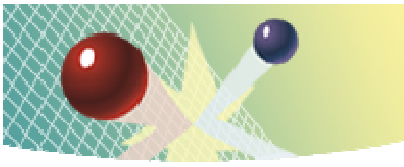
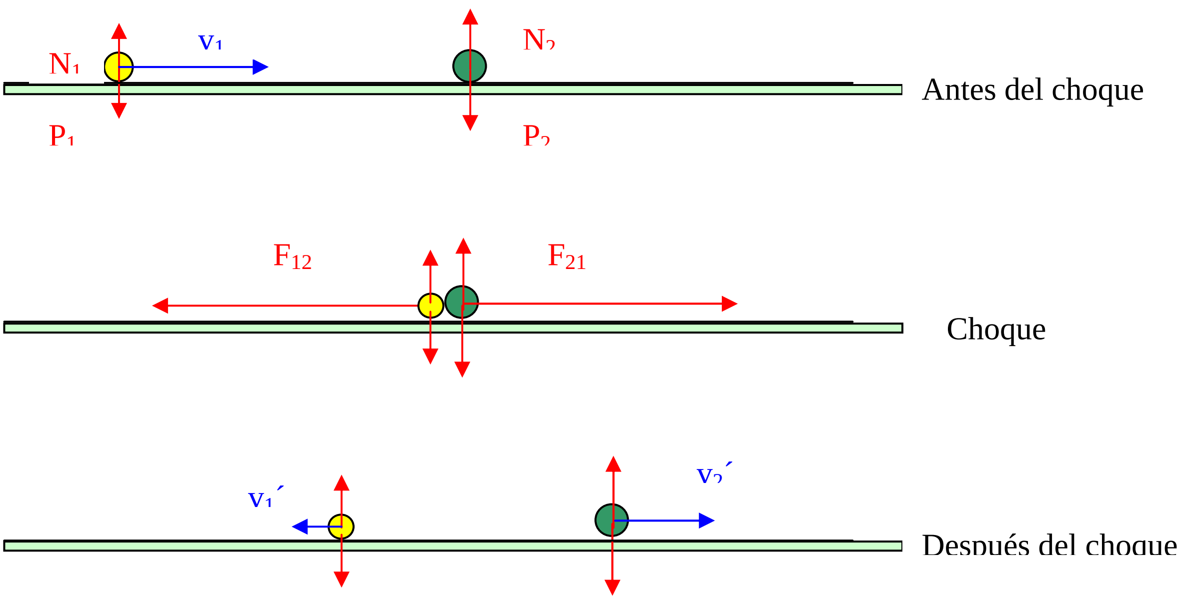


EL CHOQUE

Una masa de 400 g se desliza sobre una superficie horizontal sin rozamiento con una velocidad de 2 m/s y, choca con otra de 600 g inicialmente en reposo.

a) **Si el choque es central y elástico, se piden las velocidades de las dos masas después del choque ¿ Qué fuerzas han actuado en el proceso?.**
b) **Si el choque es central (frontal) y totalmente inelástico, se piden las velocidades después del choque y la pérdida de energía en el mismo.**
c) **Si el choque no es central (frontal) y la velocidad de la masa de 600 g después del choque resulta ser de 0.5 m/s en una dirección que forma ángulo de –30º con la dirección de la velocidad de la primera masa antes del choque ¿Cuál es la velocidad de la primera masa después del choque? ¿Es un choque elástico? Explícalo.**
d) **Una pelota de 200 g. Se deja caer desde una altura de 2 m sobre el suelo, y después de chocar con el mismo, alcanza la altura de 1.6 m ¿ Ha sido elástico el choque? ¿Se cumple el principio de conservación de la cantidad de movimiento? Explícalo.**

Antes del choque, sobre cada masa actúa el peso P y reacción normal del plano N que se compensan de manera que la resultante es cero. La primera masa se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme y la segunda está en reposo. Durante el choque, se empuja una a la otra (interaccionan) con unas fuerzas elásticas (que llamaremos F_{21} y F_{12}) en el apartado a). Estas fuerzas aplastan una masa contra la otra deformándose mutuamente y convirtiendo la energía cinética en potencial elástica hasta una determinada compresión, a partir de la cual las fuerzas vuelven a disminuir y la energía potencial elástica se convierte de nuevo en energía cinética. No se pierde nada de energía y el proceso del choque ocurre en un intervalo muy corto de tiempo.



