومبدأ حفظ الطاقة.
- أفسر مبدأ عمل تطبيقات عملية تقلل من الأضرار الناتجة عن تصادم جسمين.
- أُطبّق بحلّ مسائلَ على التصادُمات.

أفكر: لماذا يحتاج خرطوم إطفاء الحريق عادةً إلى أكثر من رجل إطفاء للإمساك به عند اندفاع الماء منه بسرعة كبيرة، كما هو موضح في الشكل (11)؟

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

المفاهيم والمصطلحات:

تصادُم مرنٌ	Elastic Collision
تصادُم غير مرنٍ	Inelastic Collision

الطاقة الحركية والزخم الخطي في الأنظمة المعزولة

- الطاقة الحركية: الطاقة التي يمتلكها الجسم المتحرك أي يكتسبها او يبذلها الجسم نتيجة حركته وتعتمد على:

1- الكتلة(m): طردية بثبوت السرعة
2- مربع السرعة(v^2): طردية بثبوت الكتلة

- قانون الطاقة الحركية: $$KE = \frac{1}{2} m v^2$$

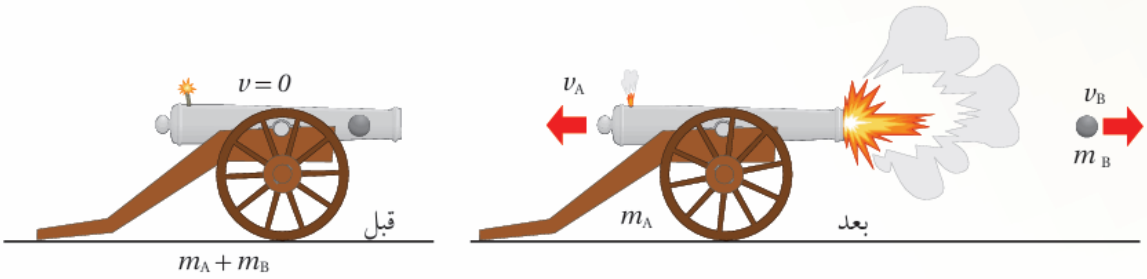
- وحدة القياس: جول ($Kg.m^2.s^{-2}$)

<u>سندرس نوعين من التغيير في الطاقة الحركية للأنظمة المعزولة:</u>

1- تفكك جسم الى جسمين مثل أطلاق قذيفة من مدفع وانفصال صاروخ فضائي الى جزئين
2- التصادمات.

حفظ الزخم الخطي عند إطلاق قذيفة

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



بما أن تفكك النظام يحدث نتيجة تأثير قوى فعل ورد فعل داخلية، ناتجة عن انفجار البارود؛ فإن الزخم الخطي يكون محفوظًا، شريطة أن تكون قوة الاحتكاك الخارجية التي يؤثر بها سطح الأرض في المدفع مهملة مقارنة بالقوى الداخلية.

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

المثال 5

مدفعٌ ساكنٌ كتلتُه (2.0×10^3 kg)، فيه قذيفةٌ كتلتُها (50.0 kg). أُطلقت القذيفة أُفقيًّا من المدفع بسرعة (1.2×10^2 m/s) باتّجاه محور $+x$. أحسبُ ما يأتي:

أ . الدفعُ الذي تؤثّر به القذيفة في المدفع.

ب. سرعة ارتداد المدفع.

المثال 6

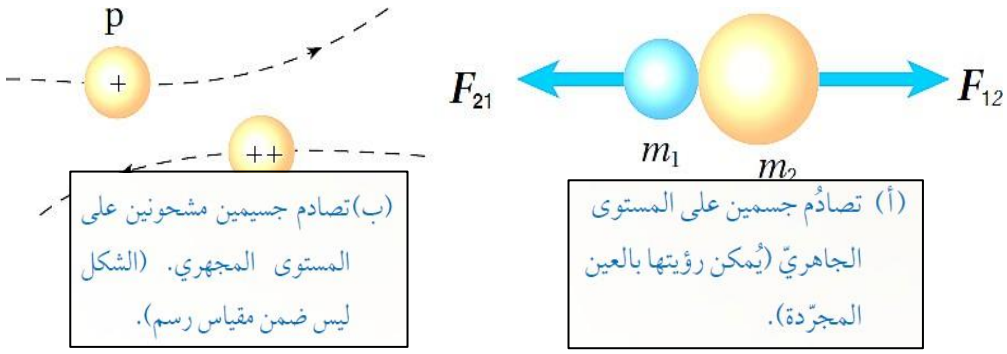
رائد فضاء كتلته (80 kg) يحمل جسمًا كتلته (40 kg)، ويتحرك باتجاه محور ($+x$) بسرعة ثابتة (6 m/s)، قذف الجسم باتجاه محور ($+x$) بسرعة (21 m/s)، كما في الشكل (12). أحسب ما يأتي:

أ . سرعة رائد الفضاء بعد قذفه للجسم.

