

COLISIONES O CHOQUES

1. INTRODUCCIÓN

Las **colisiones o choques** son procesos en los cuales partículas o cuerpos entran – durante un determinado tiempo Δt – en interacción de magnitud tal, que pueden despreciarse, sólo durante dicho Δt , los efectos de otras fuerzas o, en algunos casos, de *momentos de fuerzas* originadas en cuerpos ajenos al sistema de partículas constituido por los cuerpos que chocan. En general, es casi imposible conocer o medir la fuerzas (y los *momentos de fuerzas*) entre los cuerpos que colisionan y su evolución temporal, por lo cual es menester recurrir a teoremas de conservación, comparando la situación “antes” y “después” del choque para poder estudiarlo.

Podemos clasificar los choques según dos criterios:

- 1) Estudiando la existencia o no de vínculos o fuerzas exteriores (al sistema de partículas formado por los cuerpos que colisionan) sobre alguno de los cuerpos
- 2) Considerando la conservación, la disminución, o el aumento de la Energía Cinética Total del Sistema de Partículas durante el choque.

2. CLASIFICACIÓN DE LOS CHOQUES SEGÚN LA EXISTENCIA O NO DE VÍNCULOS EXTERNOS

Según este criterio, podemos distinguir dos tipos de choques:

- a) Choques en sistemas de partículas sin vínculos o fuerzas exteriores significativas durante el choque.
- b) Choques en sistemas de partículas con vínculos o fuerzas exteriores significativas durante el choque.

Caso a: Cuando el sistema formado por todas las partículas o cuerpos que chocan está aislado, es decir, no existen interacciones significativas entre ninguno de ellos y otros cuerpos ajenos al sistema, o bien son despreciables, o actúan en direcciones perpendiculares a la de todos los movimientos considerados, entonces $\Sigma \mathbf{F}^e = \mathbf{0}$ y, por lo tanto, se conserva la Cantidad Total de Movimiento \mathbf{P} del sistema de partículas (aunque cambia, en general sustancialmente, la cantidad de movimiento de cada cuerpo por separado).

Durante el choque, el impulso de las fuerzas externas es muy inferior al de las fuerzas externas *a condición que se considere únicamente el intervalo de tiempo (relativamente) pequeño que dura la colisión.*

Así, por ejemplo, dos pelotas que fueran lanzadas simultáneamente por dos jugadores en sentidos opuestos, de forma que chocaran en el aire, se verían afectadas en sus movimientos fuertemente por las fuerzas peso de cada una, que determinaría que sus trayectorias fueran parabólicas, y no rectas, tanto antes como después de chocar entre sí.