En el apartado a) con un choque central y elástico, y en **el sistema constituido por las dos masas** la suma de fuerzas exteriores es cero y su trabajo también lo es, se deben cumplir los principios de conservación de:

a) La cantidad de movimiento $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1{}' + \vec{p}_2{}'$ ya que $\Sigma F_{ext} = 0$

b) La energía $E_{c1} + E_{c2} = E_{c1}{}' + E_{c2}{}'$ ya que $W_{F\ ext} = 0$ y las fuerzas interiores, en choque son elásticas, es decir, conservativas.

El principio de conservación de la cantidad de movimiento es una expresión vectorial, pero como en el caso de un choque central todo ocurre en una dirección, consideramos esa dirección como única con los signos + para los vectores hacia la derecha y – para los vectores hacia la izquierda (para los datos, los resultados nos saldrán con los correspondientes signos). Luego.

$$m_1.v_1 + m_2.v_2 = m_1.v_1{}' + m_2.v_2{}' \qquad 0'4.2 + 0 = 0'4.v_1{}' + 0'6.v_2{}'$$

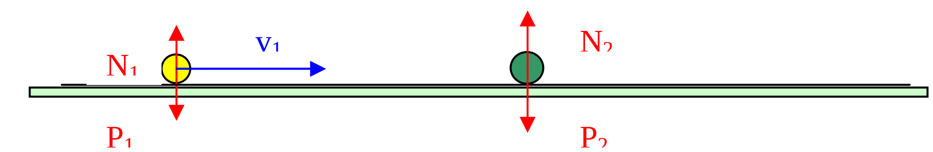
$$\frac{1}{2}m_1.v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2 = \frac{1}{2}m_1.v_1^{'2} + \frac{1}{2}m_2.v_2^{'2} \qquad \frac{1}{2}.0'4.2^2 + 0 = \frac{1}{2}.0'4.v_1^{'2} + \frac{1}{2}.0'6.v_2^{'2}$$

que son dos ecuaciones con dos incógnitas. Resolviéndolas obtenemos:

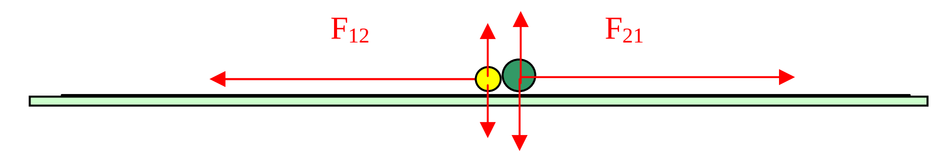
$$v_2' = 1'6 m/s \qquad v_1' = -0'4 m/s$$

Valores que, como podemos comprobar cumplen con los principios de conservación antes indicados.

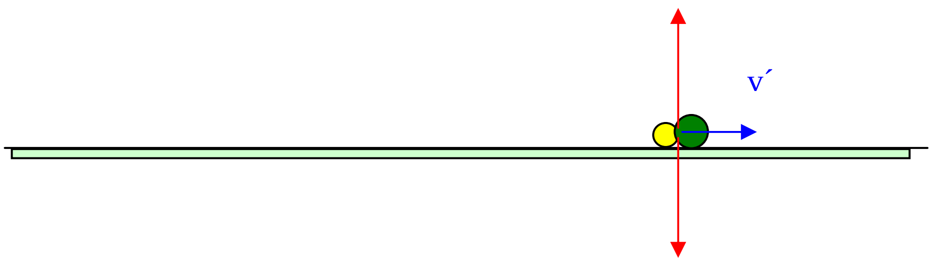
b) En el caso de un choque central y totalmente inelástico, después del choque las masas quedan enlazadas (pegadas) y las fuerzas que han actuado entre ellas F_{21} y F_{12} **no son elásticas** y producen deformaciones permanentes quedando pegadas las masas.



Antes del choque



Choque



Después del choque

En este caso como las masas quedan unidas la velocidad del conjunto la llamaremos v´ y el movimiento del conjunto después del choque será rectilíneo y uniforme con esa velocidad. Como las fuerzas que han actuado entre ellas durante el choque NO SON ELÁSTICAS, no podemos utilizar el principio de conservación de la energía (cinética) que se habrá perdido en parte en forma de deformaciones permanentes.

