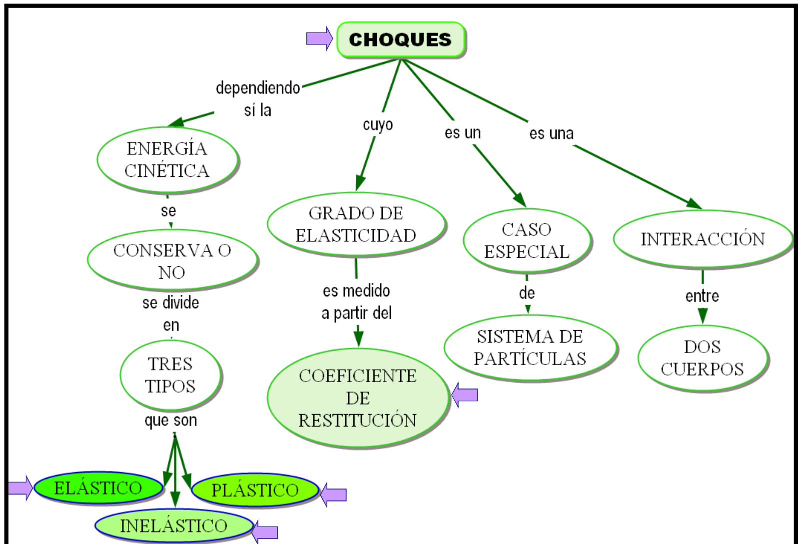
CHOQUES

Material diseñado y elaborado
por Prof. Irma Sanabria
para el curso de Física I de la UNET.

Diciembre, 2009



Definición de CHOQUE Ó COLISIÓN

Choque: es el evento en el cual interactúan dos partículas mediante fuerzas.

Del análisis de choques se puede afirmar que durante la interacción las fuerzas internas que ocurren entre las partículas son más grandes que las fuerzas externas. Es decir, podemos afirmar que las **fuerzas externas son despreciables.**

Sí las fuerzas externas son despreciables, de acuerdo a lo visto en sistemas de partículas, la cantidad de movimiento se conserva:

$$\sum \vec{F}_{ext} \cong 0$$

$$\sum \vec{P}_{antes} = \sum \vec{P}_{después}$$

$$m_1 * \vec{v}_{1\,antes} + m_2 * \vec{v}_{2\,antes} = m_1 * \vec{v}_{1\,después} + m_2 * \vec{v}_{2\,después}$$

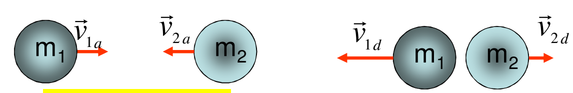
Choque o colisión elástica

En este tipo de choque se conserva la energía cinética total, es decir, la energía cinética total antes del choque es igual a la energía cinética total después del choque.

Ejemplo:

* Este tipo de choque se da usualmente en el nivel atómico o microscópico.

* En el nivel macroscópico los choques siempre pierden algo de energía, sin embargo se puede hacer una aproximación a choque elástico. Por ejemplo el que se produce entre las bolas de billar: la energía cinética que se pierde durante el choque es muy pequeña, así como la deformación entre las bolas que son prácticamente imperceptibles al ojo humano.



Antes del choque **Después del choque**

Choque o colisión elástica

Con respecto a la energía cinética total, en este tipo de choque se puede afirmar que:

$$K_{TOTAL\,antes} = K_{TOTAL despues}$$

$$\frac{1}{2}\mathrm{m}_1 * (\mathrm{v}_{1\mathrm{antes}})^2 + \frac{1}{2}\mathrm{m}_2 * (\mathrm{v}_{2\mathrm{antes}})^2 = \frac{1}{2}\mathrm{m}_1 * (\mathrm{v}_{1\mathrm{después}})^2 + \frac{1}{2}\mathrm{m}_2 * (\mathrm{v}_{2\mathrm{después}})^2$$

Y el principio de conservación de cantidad de movimiento para choques es:

$$\sum \vec{P}_{antes} = \sum \vec{P}_{despues}$$

$$\mathrm{m}_1 * \vec{\mathrm{v}}_{1\ \mathrm{antes}} + \mathrm{m}_2 * \vec{\mathrm{v}}_{2\,\mathrm{antes}} = \mathrm{m}_1 * \vec{\mathrm{v}}_{1\,\mathrm{después}} + \mathrm{m}_2 * \vec{\mathrm{v}}_{2\,\mathrm{después}}$$