Impulso de las Fuerzas internas

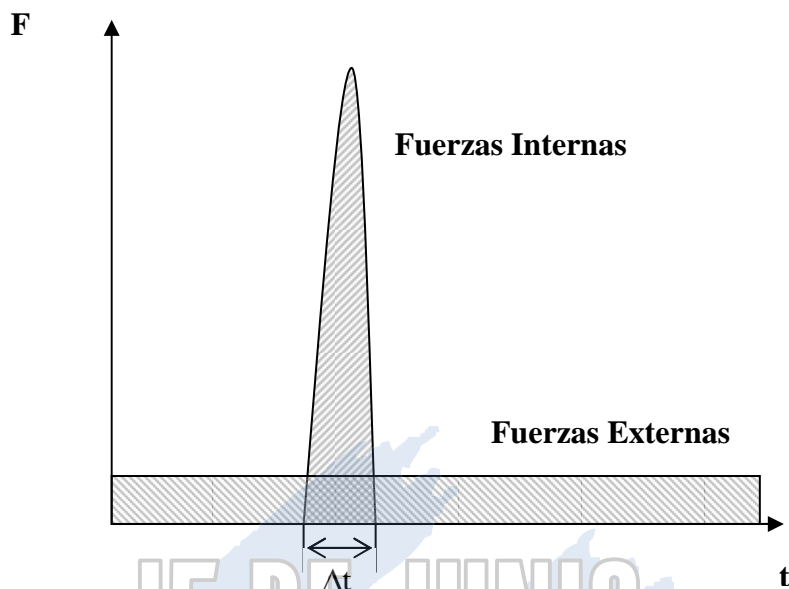


Impulso de las Fuerzas externas durante el tiempo total



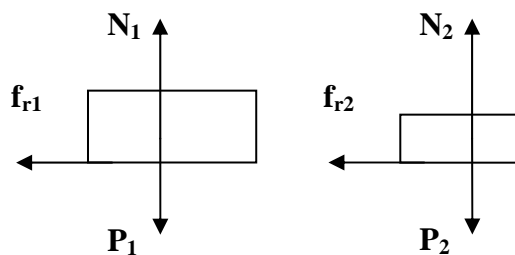
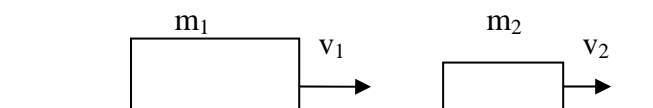
Impulso de las Fuerzas externas durante el choque

Sin embargo, si limitamos nuestro estudio únicamente al pequeñísimo intervalo Δt durante el cual ocurre la colisión, el impulso (representado por el área encerrada bajo cada curva en la gráfica F vs. t ; e igual al cambio de la cantidad de movimiento) producido por las fuerzas externas (el peso), es despreciable frente al impulso de las fuerzas internas (las interacciones entre las pelotas), como se observa en la gráfica siguiente, de modo que así podemos suponer que $\Sigma \mathbf{F}^e = \mathbf{0}$ y $\mathbf{P} = \text{cte.}$



EJEMPLO 1

Un bloque de masa m_1 se desliza por un plano horizontal con velocidad v_1 golpeando a otro de masa m_2 y velocidad v_2 , que se mueve en el mismo sentido opuesto. Actúa sobre ambos, todo el tiempo, una fuerza de rozamiento f_r .



Se trata de un movimiento unidimensional en dirección horizontal. En este caso las normales N_1 y N_2 corresponden a vínculos, es decir, restricciones al movimiento de los

cuerpos, pero son perpendiculares a la dirección de todos los movimientos presentes y en estudio, de manera que no los afectan. Los pesos están equilibrados por las normales todo el tiempo.

Si bien la fuerza de rozamiento tiene un efecto muy importante sobre el movimiento de los cuerpos a largo plazo, ya que puede llegar incluso a detenerlos completamente, su incidencia a lo largo del intervalo Δt es ínfima y son las fuerzas internas las que determinan los cambios en el movimiento de ambos cuerpos. Por lo tanto $\Sigma \mathbf{F}^e = \mathbf{0}$ y por lo tanto se conserva la Cantidad Total de Movimiento \mathbf{P} del sistema, o sea:

$$m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

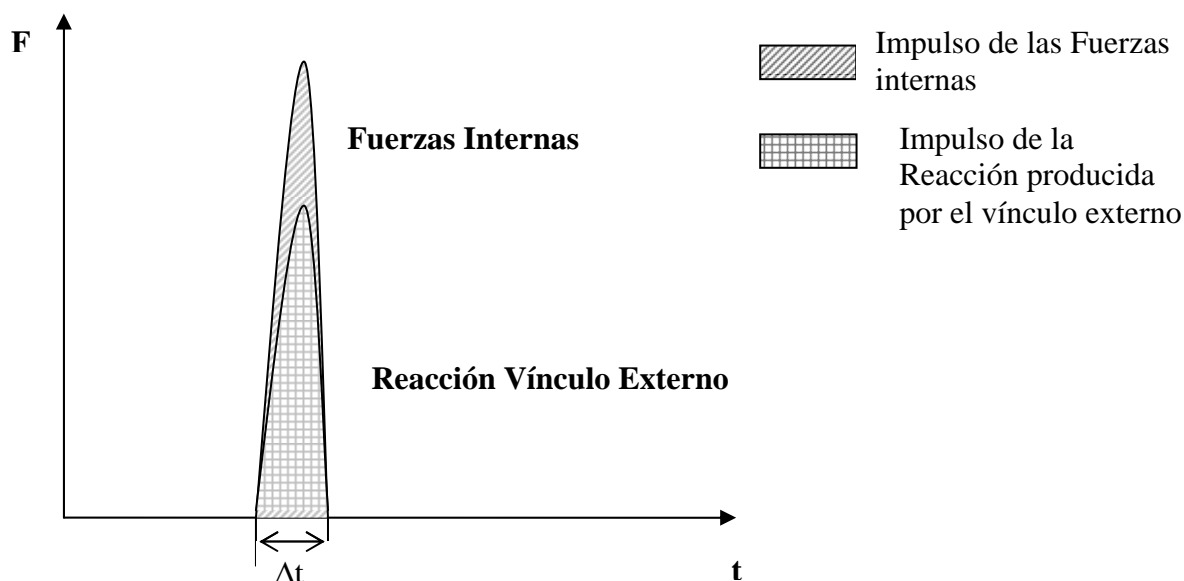
Si se conocen los datos iniciales, pero no las velocidades finales, esta ecuación – aunque muy importante – es insuficiente por sí sola para resolver completamente el problema y habrá que complementarla con alguna otra condición que veremos más adelante.