Sólo podremos utilizar el principio de conservación de la cantidad de movimiento.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2).v' \qquad 0'4.2 + 0 = (0'4 + 0'6)v'$$

De donde v´= 0´8 m/s

Y, la pérdida de energía cinética en el choque la calcularemos:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}(m_1 + m_2).v'^2 - (\frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2)$$
$$\Delta E_c = \frac{1}{2}(0'4 + 0'6).0'8^2 - (\frac{1}{2}0'4.2^2 + 0) = -0.46J$$

Los choques TOTALMENTE INELÁSTICOS se llaman también PLÁSTICOS (las masas quedan unidas después del mismo). Pero los choque pueden no ser elásticos y, quedar las masas separadas después del mismo, habiéndose perdido energía mecánica a consecuencia del mismo. En estos casos como en los anteriores es conveniente definir un coeficiente denominado COEFICIENTE DE RESTITUCIÓN ε , que se obtiene como:

$$\varepsilon = -\frac{v_2' - v_1'}{v_2 - v_1}$$ que como vemos, en los choque perfectamente elásticos es igual a 1, y en los completamente inelásticos es igual a 0 . Para los choques parcialmente inelásticos el coeficiente de restitución tendrá un valor comprendido entre el 0 y el 1

$$1 > \varepsilon > 0$$

c) En el caso de un choque **no central**, en dos dimensiones, tendremos que utilizar el principio de conservación de la cantidad de movimiento (vectorial) en un plano con los ejes x e y. Los dibujos en este caso, serán mirando al plano en el que se desliza la masa m_1 y está en reposo m_2 desde arriba, y, en él situaremos los ejes x e y situando el eje x coincidiendo con la dirección de la velocidad de m_1 (recordemos que es de 2 m/s). No podremos dibujar los vectores P y N que serán perpendiculares al plano dibujado, pero, recordemos que la suma de ambas es cero.

De las fuerzas con las que interaccionan en el choque, no sabemos si serán o no elásticas. Lo comprobaremos después de utilizar el principio de conservación de la cantidad de movimiento para averiguar la velocidad de m_1 después del choque. Con ello, podremos calcular las energías cinéticas antes y después del choque. Si son iguales las fuerzas habrán sido elásticas y si se ha perdido energía no lo serán, y se habrá producido alguna deformación en ellas. Se tratará entonces de un choque parcialmente inelástico.

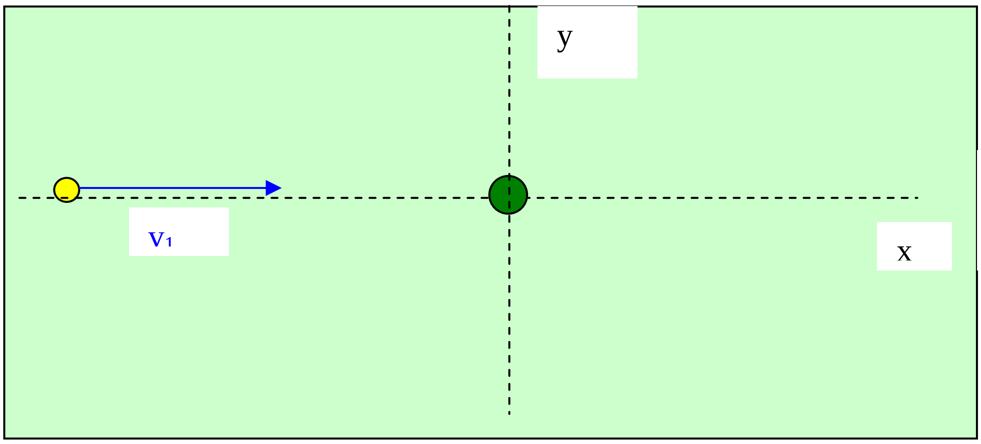
Como $\Sigma F_{ext} = 0$ $\quad \vec{p}_{sistema} = cte$ $\quad \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1´ + \vec{p}_2´$

Como se trata de una suma de vectores en un plano, establecemos los ejes x,y , haciendo coincidir el eje x con la velocidad de m_1 inicial. Descomponiendo el anterior principio de conservación a lo largo de los ejes x e y, tenemos:

