

Ficha de Trabajo

Título: Choques

Área: Física

Nivel: CICLO SUPERIOR DE ESCUELA MEDIAS y TECNICAS

Esta actividad esta dirigida a estudiantes avanzados de escuelas medias y técnicas. Presupone que los alumnos poseen conocimientos básicos de leyes de conservación de la energía y cantidad de movimiento.

El tema que queremos abordar es muy amplio y son muchas las preguntas que podemos formular sobre los distintos tipos de movimiento. Para este primer estudio tomaremos ejemplos sencillos y claros en función de los cuales podemos comprender otros un poco más complicados. Comencemos por aceptar la idea que el movimiento de un cuerpo es producto de la interacción con otro u otros cuerpos. El experimento más sencillo que podemos realizar es el choque frontal entre dos cuerpos. Durante la experiencia sólo consideraremos las velocidades de los cuerpos en interacción antes y después del choque, no nos interesará detallar que sucede durante el choque. En la práctica se podrán variar la masa y el material de los objetos, la naturaleza de las distintas superficies de contacto, las velocidades iniciales, etc. ¹

El objetivo de este recurso es que el alumno examine y profundice sus conocimientos sobre el tema, utilizando herramientas informáticas. En particular, se abordarán los siguientes aspectos:

- Concepto de masa.
- Principio de acción y reacción.
- Dimensiones de nuestros cuerpos.
- Conservación de la cantidad de movimiento.
- Choques o Colisiones.
- Conceptos Trabajo de una fuerza, L^F ; fuerzas conservativas, FC , y fuerzas no conservativas, FNC .
- Conceptos de Energía Cinética, E_c , Energía Potencial, E_p . Relación entre Energía Cinética y trabajo de las fuerzas: $\Delta E_c = L_{todas\ las\ fuerzas}$

Actividad 1: Breve introducción teórica

(1) Resulta evidente que la masa “inercial o inerte” juega un papel importante en los choques, ya que es esta propiedad la que se relaciona con la “resistencia” de los cuerpos a cambiar de movimiento. Generalmente confundimos los conceptos de masa y peso porque cerca de la superficie terrestre son proporcionales (resolver el problema C-1)

(2) Las deducciones que realizaremos son para cuerpos puntuales, posteriormente veremos las limitaciones de esta suposición. Y sólo en el laboratorio veremos las consecuencias de que los cuerpos sean extensos (rotaciones).

¹ Usaremos las letras en “negrita” para indicar vectores, es decir: vector $F \equiv \mathbf{F}$

(3) Como las fuerzas aplicadas durante las colisiones pueden ser muy complicadas, comparándolas con las fuerzas constantes que usamos hasta ahora cuando aplicábamos la segunda ley de Newton, no usaremos directamente el concepto de fuerza sino que nos basaremos en una consecuencia de la 2^{da} ley de Newton o *principio de acción y reacción*: "Cuando dos cuerpos ejercen acciones mutuas entre sí, la fuerza que actúa sobre uno de ellos es igual en módulo y dirección y de sentido contrario a la fuerza que actúa sobre el otro cuerpo."



$$\mathbf{F}_{12} + \mathbf{F}_{21} = 0 \quad (1)$$

Notación: \mathbf{F}_{12} = fuerza aplicada sobre el cuerpo 1 ejercida por el cuerpo 2

(4) ¿Cuáles son las consecuencias de esta relación?

Recordando la relación entre la variación de la cantidad de movimiento de una partícula de masa m_1 , $\mathbf{p}_1 = m_1 \mathbf{v}_1$, y el impulso, \mathbf{I} , ejercido por una fuerza externa sobre la partícula durante un tiempo Δt (usando i: inicial, f: final):

$$\mathbf{I} = \mathbf{F}^{\text{ext}} \Delta t = \Delta \mathbf{p} = \mathbf{p}_f - \mathbf{p}_i$$

Resulta que cuando sobre el sistema sólo actúan fuerzas internas $\Delta \mathbf{p} = 0$. Si el sistema es un conjunto de dos partículas (1) que interactúan entre sí $\rightarrow \Delta \mathbf{p} = 0 = \Delta (\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2) = 0$ es decir la cantidad de movimiento antes y después de la interacción no cambia ($\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_f$).

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2]_{\text{antes}} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2]_{\text{después}} \quad (2) \quad \text{Ley de conservación de la cantidad de movimiento}$$

Esta importante ley de conservación dice que la cantidad de movimiento del sistema, no puede ser modificado por la interacción mutua de los cuerpos y sólo depende de las velocidades iniciales.