Choque o colisión elástica

Al combinar las ecuaciones de energía cinética total y el principio de conservación de la cantidad de movimiento, y despejando las **velocidades de las partículas después de un choque elástico,** las ecuaciones quedan expresadas de la siguiente manera:

$$\vec{v}_{1 después} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_{1 antes} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_{2 antes}$$

$$\vec{v}_{2 después} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_{1 antes} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_{2 antes}$$

PROBLEMA

Dos cuerpos de masas m_1=6kg y m_2=6kg se mueven en la misma dirección, uno al encuentro del otro, con velocidades $\vec{v}_1 = 5\hat{\imath}\, m/s$ $\vec{v}_2 = -3\hat{\imath}\, m/s$

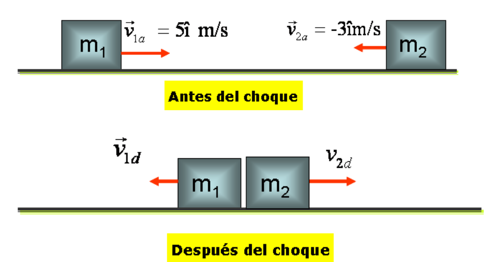
Sí entre los cuerpos se produce un choque elástico, determinar:

1. La velocidad de los cuerpos inmediatamente después del choque
2. La velocidad del centro de mas antes y después del choque
3. La energía cinética relativa al centro de masa antes y después del choque.

Para la solución de este problema haremos uso de los siguientes Conceptos, Leyes y Principios.

LEYES Y PRINCIPIOS	CONCEPTOS
✓ Principio de conservación de la cantidad de movimiento ✓ Principio de conservación de la energía	✓ Sistemas de partículas ✓ Choque ✓ Cantidad de movimiento ✓ Centro de masa ✓ Para sistemas de partículas: energía cinética total, energía cinética asociada al centro de masa, energía cinética relativa al centro de masa

Información suministrada: del enunciado del problema podemos dibujar un esquema de la situación planteada, indicando los datos que nos dan. Para este tipos de problemas son la **masa** y la **velocidad** de cada una de las partículas.



SOLUCIÓN

1. La velocidad de los cuerpos inmediatamente después del choque:

Aplicamos directamente las ecuaciones de velocidades después del choque para **choque elástico** de la siguiente manera:

Continuación

Para m_1:

$$\vec{v}_{1\,después} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_{1\,antes} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_{2\,antes}$$

$$\vec{v}_{1\,después} = \left(\frac{6-6}{6+6}\right) * 5\hat{\imath} + \left(\frac{2\times 6}{6+6}\right) * (-3)\hat{\imath}$$

$$\vec{v}_{1\,después} = -3\hat{i}m/s$$

Para m_2:

$$\vec{v}_{2\,después} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_{1\,antes} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)\vec{v}_{2\,antes}$$

$$\vec{v}_{2\,después} = \left(\frac{2*6}{6+6}\right) * 5\hat{\imath} + \left(\frac{6-6}{6+6}\right) * (-3\hat{\imath})$$

$$\vec{v}_{2\,después} = 5\hat{i}m/s$$

Continuación

2. La velocidad del centro de masa antes y después del choque:

Para hallar la velocidad del centro de masa debemos recordar las ecuaciones de centro de masa para sistemas de partículas:

$$\vec{v}_{CM} = \frac{\sum \vec{p}_i}{\sum m_i} = \frac{\sum (m_i * \vec{v}_i)}{\sum m_i}$$

$$\vec{v}_{CM} = \frac{6 * 5\hat{\imath} + 6 * (-3\hat{\imath})}{6+6}$$

$$\vec{v}_{CM} = 1\hat{\imath}\,m/s$$

Recordando que la cantidad de movimiento se conserva antes con respecto a la cantidad de movimiento después del choque, entonces podemos afirmar también que la velocidad del centro de masa se mantiene constante:

$$\vec{v}_{CM\,antes} = \vec{v}_{CM\,después} = 1\hat{\imath}\,m/s$$

Continuación

3. La energía cinética relativa al centro de masa antes y después del choque :

Una de las formas para determinar la energía cinética relativa al CM es a partir de la energía cinética total de un sistema de partícula, la cual viene dada por la expresión:

$$K_{total} = K_{asocCM} + K_{relCM}$$

despejando la energía cinética relativa al CM :

$$K_{relCM} = K_{total} - K_{asocCM}$$

Podemos determinar la **energía cinética total antes** puesto que conocemos las masas de las partículas y las velocidades antes del choque:

$$Ktotal_{antes} = \frac{1}{2}m_1 * (v_{1antes})^2 + \frac{1}{2}m_2 * (v_{2antes})^2 = \frac{1}{2}6 * (5)^2 + \frac{1}{2}6 * (3)^2$$