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

الطاقة الحركية والزخم الخطي في التصادمات

- مصطلح التصادم يستخدم لتمثيل حدث يقترب فيه جسمان من بعضهما ويؤثّر كلٍ منهما بالآخر بقوّة.
- قد يتضمن التصادم تلامساً مثل كرات البلياردو أو قد لا يحدث تلامس كما يحدث في تصادم جسيمات مشحونة عل المستوى المجهري.



(ب)تصادم جسيمين مشحونين على المستوى المجهري. (الشكل ليس ضمن مقياس رسم).

(أ) تصادُم جسمين على المستوى الجاهريّ (يُمكن رؤيتها بالعين المجرّدة).

تصادم غير مباشر | تصادم مباشر

تصادم غير مباشر

جسيم ألفا (α) مع نواة ذرة الذهب (Au) في تجربة رذرفورد الشهيرة، كما هو موضّح في الشكل (13/ ب). جسيم ألفا يحمل شحنة موجبة، وعند اقترابه من نواة عنصر الذهب تتولد قوة تنافر كهربائية بينهما تؤدي الى تغيير مسار جسيم ألفا دون حدوث تلامس بينهما.

- الزخم الخطي يكون في جميع أنواع التصادمات محفوظ (الأنظمة المعزولة والمغلقة)
- أما الطاقة الحركية فإنها أحياناً تكون محفوظة وأحياناً تكون غير محفوظة بسبب ضياع جزء من الطاقة أثناء التصادم.
- صدور صوت اثناء التصادم او وجود حرارة يعتبر من أسباب عدم حفظ الطاقة الحركية لأنها تحولت الى شكل اخر من الطاقة

تصنيف التصادمات حسب حفظ الطاقة الحركية:

1- تصادم مرن:

- مجموع الطاقة الحركية لأجزاء النظام قبل التصادم مساوياً لمجموع الطاقة الحركية لأجزاء النظام بعد التصادم. (الطاقة الحركية محفوظة)
- بالإضافة إلى أنّ الزخم الخطي محفوظ دائماً.

عند تصادُم جسمين A و B تصادُمًا مرنًا، فإنني أطبّق معادلتَيْ حفظِ الزخم الخطّي وحفظ الطاقة الحركيّة عليهما كما يأتي:

$$\sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{i}} = \sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{f}}$$

$$m_{\mathrm{A}}\boldsymbol{v}_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}}\boldsymbol{v}_{\mathrm{Bi}} = m_{\mathrm{A}}\boldsymbol{v}_{\mathrm{Af}} + m_{\mathrm{B}}\boldsymbol{v}_{\mathrm{Bf}}$$

$$\sum KE_{\mathrm{i}} = \sum KE_{\mathrm{f}}$$

$$\frac{1}{2} m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Ai}}{}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bi}}{}^2 = \frac{1}{2} m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Af}}{}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bf}}{}^2$$

❋ بإجراء بعض العمليات الرياضية البسيطة على هاتين المعادلتين، وحل المعادلتين يمكن التوصل إلى العلاقة الآتية:

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

يمكن استخدام هذه العلاقة لحل مسائل في التصادمات المرنة في بعد واحد.

من الأمثلة على التصادمات المرنة تصادم كرات البلياردو

الشكل (14): تصادم كرات البلياردو.

المثال 7

كرتا بلياردو كتلة كلٍّ منهما (0.16 kg). تتحرّك الكرةُ (A) باتّجاه محور $+x$ بسرعة (2 m/s) نحو الكرة (B) الساكنة وتتصادمان رأسًا برأس تصادمًا مرنًا، أنظر الشكل (15). أحسبُ سرعة الكرة (B) بعد التصادُم.

الشكل (15): تصادم مرن لكرتين في بُعد واحد.