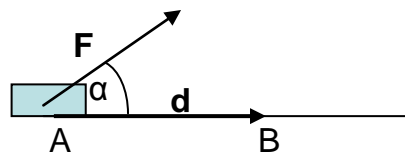
(5) Llamaremos choque entre dos cuerpos puntuales a un proceso de corta duración, que se produce cuando dichos cuerpos se encuentran muy próximos entre sí, sin importar el mecanismo de interacción. Utilizando la ecuación (2) y considerando el choque en una sola dimensión, nos queda

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \quad (3)$$

(6) Definimos el trabajo L realizado por una fuerza \mathbf{F} constante, para desplazar un cuerpo desde el punto A al punto B, a lo largo de un cierto camino, como el producto del módulo de la fuerza por el módulo del desplazamiento entre los puntos A y B por el coseno del ángulo comprendido entre ambos vectores

$$L^F = |\mathbf{F}| |\mathbf{d}| \cos(\alpha)$$

A partir de esta definición diferenciamos dos tipos de fuerzas



(a) Aquellas cuyo trabajo sólo depende de las coordenadas del punto inicial(A) y final(B), y que cuyo L no varía cualquiera sea el camino elegido para desplazarse desde ese punto inicial al final, denominadas Fuerzas Conservativas, FC.

(b) Aquellas cuyo trabajo si depende del camino elegido para ir desde el punto inicial y final, llamadas Fuerzas No Conservativas, FNC. (resolver el problema C-2)

(7) De la definición de Energía Cinética, $E_c = 1/2 mv^2$; vemos que si las velocidades antes y después del choque son distintas, entonces la variación de Energía cinética, ΔE_c , del sistema se escribe como:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m_1 (v_{1f})^2 + \frac{1}{2} m_2 (v_{2f})^2 - \frac{1}{2} m_1 (v_{1i})^2 - \frac{1}{2} m_2 (v_{2i})^2 \quad (4)$$

$$\Delta E_c = L_{\text{todas las fuerzas}} = L^{FNC} + L^{FC} = L^{FNC} - \Delta E_p \quad (5)$$

Clasificación de Choques

Todos los choques tienen la característica de conservar la cantidad de movimiento, y a partir de los valores obtenidos para ΔE_c de la ecuación (4), podemos distinguir distintos tipos de choques, sin necesidad de conocer los entretelones de todo el mecanismo de interacción, consideramos que no hay pérdida de masa:

I. Choque elástico $\rightarrow \Delta E_c=0$

En este tipo de colisiones los cuerpos no sufren deformaciones debido al impacto y la variación de la E_c antes y después del choque es nula.

Rescribiendo las ecuaciones (3) y (4) ; para el caso de movimiento en una única dirección:

$$m_1 (v_{1i} - v_{1f}) = m_2 (v_{2f} - v_{2i}) \quad (6)$$

$$\frac{1}{2} m_1 [(v_{1f})^2 - (v_{1i})^2] = \frac{1}{2} m_2 [(v_{2i})^2 - (v_{2f})^2] \quad (7)$$

Simplifiquemos, en (7), el factor $\frac{1}{2}$ y observando que lo que esta entre [] es una diferencia de cuadrados

$$m_1 (v_{1i} - v_{1f}) (v_{1i} + v_{1f}) = m_2 (v_{2f} - v_{2i}) (v_{2f} + v_{2i}) \quad (8)$$

Usando (6) resulta

$$(v_{1i} + v_{1f}) = (v_{2f} + v_{2i}) \quad \text{ó}$$

$(v_{1i} - v_{2i}) = - (v_{1f} - v_{2f})$

Por lo tanto, cuando el choque es elástico la velocidad relativa de la masa 1 respecto de la masa 2 no cambia de módulo sino que se invierte después del choque.

Dentro de este tipo de choque es importante mencionar un caso importante: dos cuerpos de igual masa, 1 y 2, con uno de ellos, 2, inicialmente en reposo. Al impactar se transferirá la energía desde el cuerpo 1 hacia el cuerpo 2, quedando 1 en reposo, mientras que el cuerpo 2, seguirá en movimiento; un ejemplo de este caso es el juego de pool o billar.

II. Choque perfectamente plástico o perfectamente inelástico $\rightarrow v_{2f} = v_{1f}$

En este caso después del choque las masas continúan su movimiento juntas (pegadas). Es decir la velocidad relativa entre las masas después del choque es nula.

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_{1f}$$

En estos choques toda la energía cinética se utiliza para deformar las masas y por lo tanto la **variación de energía cinética** es la máxima posible y de signo negativo..

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) (v_{1f})^2 - \frac{1}{2} m_1 (v_{1i})^2 - \frac{1}{2} m_2 (v_{2i})^2 = - \frac{m_1 m_2}{2 m_1 + m_2} [v_{2i} - v_{1i}]^2$$

El típico ejemplo en este caso son dos masas de plastilina que chocan y luego de deformarse siguen juntas. O se deja caer desde una cierta altura una masa de plastilina y al impactar contra el suelo queda pegada en él.

III. Choques explosivos $\rightarrow \Delta E_c > 0$

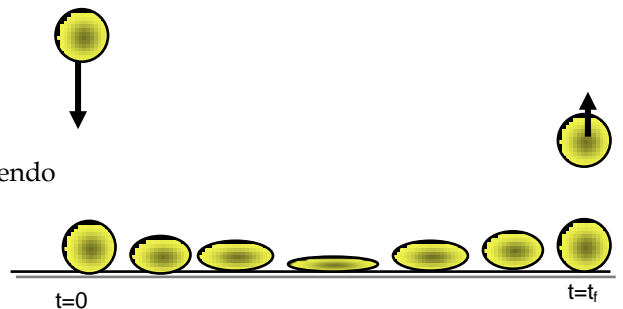
En este tipo de choque la energía cinética aumenta, el mecanismo de interacción (interno al sistema) provoca que las velocidades después del choque sean en general mayores que antes del choque. Un ejemplo común: la granada.