$$Ktotal_{antes} = 102J$$

Continuación

La velocidad del CM ya fue determinada en la pregunta anterior. Y Con respecto a la **energía cinética asociada al centro de masa,** viene dada por la ecuación:

$$K_{asocCM} = \frac{1}{2}(\sum m_i) * v_{CM}^2 = \frac{1}{2}(6+6) * 1^2$$

$$K_{asocCM} = 6J$$

Una vez calculadas la K_{total} y K_{AsocCM}, podemos determinar la K_{relCM}:

$$K_{relCM} = K_{total} - K_{asocCM} = 102 - 6$$

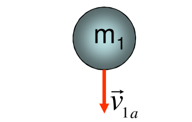
$$K_{relCM} = 96J$$

En un choque elástico la energía total se conserva y sí la energía asociada al CM también, entonces podemos afirmar que **la energía cinética relativa es la misma antes y después del choque elástico**.

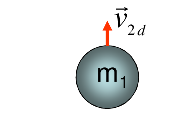
Choque o colisión inelástica

En este tipo de choque no se conserva la energía cinética total, es decir, parte de la energía cinética se pierde durante choque.

Ejemplo:
* El caso de una pelota de hule que choca contra al piso, puesto que parte de la energía cinética se pierde al deformarse la pelota mientras está en contacto con la superficie.



Antes del choque



Después del choque

Choque o colisión inelástica

Con respecto a la energía cinética total, la podemos expresar como:

$$K_{TOTAL\,antes} \rangle K_{TOTAL despues}$$

Sí recordamos que para un sistema de partículas, la energía cinética total del sistema, K_T, es:

$$K_{TOTAL} = K_{AsociadaCM} + K_{relativa}$$

En este tipo de choque la Energía cinética total asociada al centro de masa se conserva, ó, se mantiene constante antes del choque con respecto a después del choque.

$$K_{\substack{AsociadaCM\\ anteschoque}} = K_{\substack{AsociadaCM\\ despuéschoque}}$$

Entonces podemos afirmar que se pierde sólo parte de la energía cinética relativa, quedando la ecuación:

$$K_{\substack{relativa\\ anteschoque}} \rangle K_{\substack{relativa\\ despuéschoque}}$$

Es decir que la energía cinética total para **choque inelástico** se puede expresar de la siguiente manera:

$$K_{\substack{AsociadaCM\\ anteschoque}} + K_{\substack{relativa\\ anteschoque}} \rangle K_{\substack{AsociadaCM\\ despuéschoque}} + K_{\substack{relativa\\ despuéschoque}}$$

Choque o colisión inelástica

Y con respecto a la cantidad de movimiento, se conserva para cualquier tipo de choque, lo que queda expresado como:

$$\sum \vec{P}_{antes} = \sum \vec{P}_{despues}$$

$$m_1 * \vec{v}_{1\,antes} + m_2 * \vec{v}_{2\,antes} = m_1 * \vec{v}_{1\,después} + m_2 * \vec{v}_{2\,después}$$

Para determinar las **velocidades de las partículas después del choque inelástico** se deben combinar las ecuaciones de cantidad de movimiento y energía cinética total, sabiendo que sólo se conserva la energía asociada al centro de masa.

PROBLEMA

Dos deslizadores m_A=0.5Kg y m_B=6Kg se acercan, con velocidades $\vec{v}_A = 2\hat{i}\,m/s$ $\vec{v}_B = -2\hat{i}\,m/s$
Sobre un carril de aire sin fricción. Después de chocar B se aleja con $\vec{v}_{Bd} = 2\hat{i}\,m/s$

Determinar:

1. La velocidad del deslizador A después del choque
2. La energía cinética total antes del choque
3. La energía cinética total después del choque
4. La energía perdida durante el choque

Para la solución de este problema haremos uso de los siguientes Conceptos, Leyes y Principios.