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

المطلوب: $v_{Bf} = ?$

الحلّ:

2-تصادم غير مرن:

- الزخم الخطي محفوظ في جميع أنواع التصادمات.
- الطاقة الحركية للنظام تكون غير مَحفوظة أي أن مجموع الطاقة الحركية لأجزاء النظام قبل التصادم لا يكون مساويا لمجموع الطاقة الحركية لأجزاء النظام بعد التصادم.
- من الأمثلة عليها عندما تصطدم كرة مطاطية بمضرب حيث يحدث تشوّه للكرة وضياع جزء من الطاقة.

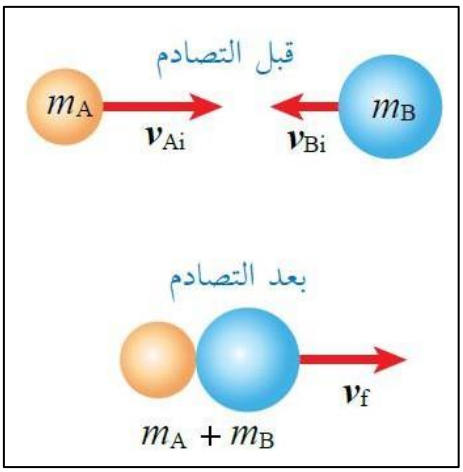
الشكل (16): يُعد تصادم كرة مطاطية بالمضرب تصادمًا غير مرن.

3-تصادم عديم المرونة:

ويوصَفُ التصادُم غيرُ المَرن بأنه **تصادُمٌ عديم المرونة** Perfectly inelastic collision عندما تلتحم الأجسام المتصادمة معًا بعد التصادُم، لتصبح جسمًا واحدًا تساوي كتلتهُ مجموع كتل الأجسام المتصادمة. ومثالُ ذلك ما يحدث عند اصطدام كُرَتي صلصالٍ معًا، أو اصطدام سيارتين وتحرُّكهما معًا بعد التصادُم.

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

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



✓ **أتحقّق:** أقارن -في جدول- بين التصادم المرن، والتصادم غير المرن، والتصادم عديم المرونة في الأنظمة المعزولة، من حيث: حفظ الزخم الخطّي، حفظ الطاقة الحركية، التحام الأجسام بعد التصادُم.

نوع التصادم / المقارنة	التصادم المرن	التصادم غير المرن	التصادم عديم المرونة
حفظ الزخم الخطي			
حفظ الطاقة الحركية			
التحام الاجسام بعد التصادم			

المثال 8

تتحرّك الكرة (A) باتّجاه محور $+x$ بسرعة (6.0 m/s)؛ فتصطدم رأسًا برأس بكرةٍ أُخرى (B) أمامَها تتحرّك باتّجاه محور $-x$ بسرعة (3.0 m/s). أنظرُ الشكل (18). بعد التصادُم تحرّكت الكرة (B) بسرعةٍ (2.0 m/s) باتجاه محور $+x$. إذا علمتُ أن ($m_A = 5.0\ kg, m_B = 3.0\ kg$)، فأُجيبُ عمّا يأتي:

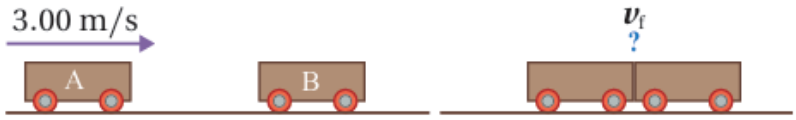
الشكل (18): تصادم كرتين في بُعد واحد.

أ . أحسبُ سرعة الكرة (A) بعد التصادُم.

ب. أُحدّد نوع التصادُم.

المثال 9

عربة قطارٍ (A) كتلتُها (1.80×10^3 kg) تتحرّك في مسارٍ أُفقيٍّ مستقيمٍ لسكة حديدٍ بسرعةٍ (3.00 m/s) باتّجاه محور $+x$، فتصطدم بعربة أُخرى (B) كتلتُها (2.20×10^3 kg) تقف على المسار نفسه، وتلتحمان معًا وتتحرّكان على المسار المستقيم لسكة الحديد نفسه، كما هو موضّحٌ في الشكل (19). أُجيب عمّا يأتي:



الشكل (19): تصادم عربتي قطار.

أ . أحسبُ سرعة عربتي القطار بعد التصادُم.

ب. ما نوع التصادُم؟ وهل الطاقة الحركية محفوظة في هذا النوع من التصادُمات؟ أُبرّر إجابتي.

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

المطلوب: $v_f = ?$

تمرين

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