الفصل السابع
كمية الحركة الخطية و التصادمات

٧–١ مقدمة

٧–٢ كمية الحرك

٧–٣ قانون حفظ كمية الحركة

٧–٤ الدفع و كمية الحركة

٧–٥ التصادمات

٧-١ المقدمة

- **سندرس في هذا الفصل:**

١- مفهوم كمية الحركة .

٢ – قانون حفظ كمية الحركة .

٢-٧ كمية الحركة

عندما يتحرك جسم كتلته m بسرعة v فإنه يكتسب كمية حركة **p** تُعرّف على النحو التالي:

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

حيث **p** كمية متجهة $\vec{p} = (p_x, p_y, p_z)$ تُقاس بوحدة kg.m/s.

يمكن صياغة قانون نيوتن الثاني ليشمل العلاقة بين القوة المؤثرة على جسم وكمية حركته:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d(\vec{v})}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

أي أن معدل التغير الزمني في كمية الحركة **dp/dt** لجسم ما يتناسب طرديا مع القوة المؤثرة عليه.

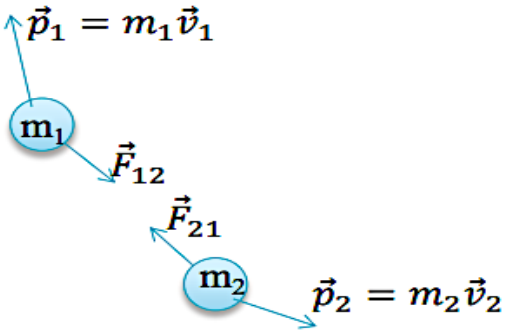
إذا كانت **F=0**، فهذا يعني أن **p** ثابت

مثال: جسم كتلته $m = 3\ kg$ يتحرك في اتجاه المحور x بسرعة $v = 10\ m/s$. أحسب زخم الجسم.

الحل:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$
$$= 3 \times 10 = 30\, kg.\ m/s \quad (\text{باتجاه المحور } x)$$

٣-٧ قانون حفظ كمية الحركة



$$\vec{p}_{tot} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = constant$$

$$\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f}$$

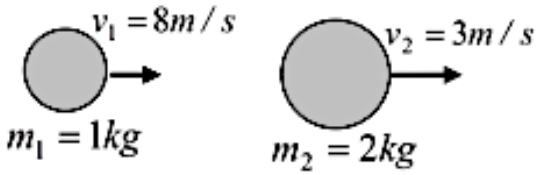
$$\underbrace{m_1\vec{v}_{1i} + m_2\vec{v}_{2i}}_{\text{مجموع كمية الحركة قبل التصادم}} = \underbrace{m_1\vec{v}_{1f} + m_2\vec{v}_{2f}}_{\text{مجموع كمية الحركة بعد التصادم}}$$

وهذا يعني أن كمية الحركة التي يفقدها أحد الجسمين المتحركين نتيجة التصادم، يكتسبها الجسم الآخر.

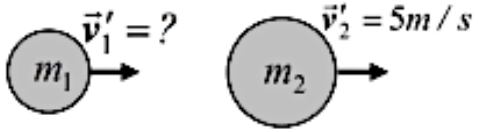
وبشكل عام: كمية الحركة الكلية لمنظومة ميكانيكية معزولة عن أي مؤثر خارجي لا تتغير.

مثال : الشكل المجاور يوضح كرتين، قبل وبعد التصادم.

قبل التصادم



بعد التصادم



إحسب سرعة الكرة الاولى بعد التصادم.

الحل: استخدم قانون حفظ الزخم:

$$\left(\sum \vec{P}\right)_{before} = \left(\sum \vec{P}\right)_{after}$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$(1)(8) + (2)(3) = (1)v_1' + (2)(5)$$

$$v_1' = 4\,m/s \quad \text{(بنفس اتجاهها الاصلي)}$$

مثال : الشكل أدناه يوضح تصادم كرتين يتحركان باتجاهين متعاكسين. أحسب سرعة الكرة الثانية بعد التصادم.

الحل: لاحظ ان الكرتين باتجاهين متعكسين، يعني احدى السرعتين موجبة والاخرى سالبة، اعتبر v_1 سالبة.

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

(صفر)

$$(10)(-14) + (14)(6) = (1)(0) + (14)v_2'$$

$$v_2' = -4\,cm/s$$ (الاشارة السالبة تعني: بعكس اتجاهها الاصلي)

مثال ١+٣+٦

٤-٧ الدفع وكمية الحركة

الدفع: هو التأثير المتبادل بين جسمين بحيث ينتج عنه قوة كبيرة خلال فترة زمنية قصيرة جدًا، ويساوي التغير في كمية حركة الأجسام المتصادمة، ووحدته هي وحدة كمية الحركة.

$$\vec{I} = \Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$$

تتغير هذه السرعة بشكل سريع من صفر لأعلى قيمة ثم تعود للصفر مرة أخرى، وهي أكبر من أي قوة أخرى مؤثرة خلال التصادم.