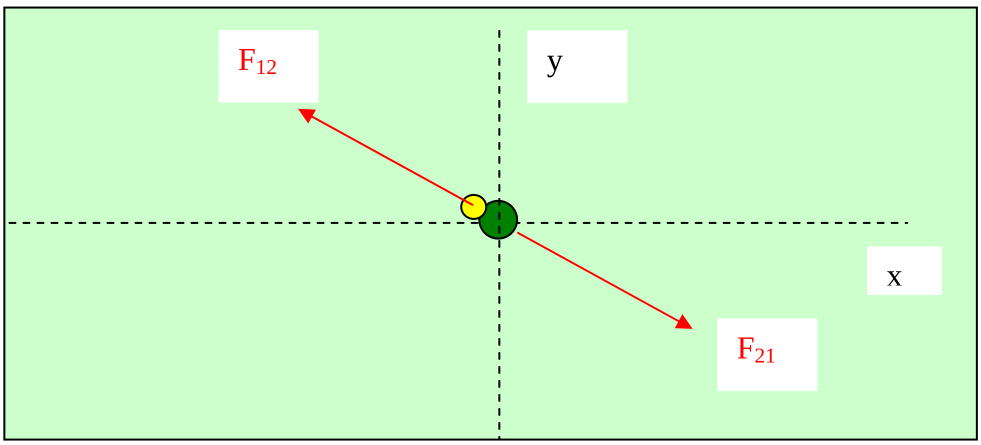
$$m_1.v_{1x} + m_2.v_{2x} = m_1.v_{1x}´ + m_2.v_{2x}´ \qquad m_1.v_{1y} + m_2.v_{2y} = m_1.v_{1y}´ + m_2.v_{2y}´$$

que , en nuestro caso será:

$0´4 \,.\, 2 + 0 = 0´4 \,.v_{1x}´ + 0´6.0´5.\cos(-30º)$ $\qquad 0 + 0 = 0´4.\, v_{1y}´ + 0´6.0.5.\text{sen}(-30º)$

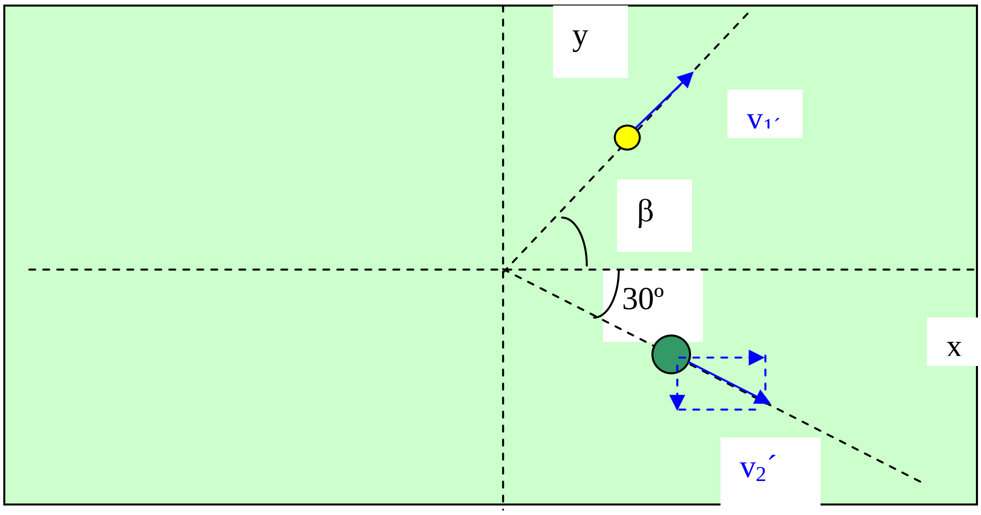


Antes del choque



Durante el choque

$v_2´$



Después
del choque

De las ecuaciones anteriormente escritas deducimos que:

$v_{1y}´= 0´375$ m/s   y que $v_{1x}´= 0.35$ m/s   de donde $v_1´= 0´51$ m/s y el ángulo

que forma con el eje de las “x” será.

$tg\beta = \frac{0´375}{0.35} = 1´071$ luego el ángulo será de $\beta = 47º$

Para comprobar si el choque ha sido o no elástico, veremos si ha habido o no incremento en la energía cinética de las masas antes y después del choque.

$\Delta E_c = (\frac{1}{2} m_1 v_1^{´2} + \frac{1}{2} m_2 v_2^{´2}) - \frac{1}{2} m_1 v_1^2$ que, substituyendo valores da.