Caso b: Si en cambio alguno de los cuerpos que chocan tiene vínculos (con cuerpos ajenos al sistema de partículas) que restringen su movimiento en la dirección del mismo, al producirse el choque, el vínculo genera una fuerza que es precisamente mayor cuanto mayor sea la intensidad de las fuerzas interiores y tiene por lo tanto un impulso importante – no despreciable – en el mismo intervalo Δt .

El vínculo es esencialmente algún tipo de interacción con un cuerpo externo al sistema de partículas, por lo tanto en este caso *no se puede despreciar el efecto de las fuerzas externas*, y la cantidad total de movimiento \mathbf{P} , del sistema de partículas *no* se conserva.

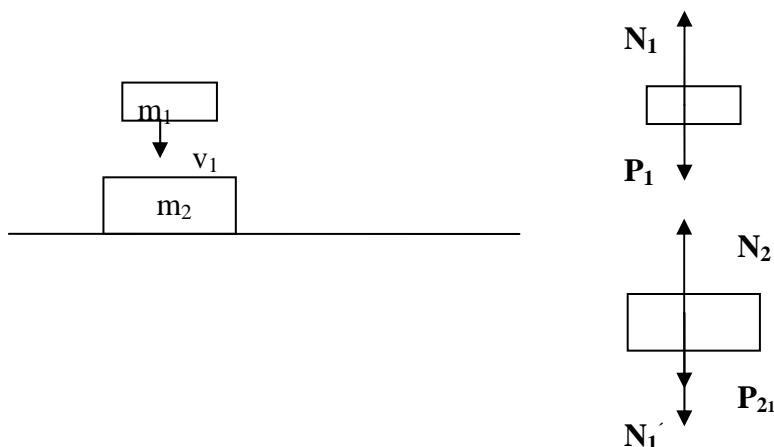
Si el vínculo (y en consecuencia las fuerzas externas), están aplicadas en un solo punto O del sistema de partículas, y además éste es origen de un sistema inercial (por ejemplo, un punto fijo a Tierra), podemos elegir ese punto como punto de referencia para aplicar la 2ª ecuación cardinal, y encontramos que $\Sigma \mathbf{M}_O^e = \mathbf{0}$.

Entonces se puede afirmar que \mathbf{L}_O sí se conserva.



EJEMPLO 2

El bloque de masa m_1 cae con velocidad v_1 sobre otro de masa m_2 , que está en reposo sobre un plano horizontal, quedando ambos en reposo.



En este caso la dirección del movimiento es vertical, y la fuerza ejercida por el vínculo representado por la superficie de apoyo, es decir, la fuerza externa N_2 , es decisiva para modificar el movimiento del sistema. Es el impulso de esta fuerza el que cambia la cantidad de movimiento de m_1 , desde su valor inicial $m_1 v_1$ hasta cero.

En este caso no se conserva la cantidad total de movimiento del sistema.

