
EL MODELO ESTÁNDAR

CLASE 06: COLISIONES RELATIVISTAS Y NO RELATIVISTAS

Profesor: Luis Mora
Auxiliar: Felipe Keim

MOMENTUM LINEAL

Momentum lineal de una partícula:

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

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

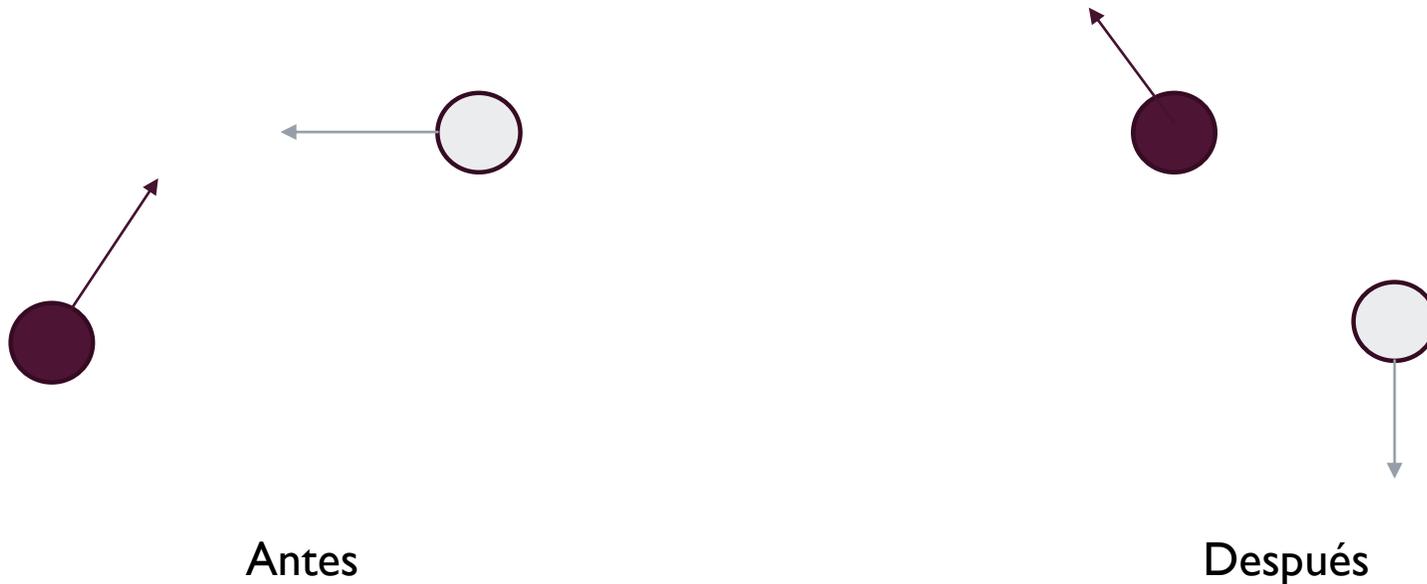
Momentum lineal de varias partículas:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots$$

El momentum se conserva si no hay fuerzas externas.

COLISIONES O CHOQUES

Las fuerzas de interacción entre los objetos que chocan son muy grandes, en consecuencia se desprecian las fuerzas externas y el **momentum del sistema siempre se conserva**.



COLISIONES CLÁSICAS

CARACTERÍSTICAS

- Se conserva el momentum.
- Se conserva la masa.
- Se conserva la energía: se puede o no conservar la energía cinética (puede aumentar o disminuir).

TIPOS

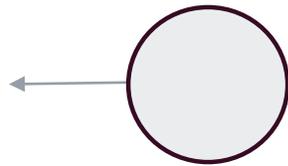
- Elásticas: se conserva la energía cinética.
- Inelásticas: disminuye la energía cinética.
 - Choque perfectamente inelástico o plástico (los cuerpos quedan juntos).
- Explosivo: aumenta la energía cinética.

EJEMPLO: COLISIÓN ELÁSTICA

$$m = 1 \text{ kg}$$
$$v = 8 \text{ m/s}$$



$$m = 2 \text{ kg}$$
$$v = 2 \text{ m/s}$$



I) El momentum lineal del sistema se conserva

$$\vec{p}_1^i + \vec{p}_2^i = \vec{p}_1^f + \vec{p}_2^f$$

$$1 \text{ kg} \cdot 8 \text{ m/s} + 2 \text{ kg} \cdot -2 \text{ m/s} = 1 \text{ kg} \cdot v_1^f + 2 \text{ kg} \cdot v_2^f$$

$$4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ kg} \cdot v_1^f + 2 \text{ kg} \cdot v_2^f \quad \rightarrow \quad 4 \text{ m/s} = v_1^f + 2v_2^f$$