$\Delta E_c = -0´67 J$

Como ha habido pérdida de energía cinética, el choque no ha sido ELÁSTICO. El trabajo de las fuerzas interiores debe haber producido deformaciones permanentes ya que no son elásticas. Será pues un choque PARCIALMENTE INELÁSTICO, pues las masas permanecen separadas después del mismo.

e) En el caso de la pelota de 200 g que cae desde una altura dada y choca con el suelo, nuestro sistema estará formado por la masa que cae “m” y la Tierra de masa “M”. Como al caer sobre “m” actúa la fuerza peso P (fuerza interior del sistema y conservativa), podremos utilizar el principio de conservación de la energía mecánica para dicho proceso y escribir:

$E_{p1} + E_{c1} = E_{p2} + E_{c2}$ $m.g.h_1 + 0 = 0 * \frac{1}{2} m.v_2^2$ de donde, la velocidad de la masa “m” al chocar con el suelo será :

$v_2 = \sqrt{2.g.h_1} = \sqrt{2.9\acute{}8.2} = 6.3 m/s$ vertical y hacia el suelo. v_2 = -6.3 m/s

Luego, en el proceso de subida, aplicando de nuevo el principio de conservación de la energía en el mismo, obtenemos que la velocidad de “m” después del choque será

$v_2\acute{} = \sqrt{2.g.h_1\acute{}} = \sqrt{2.9\acute{}8.1\acute{}6} = 5.6 m/s$ vertical y hacia arriba $v_2\acute{}$ = +5´6 m/s

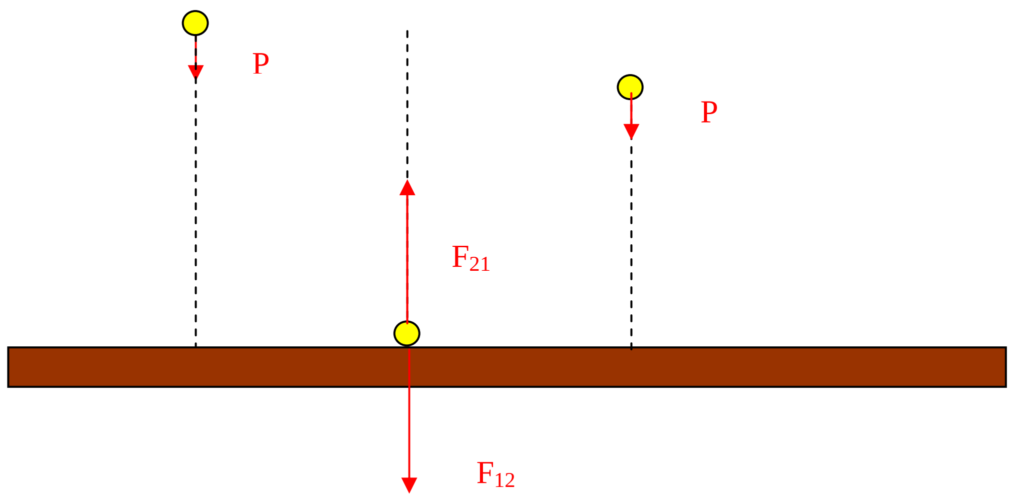
Al haber disminuido la velocidad, lo habrá hecho la energía cinética del sistema, luego, el choque NO HA SIDO ELÁSTICO. Si hubiera sido perfectamente elástico, la pelota hubiera alcanzado la misma altura inicial. El coeficiente de restitución ha sido de .

$$\varepsilon = -\frac{5\acute{}6 - 0}{-6.3 - 0} = 0.89$$

El principio de conservación de la cantidad de movimiento naturalmente SE HA CUMPLIDO, pues el cambio en la cantidad de movimiento de la pelota, al cambiar el sentido de su velocidad, es igual y de signo contrario al cambio experimentado por la Tierra que, dada su enorme masa , la velocidad es prácticamente cero antes y después del choque.

$$\vec{p}_{pelota} + \vec{p}_{TIERRA} = \vec{p}_{pelota}\acute{} + \vec{p}_{TIERRA}\acute{}$$
$$\Delta\vec{p}_{pelota} = -\Delta\vec{p}_{TIERRA}$$

0´2.(5.6-(-6.3)) = 2.38 Kg.m/s   luego, la cantidad de movimiento de la Tierra ha variado en –2.38 Kg.m/s , que, dada la enorme masa de la Tierra el incremento de la velocidad es prácticamente despreciable.



En el segundo choque con el suelo, el coeficiente de restitución sería el mismo, y, la velocidad después del choque sería:

$\varepsilon = -\frac{v_1´}{-5´6} = 0´´89$ de donde la nueva velocidad de la pelota después del segundo choque con el suelo será de $v_1´= 4´98$ m/s , por lo que la altura que alcanzará será de :

$h = \frac{v_1´^2}{2.g} = \frac{4´98^2}{2.9´8} = 1´26m$ de altura . Y así sucesivamente en los demás choques con el suelo.