University of Anbar

College of Science

Department of Applied Geology

First Year

General Physics

جامعة الانبار

كلية العلوم

قسم علوم الجيولجيا التطبيقية

المرحلة الاولى

الفيزياء العامة

Chapter Six

The Linear Moment and Collisions

الفصل السادس

العزم الخطي والتصادم

(Part 1)

Dr. Israa Kamil Ahmed

د . اسراء كامل احمد

Part one in this Chapter

عندما يتصادم جسمان فإن حركتهما يمكن أن توصف من خلال قانون الحفاظ على الطاقة والحفاظ على كمية الحركة. في هذا الباب سندرس كيف نستخدم مفهوم الطاقة وكمية الحركة لوصف التصادم بين الاجسام

6.1 The Linear Moment

The linear moment (p) *of a particle is defined as the mass of the particle multiplied by its velocity.*

$$\vec{p} = m\vec{v} \qquad (6.1)$$

The linear moment is a vector quantity and has a unit of kg.m/s.

تدعى كمية الحركة الخطية (***Linear moment***) في بعض الأحيان باسم العزم الخطي ويرتبط بمفهوم القوة المؤثرة على الجسم من خلال قانون نيوتن الثاني، حيث تعرف القوة بأنها معدل التغير في كمية الحركة الخطية للجسم. فإذا كانت القوة المؤثرة تساوي صفراً فإن كمية الحركة الخطية تكون ثابتة.

From Newton's second law of motion we have

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} \qquad (6.2)$$

$$\therefore \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \qquad (6.3)$$

or we can write the equation as

$$d\vec{p} = \vec{F}dt \qquad (6.4)$$

أي أن التغير في كمية الحركة الخطية هو القوة في الفترة الزمنية لتأثير القوة. لإيجاد التغير في كمية الحركة الخطية لجسم من حالة ابتدائية p_i عند زمن t_i إلى حالة نهائية p_f عند زمن t_f.

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}dt \qquad (6.5)$$

الطرف الأيمن للمعادلة يعبر عن كمية فيزيائية جديدة تدعى الصـــدمة ***Impulse*** والتـــي تعرف بالقوة المؤثرة خلال فترة زمنية قصيرة.

Impulse $(\vec{I})$ *is a vector quantity defined as the force acting in short time and its equal to the change in momentum of the particle.* The impulse has a unit of N.s.

$$\vec{I} = \Delta\vec{p} == \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}dt \qquad (6.6)$$

The impulse equation is equivalent to the Newton's second law of motion.

مثال 1:

تم إلقاء كرة كتلتها 0.4 كغم على جدار صلب, وعندما ضربت الجدار تحركت افقيا إلى اليسار بسرعة 30 م / ث ومن ثم ارتد أفقيا إلى اليمين بسرعة 20 م / ث. اوجد لي الصدمة الناتجة من القوة التي تمارس على الحائط ؟

Solution

The impulse of the force exerted on the wall is equal to the change in momentum,

$$\vec{I} = \Delta\vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$$

therefore, the initial momentum p_i of the ball

$$p_i = mv = 0.4 \times (-30) = -12 \text{ kg.m/s}$$

therefore, the final momentum p_f of the ball

$$p_f = mv = 0.4 \times (20) = 8 \text{ kg.m/s}$$

the change in momentum is

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = 8 - (-12) = 20 \text{ kg.m/s}$$

Hence, the impulse of the force exerted on the ball is 20 N.s. Since the impulse is positive, the force must be toward the right.

6.2 Conservation of linear momentum

عندما يتصادم جسمان مع بعضهما البعض فإن كل جسم سيغير كمية حركة الجسم الآخر لأن كل جسم سيؤثر بقوة على الجسم الآخر. وطبقاً لقانون نيوتن الثالث فإن القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

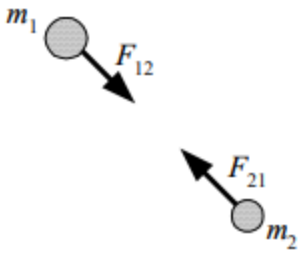

Figure 6.2

وهذا يؤدي إلى أن قوة الصدم ***Impulse*** خلال فترة التصادم متساويتان في المقدار متعاكستان في الاتجاه، وبالتالي فإن التغير في كمية الحركة الكلي للجسمين يبقى ثابتاً، وهذا ما يعرف بقانون الحفاظ على كمية الحركة ***.Conservation of linear momentum***

Suppose that at time t, two particles collide with each other, the momentum of particle 1 is p_1 and the momentum of particle 2 is p_2. In collision the particle exerts a force on each other as follow,

$$\vec{F}_{12} = \frac{d\vec{p}_1}{dt} \qquad \& \qquad \vec{F}_{21} = \frac{d\vec{p}_2}{dt}$$

where $\vec{F}_{12}$ is the force on particle 1 due to particle 2, and $\vec{F}_{21}$ is the force on particle 2 due to particle 1. From Newton's third law of motion, then,

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \qquad (6.7)$$

hence,

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0 \qquad (6.8)$$

therefore,

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{p}_1 + \vec{p}_2) = 0 \qquad (6.9)$$

Since the time derivative of the momentum is zero, therefore the total momentum ($\vec{P}$) remains constant, *i.e.*

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = const. \qquad [\textbf{\textit{Conservation of momentum}}] \qquad (6.10)$$

If the initial velocity of the particles 1 and 2 is v_{1i} and v_{2i} and the final velocity of the particles 1 and 2 is v_{1f} and v_{2f} we get,

$$m_1\vec{v}_{1i} + m_2\vec{v}_{2i} = m_1\vec{v}_{1f} + m_2\vec{v}_{2f} \qquad (6.11)$$

or

$$\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f} \qquad (6.12)$$

This equation represents the law of conservation of momentum.

مثال 2:

دبابة كتلتها 5000كغم تم وضعها على سطح بدون احتكاك كما هو موضح في الشكل 6.3, أطلقت وبصورة افقية كرة مدفعية بوزن 50 كغم ثم ارتد المدفع الى اليمين بسرعة 2 م / ثا , ماهي سرعة الكرة المدفعية بعد انطلاقها مباشرتا من مدفع الدبابة؟

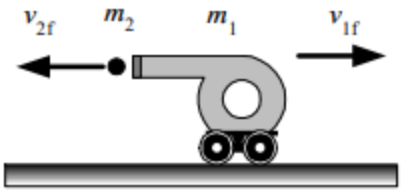

Figure 6.3

Solution

Using the conservation law of momentum

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

since the total momentum before firing is zero, therefore the total momentum after firing is zero as well.

$$m_1\vec{v}_{1i} + m_2\vec{v}_{2i} = 0 \quad \& \quad m_1\vec{v}_{1f} + m_2\vec{v}_{2f} = 0$$

the velocity of the cannonball just after it leaves the cannon is

$$v_{2f} = \frac{-m_1 v_{1f}}{m_2} = \frac{-5000}{50} \times 2 = -200\ \text{m/s}$$

الإشارة السالبة تشير إلى أن السرعة النهائية للقذيفة تتحرك إلى اليسار عكس ارتداد الدبابة.

REFERENCE

1- Based Physics I by Jeffrey W. Schnick Copyright 2005-2008, Jeffrey W. Schnick, Creative Commons Attribution Share-Alike License 3.0. You can copy, modify, and rerelease this work under the same license provided you give attribution to the author. See http://creativecommons

2- FUNDAMENTALS OF PHYSICS HALLIDAY & RESNICK 9^{th} EDITION Jearl Walker Cleveland State University