II) La energía cinética del sistema se conserva:

$$\begin{aligned} E_{inicial} &= \frac{1}{2} m_1^i v_1^{i^2} + \frac{1}{2} m_2^i v_2^{i^2} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1kg \cdot 64 \text{ m}^2/\text{s}^2 + \frac{1}{2} \cdot 2kg \cdot 4 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 36 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{final} &= \frac{1}{2} m_1^f v_1^{f^2} + \frac{1}{2} m_2^f v_2^{f^2} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1kg \cdot v_1^{f^2} + \frac{1}{2} \cdot 2kg \cdot v_2^{f^2} \end{aligned}$$

$$36 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1kg \cdot v_1^{f^2} + \frac{1}{2} \cdot 2kg \cdot v_2^{f^2} \rightarrow 72 \text{ m}^2/\text{s}^2 = v_1^{f^2} + 2v_2^{f^2}$$

III) Resolvemos el sistema de ecuaciones

$$4 \text{ m/s} = v_1^f + 2v_2^f$$

$$72 \text{ m}^2/\text{s}^2 = v_1^{f^2} + 2v_2^{f^2}$$

$$4 \text{ m/s} = v_1^f + 2v_2^f \quad \rightarrow \quad v_1^f = 4 \text{ m/s} - 2v_2^f$$

$$\begin{aligned} 72 \text{ m}^2/\text{s}^2 &= (4 \text{ m/s} - 2v_2^f)^2 + 2v_2^{f^2} \\ &= 6v_2^{f^2} - 16v_2^f - 56 = 0 \end{aligned}$$

$$v_2^f = \frac{16 \pm \sqrt{16^2 - 4 \cdot 6 \cdot -56}}{12}$$

$$v_2^f = \begin{cases} -2 \text{ m/s} \\ \frac{14}{3} \text{ m/s} \end{cases}$$

$$v_1^f = \frac{-16}{3}$$

$$v_2^f = \frac{14}{3}$$

COLISIONES RELATIVISTAS

CARACTERÍSTICAS

- Se conserva el momentum.
- Se puede o no conservar la masa
- Se conserva la energía: se puede o no conservar la energía cinética (puede aumentar o disminuir).

TIPOS

- Elásticas: se conserva la energía cinética y la energía en reposo.
- Inelásticas: disminuye la energía cinética: aumenta la energía reposo.
- Explosivo: aumenta la energía cinética: disminuye la energía en reposo.

EJEMPLO: MASA QUE NO SE CONSERVA

$$\pi^0 = \gamma + \gamma$$

Masa inicial

$$135 \frac{MeV}{c^2}$$

Masa final

0

El resto de energía se convirtió en energía cinética. **Un choque es elástico si y solo si se conserva la masa.**

COLISIONES NO ELÁSTICAS

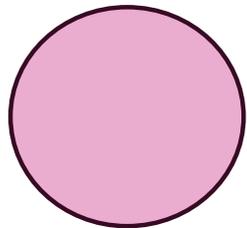
- En el caso clásico, la energía cinética se transforma en energía “interna” del cuerpo, como energía elástica y térmica, y viceversa.
- En cambio en el análisis relativista, se dice que la energía cinética se convierte en energía en reposo y viceversa. Un resorte comprimido tiene mayor masa que un resorte descomprimido. Un objeto caliente pesa más que el mismo objeto a menor temperatura.
- Sin embargo a nivel macroscópico esta diferencia es imperceptible, incluso a nivel atómico la diferencia es despreciable. Pero a nivel de partículas los niveles de energía son comparables a la masa en reposo.

EJEMPLO: COLISIÓN PERFECTAMENTE INELÁSTICA

$$m$$
$$v = \frac{3}{5}c$$



$$m$$
$$v = \frac{3}{5}c$$



Determine la masa final luego de choque.

I) El momentum lineal del sistema se conserva

$$\vec{p}_1^i + \vec{p}_2^i = \vec{p}^f$$

$$m \cdot \frac{3c}{5} \cdot \gamma + -m \cdot \frac{3c}{5} \cdot \gamma = 0 = \vec{p}^f$$

$$E = K + mc^2 = \gamma mc^2$$

$$E_i = 2\gamma mc^2 = \frac{2mc^2}{\sqrt{1 - \frac{(3c/5)^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{2mc^2}{\sqrt{1 - \frac{9}{25}}} = \frac{2mc^2}{\frac{4}{5}}$$

$$= \frac{5mc^2}{2}$$

$$E_f = Mc^2 = \frac{5mc^2}{2}$$



$$M = \frac{5m}{2} > 2m$$