أمثلة: المطرقة والمسمار، كرة التنس والمضرب..

مثال: قوة مقدارها $20\ N$ اثرت أفقيا على جسم ساكن كتلته $4\ kg$ لمدة ثانيتين. أوجد

(أ) مقدار الدفع الناتج على الجسم.

(ب) الزخم الذي اكتسبه الجسم (Δp) خلال هذه الفترة.

الحل: (أ) الدفع: $I = F.(\Delta t) = (20N)(2s) = 40\,N.s$

(ب) الزخم الذي اكتسبه الجسم:

$$\Delta p = p_f - p_i$$
$$= m\,v_f - m\,v_i$$
$$= 4 \times 10 - 0$$
$$= 40\ kg.\ m/s$$

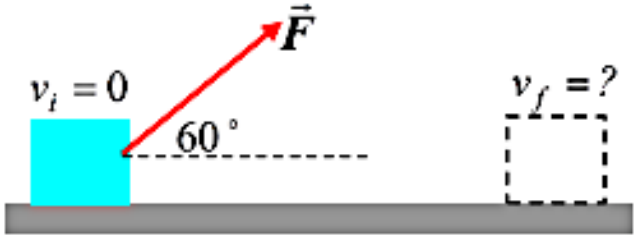
$$v_f = v_i + at$$

$$v_f = 0 + \frac{F}{m}t = \frac{20}{4} \times 2 = 10\ m/s$$

من الفرعين (أ) و (ب) نلاحظ ان الدفع يساوي التغير في الزخم: $I = \Delta p = 40\,N.s$

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

مثال : جسم ساكن كتلته $3kg$ على سطح أفقي أملس، اثرت على الجسم قوة مقدارها 10N تميل على الافق بزاوية 60° لمدة 6s . إحسب: (أ) الدفع الحاصل على الجسم خلال هذه الفترة.
(ب) مقدار الزخم (Δp) الذي يكتسبه الجسم خلال هذه الفترة.



الحل: (أ) الدفع:

$$I = F.(\Delta t)$$
$$= (F\cos 60)(6)$$
$$= (10\times 0.5)(6) = 30\,N.s$$

(ب) الزخم المكتسب: (صفر)

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

$$v_f = v_i + at = 0 + \frac{\sum F}{m}.t = \frac{F\cos 60}{3}.(6) = 10\ \text{m/s}$$

$$\Delta p = 3\times 10 = 30\,kg.m/s$$

مرة أخرى نلاحظ ان الدفع يساوي التغير في الزخم: $I = \Delta p$.

مثال ٤+٥+٧+٨

٧-٥ التصادمات

أنواع التصادمات:

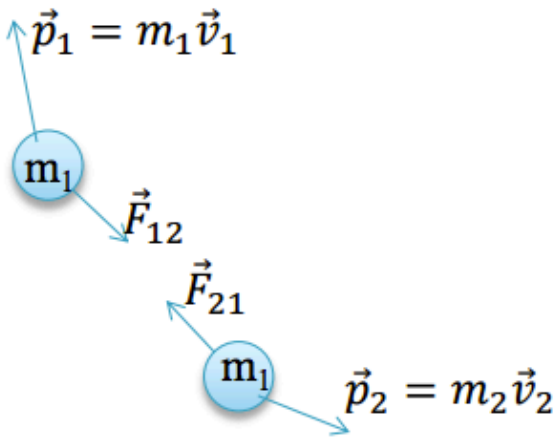
١- **تصادم مرن:** وتكون فيه الطاقة الحركية محفوظة.

٢- **تصادم غير مرن:** وتكون فيه الطاقة الحركية غير محفوظة.

٣- **تصادم غير مرن تمامًا:** وفيه تلتصق الكتلتان المتصادمتان وتتحرك ككتلة واحدة بعد التصادم ويتبدد أكبر قدر من الطاقة الحركية في هذا النوع من التصادمات.

٧-٥ التصادمات

٧-٥-١ شرط التصادم المرن



$$\vec{p}_{tot} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = constant$$

$$\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f}$$

$$\underbrace{m_1\vec{v}_{1i} + m_2\vec{v}_{2i}}_{\text{مجموع كمية الحركة قبل التصادم}} = \underbrace{m_1\vec{v}_{1f} + m_2\vec{v}_{2f}}_{\text{مجموع كمية الحركة بعد التصادم}}$$

وهذا يعني أن كمية الحركة التي يفقدها أحد الجسمين المتحركين نتيجة التصادم، يكتسبها الجسم الآخر.