LEYES Y PRINCIPIOS	CONCEPTOS
✓Principio de conservación de la cantidad de movimiento	✓Sistemas de partículas, energía cinética total ✓Choque ✓Cantidad de movimiento

SOLUCIÓN **1. La velocidad del deslizador A después del choque:**

Información suministrada: Con los datos del enunciado, masas y velocidades, podemos aplicar directamente el Principio de Conservación de la Cantidad de Movimiento.

$$\sum \vec{P}_{antes} = \sum \vec{P}_{despues}$$

La única incógnita es la velocidad de A después del choque.

$$m_1 * \vec{v}_{1\,antes} + m_2 * \vec{v}_{2\,antes} = m_1 * \vec{v}_{1\,después} + m_2 * \vec{v}_{2\,después}$$

$$0,5*2+0,3*(-2)=0,5*\vec{v}_{1\,después}+0,3*2 \qquad \vec{v}_{1\,después} = -0,4\hat{i}m/s$$

2. La energía cinética total antes del choque:

Podemos aplicar directamente la ecuación de energía cinética ya que contamos con toda la información necesaria (masas y velocidades de cada uno de los deslizadores antes del choque):

$$K_{Total} = \frac{1}{2}m_1*(v_{1antes})^2+\frac{1}{2}m_2*(v_{2antes})^2 \qquad K_{total\,antes} = \frac{1}{2}0,5*(2)^2+\frac{1}{2}0,3*(2)^2 = 1,6J$$

Continuación **3. La energía cinética total después del choque:**

Podemos aplicar directamente la ecuación de energía cinética ya que contamos con toda la información necesaria: masas y velocidades de cada uno de los deslizadores antes del choque:

$$K_{Total\,después} = \frac{1}{2}m_1*(v_{1después})^2+\frac{1}{2}m_2*(v_{2después})^2 \qquad K_{total_{después}} = \frac{1}{2}0,5*(0,4)^2+\frac{1}{2}0,3*(2)^2 = 0,64J$$

4. La energía perdida durante el choque:

Recordemos que en los choques inelásticos existe pérdida de energía cinética.

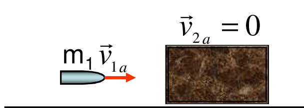
$$\Delta K = K_{total_{antes}} - K_{total_{después}}$$

$$\Delta K = (1,6-0,64) = 0,96J$$

Choque o colisión plástica

Choque plástico (o perfectamente inelástico): es el choque en el que también se pierde energía cinética, pero con la particularidad de que las partículas quedan unidas después del choque.

Ejemplo:
- Un jugador de football al atrapar la pelota.
- Un meteorito al chocar con la tierra
- Una bala al chocar con un bloque quedando incrustada sobre él.



Antes del choque

Después del choque

Choque o colisión plástica

Se deduce entonces que en este tipo de choque se pierde toda la energía cinética relativa, es decir:

$$K_{\substack{relativa\\ despuéschoque}} = 0$$

Sabiendo que:

$$K_{TOTAL} = K_{AsociadaCM} + K_{relativa} \quad \text{y} \quad K_{TOTAL\,antes} \rangle K_{TOTAL despues}$$

La energía total antes del choque plástico con respecto a después se puede expresar de la siguiente manera:

$$K_{\substack{Asociada\ CM\\ antes\ choque}} + K_{\substack{relativa\\ antes\ choque}} \rangle K_{\substack{Asociada\ CM\\ después\ choque}} + \overset{0}{K_{\substack{relativa\\ después\ choque}}}$$

Choque o colisión plástica

Con respecto a las velocidades de las partículas después de un **choque plástico,** podemos decir que:

$$\vec{v}_{1\,después} = \vec{v}_{2\,después} = \vec{v}_{después}$$

Aplicando el principio de conservación de la cantidad de movimiento:

$$\sum \vec{P}_{antes} = \sum \vec{P}_{despues}$$

$$m_1 \times \vec{v}_{1\,antes} + m_2 \times \vec{v}_{2\,antes} = (m_1 + m_2) \times \vec{v}_{después}$$

Es decir que las velocidades de los carros después del choque se pueden calcular por la siguiente ecuación:

$$\vec{v}_{después} = \frac{m_1 \times \vec{v}_{1\,antes} + m_2 \times \vec{v}_{2\,antes}}{m_1 + m_2}$$

Y con respecto a la velocidad después del choque podemos afirmar que es igual a la velocidad del centro de masa:

$$\vec{v}_{CM} = \vec{v}_{después}$$

PROBLEMA

Dos deslizadores m_A=0.5Kg y m_B=6Kg se acercan, con velocidades $\vec{v}_A = 2\hat{i}m/s$ $\vec{v}_B = -2\hat{i}m/s$
Sobre un carril de aire sin fricción.
Sí los deslizadores se quedan pegados después del choque,
Determinar:
1. La velocidad después del choque del sistema de deslizadores A-B
2. La energía cinética total después del choque
3. La energía cinética perdida durante el choque

Para la solución de este problema haremos uso de los siguientes Conceptos, Leyes y Principios.