En algunos casos, los vínculos externos son de naturaleza tal, que si bien impiden la conservación de la cantidad total de movimiento, en cambio permiten la conservación del Momento Angular Total, siempre que se lo considere con respecto a ciertos puntos notables del problema, como se verá en el ejemplo siguiente.

EJEMPLO 3

Una bola de masa m se desliza sobre un plano horizontal sin roce a una velocidad v , golpeando perpendicularmente a una barra de longitud d apoyada en el mismo plano, inicialmente en reposo, y que puede pivotar libremente sobre un perno O en su otro extremo. El momento de inercia de la barra respecto a su extremo es I_0 , y se desea saber la velocidad angular ω del conjunto después del choque si la masa queda adherida a la barra.

Si consideramos como sistema de partículas al conjunto masa-barra, no podemos garantizar la conservación de su cantidad total de movimiento en el choque, ya que el pivote (externo al sistema y fijo al planeta Tierra) ejercerá una fuerza importante precisamente en el intervalo del choque para impedir el movimiento de ese extremo de la barra, que se desplazaría de no existir el perno.

Pero si tomamos como punto de referencia a O , $\Sigma \mathbf{M}_O^e = \mathbf{0}$, ya que la fuerza externa actúa en el punto O . En consecuencia $L_O = \text{cte}$.

L_o antes del choque:

$$L_o = m \cdot v \cdot d$$

L_o después del choque:

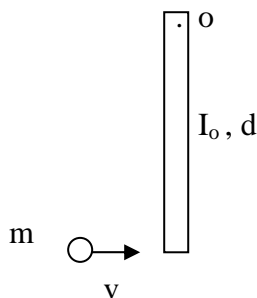
$$L_o = (I_o + m \cdot d^2) \cdot \omega$$

En consecuencia:

$$(I_o + m \cdot d^2) \cdot \omega = m \cdot v \cdot d$$

y finalmente:

$$\omega = m \cdot v \cdot d / (I_o + m \cdot d^2)$$



3. CLASIFICACIÓN DE LOS CHOQUES SEGÚN LA VARIACIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA TOTAL DEL SISTEMA DE PARTÍCULAS- DURACION DE LOS CHOQUES

Los choques, tanto los del tipo (a) como los del tipo (b), pueden también ser clasificados, según se conserve, disminuya o aumente la energía cinética total del sistema en:

i) Choques elásticos: Si se conserva E_c .

ii) Choques inelásticos: Si E_c disminuye.

La Energía cinética del sistema para un choque entre dos cuerpos, se puede escribir como:

$$E_c = \frac{1}{2} M v_{cm}^2 + E_{c,cm} = \frac{1}{2} M v_{cm}^2 + (\frac{1}{2} m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2'^2)$$

Siendo v_1 y v_2' las velocidades respecto al cm. La velocidad del centro de masa es la misma antes y después del choque, ya que $\mathbf{P} = M \mathbf{v}_{cm}$ se conserva. Por lo tanto, si varía la E_c , se deberá a la variación de $E_{c,cm}$. En particular, la máxima pérdida de energía posible se dará cuando $v_1' = v_2' = 0$, o sea si los cuerpos quedan unidos después de la colisión. Por ello se denomina a este caso choque totalmente inelástico o plástico.

iii) Choques explosivos: Si aumenta E_c .

La idea intuitiva de que un choque es un proceso muy rápido y fugaz, además de su sentido intrínsecamente subjetivo, no se corresponde con la amplitud de los tipos de fenómenos que es posible estudiar con los principios que estamos desarrollando.

Existen choques entre cuerpos del tamaño de la vida cotidiana que se producen en fracciones de segundo, colisiones entre partículas subatómicas que tienen lugar en tiempos varios órdenes de magnitud inferiores, y también interacciones entre cuerpos celestes que pueden demorarse días, meses o años. Todos estos fenómenos son susceptibles de ser analizados como colisiones, con la condición que se pueda establecer un período durante el cual las fuerzas (o en algunos casos los momentos) exteriores sean despreciables frente a las internas, para poder comparar un “antes” y un “después”, a los que se pueda aplicar alguno o varios de los principios de conservación enunciados.