وبشكل عام: كمية الحركة الكلية لمنظومة ميكانيكية معزولة عن أي مؤثر خارجي لا تتغير.

٧-٥ التصادمات

٧-٥-١ شرط التصادم غير المرن تماما

في هذا النوع من التصادمات تلتحم الكتلتان المتصادمتان وتتحرك ككتلة واحدة بعد التصادم بسرعة نهائية واحدة.

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

وتكون الطاقة الحركية غير محفوظة

٧-٥ التصادمات

٧-٥-٢ شرط التصادمات غير مرن

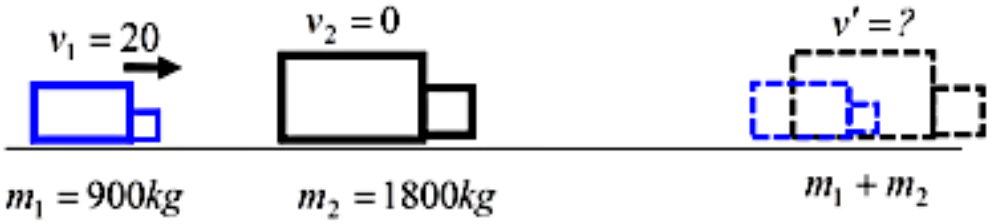
حالات خاصة:

١- إذا كانت $m_1=m_2$، فإن $v_{1i}=v_{2f}$ و $v_{1f}=v_{2i}$

٢- إذا كانت m_2 ساكنة قبل التصادم، فإن $v_{2i}=0$

٣- إذا كانت $m_1>>m_2$، فإن $v_{1f} \cong v_{1i}$ و $v_{2f} \cong 2v_{1i}$

٤- إذا كانت $m_1<<m_2$، فإن $v_{1f} \cong -v_{1i}$ و $v_{2f} \cong v_{2i} = 0$



مثال

احسب سرعة السيارتين بعد تصادمهما.

الحل: لاحظ ان السيارتين تتحدان بعد التصادم في كتلة واحدة $(m_1 + m_2)$ وتتحركان معا بسرعة واحدة v'.

طبق قانون حفظ الزخم:

$$\left(\sum \vec{P}\right)_{before} = \left(\sum \vec{P}\right)_{after}$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'$$

صفر

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

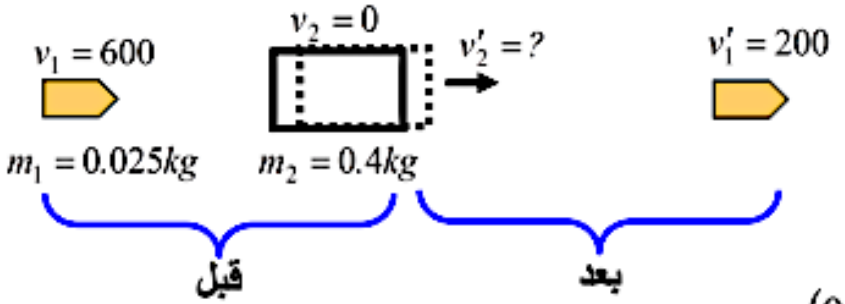
$$(900)(20) + 0 = (900 + 1800) v'$$

$$v' = 6.67 m/s$$

مثال رصاصة كتلتها 0.025 kg تتحرك أفقيا بسرعة 600 m/s، اخترقت قطعة خشب ساكنة كتلتها $0.4kg$ وخرجت منها بسرعة 200 m/s. أحسب (أ) سرعة قطعة الخشب (v_2') بعد التصادم مباشرة.

(ب) مقدار الطاقة المفقودة في هذا التصادم.

الحل: ارسم رسما مناسبا يوضح التصادم.



(أ) طبق قانون حفظ الزخم:

$$\left(\sum \vec{P}\right)_{befor} = \left(\sum \vec{P}\right)_{after}$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$(0.025)(600) + 0 = (0.025)(200) + (0.4)v_2'$$

$$v_2' = 25\,m/s$$

(ب) الطاقة المفقودة:

$$\Delta K = \left(\sum K\right)_{after} - \left(\sum K\right)_{before}$$

$$= (K_1' + K_2') - (K_1 + K_2)$$

$$= \left(\frac{1}{2}m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2'^2\right) - \left(\frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2\right)$$

(صفر)

$$= \left(\frac{1}{2}(0.025)(200)^2 + \frac{1}{2}(0.4)(25)^2\right) - \left(\frac{1}{2}(0.025)(600)^2 + 0\right) = -3875J$$

٦-٧ حل أمثلة صفحة ٢٤٧

أمثلة رقم

١,٢,٣,٤,٥,٦,٧,٨,٩

٦-٨ مسائل صفحة ٢٥٣(واجب)

٢,٥,٨,١٠,١٤