LEYES Y PRINCIPIOS	CONCEPTOS
✓ Principio de conservación de la cantidad de movimiento	✓ Sistemas de partículas, energía cinética total ✓ Choque ✓ Cantidad de movimiento

SOLUCIÓN

1. La velocidad después del choque del sistema de deslizadores A-B:

Información suministrada: el enunciado nos indica que el choque es plástico. Para determinar la velocidad después del choque podemos aplicar directamente el Principio de Conservación de la Cantidad de Movimiento.

$$\sum \vec{P}_{antes} = \sum \vec{P}_{despues}$$

La única incógnita es la velocidad de los deslizadores después del choque.

$$m_1 \times \vec{v}_{1\,antes} + m_2 \times \vec{v}_{2\,antes} = (m_1 + m_2) \times \vec{v}_{después}$$

$$0,5 \times 2 + 0,3 \times (-2) = (0,5 + 0,3) \times \vec{v}_{después}$$

$$\vec{v}_{después} = 0,5\,\hat{i}\,m/s$$

Esta velocidad corresponde también a la velocidad del CM (centro de masa) tanto antes como después del choque.

SOLUCIÓN

2. La energía cinética total después del choque:

Se aplica directamente la ecuación de energía cinética total para un sistema de partículas.

$$K_{Total después} = \frac{1}{2} m_1 \times (v_{1después})^2 + \frac{1}{2} m_2 \times (v_{2después})^2$$

$$v_{1después} = v_{2después} = v_{después}$$

$$K_{Total\,después} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) \times (v_{después})^2$$

$$K_{Total\,después} = \frac{1}{2}(0,5 + 0,3) \times (0,5)^2 = 0,1J$$

Esta energía cinética corresponde también a la energía cinética asociada al CM tanto antes como después del choque.

SOLUCIÓN

3. La energía cinética perdida durante el choque:

Para determinar la energía cinética perdida, ya tenemos la energía cinética después del choque, debemos ahora determinar la energía cinética total antes del choque:

$$K_{Total} = \frac{1}{2} m_1 \times (v_{1antes})^2 + \frac{1}{2} m_2 \times (v_{2antes})^2$$

$$Ktotal_{antes} = \frac{1}{2} 0,5 \times (2)^2 + \frac{1}{2} 0,3 \times (2)^2 = 1,6J$$

$$\Delta K = K_{total_{antes}} - K_{total_{después}}$$

Esta energía cinética fue determinada en el punto anterior.

$$\Delta K = 1,6 - 0,1 = 1,5J$$

Al comparar este resultado con el obtenido en el problema 2 se observa que se pierde mayor cantidad de energía en el choque plástico que en el choque inelástico.

Coeficiente de restitución ε

Este coeficiente mide el grado de elasticidad de un choque. Puesto que la mayoría de las colisiones son una situación intermedia entre los casos extremos de choques perfectamente elásticos y choques plásticos, se define el coeficiente de restitución e como el valor absoluto de la relación entre la velocidad relativa después del choque y la velocidad relativa antes del choque , es decir:

$$\varepsilon = -\left(\frac{\vec{v}_{2despues} - \vec{v}_{1despues}}{\vec{v}_{2antes} - \vec{v}_{1antes}} \right)$$

El valor del coeficiente de restitución puede variar entre cero y uno dependiendo del tipo de choque.

$\varepsilon = 0 \Rightarrow$ Choque plástico o perfectamente inelástico.

$0 \langle \varepsilon \langle 1 \Rightarrow$ Choque inelástico.

$\varepsilon = 1 \Rightarrow$ Choque perfectamente elástico.

PROBLEMA

Dos deslizadores m_1=0.5kg y m_2=6kg se acercan, con velocidades $\vec{v}_1 = 2\hat{i} m/s$ $\vec{v}_2 = -1\hat{i} m/s$ Sobre un carril de aire sin fricción. Después de chocar m_2 se aleja con $\vec{v}_{2despues} = 2\hat{i} m/s$

Determinar:

1. El coeficiente de restitución
2. Indicar que tipo de choque experimentaron los deslizadores

Una vez calculada la velocidad de m1 después del choque determinamos el valor del coeficiente de restitución:

$$\varepsilon = -\left(\frac{\vec{v}_{2despues} - \vec{v}_{1despues}}{\vec{v}_{2antes} - \vec{v}_{1antes}} \right) \Rightarrow \varepsilon = -\left(\frac{2-(0,2)}{(-1)-2} \right)$$

$$\varepsilon = 0,6$$

El valor del coeficiente de restitución, es mayor que cero pero menor que uno. Por lo tanto podemos afirmar que los deslizadores experimentan un choque inelástico.

Ahora revisemos el problema resuelto y resolvamos los problemas propuestos usando los procedimientos sugeridos en el material *Acerca de las Habilidades Cognitivas*