IV. Choques plásticos o parcialmente plásticos $\rightarrow \Delta E_c < 0$

Este grupo abarca la mayoría de las colisiones o choques que conocemos donde el caso (II), es un caso particular en donde la pérdida de energía cinética es máxima.

El ejemplo mas simple es dejar caer una pelota para que rebote contra el piso. La altura que alcanza después de cada choque es menor y ello se debe a que el choque entre la pelota y el suelo es inelástico o plástico.

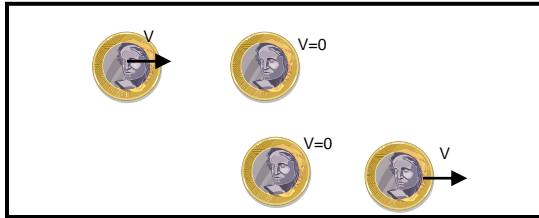
Mientras la pelota colisiona con el piso, se deforma rápidamente, lo cual indica que la fuerza de interacción pared-pelota crece a medida que pasa el tiempo, pasando la pelota por un momento de deformación máxima, y dependiendo de la deformación (o de la elasticidad) de la pelota llegará mas cerca de la altura de lanzamiento.



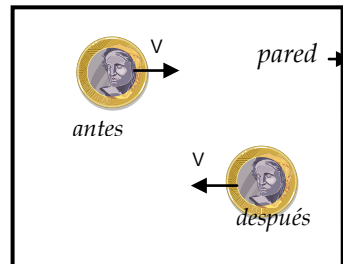
Observaciones para realizar en clase

Los ejemplos más fáciles de realizar en clase son con monedas, sobre una mesa de fórmica donde el rozamiento sea mínimo. En ellos puede verse la inversión del movimiento, y por lo tanto el cambio de la velocidad relativa

(a) de cuerpos de igual masa



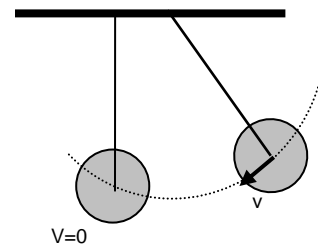
(b) de cuerpos de distinta masa



(c) Choque de dos pelotas de distintos materiales, desde pelotas de tenis, hasta de plastilina.

(d) Hacer rebotar una pelota contra el piso, y observar que si la dejó caer nunca volverá a su altura inicial.

(e) Hacer chocar dos péndulos iguales, observar la altura a la que llega la masa inicialmente quieta



(f) Hacer chocar una masa de plastilina contra un péndulo quieto (intentar que las masas se peguen), observar hasta que altura llega el sistema

(g) Colocar una pequeña pelota encima de otra pelota mayor, dejarlas caer juntas desde una altura h_0 , observar que la pelota pequeña puede alcanzar alturas mucho mayores que h_0 .

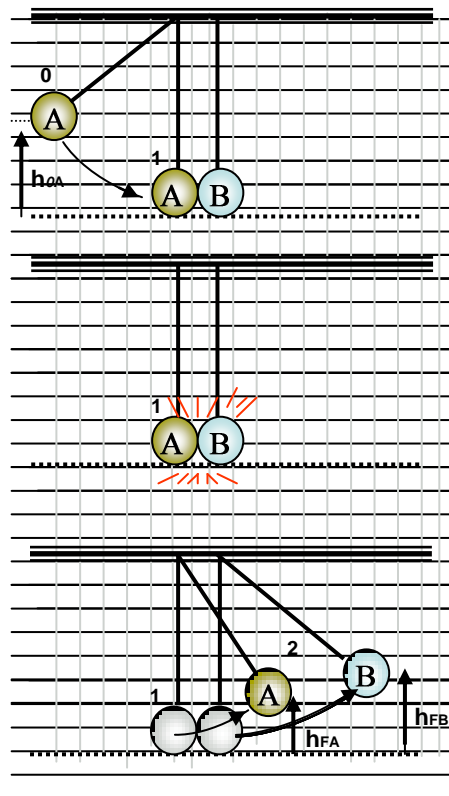
Experiencias para realizar en clase

- **E-1 : 1-Masas iguales 2-Masas distintas**

- Armar dos péndulos de igual longitud.
- Colocar, detrás de los mismos, una cuadrícula para medir posiciones
- Dejar en libertad unos de ellos, sin velocidad inicial:
En la figura: m_A , posición 0
- Marcar la posición 0 en la cuadrícula
- Dejar evolucionar hasta que ambas masas alcancen sus alturas máximas h_{FA} y h_{FB} en la figura.
- Marcar estas posiciones finales de las masas A y B.
- A través de conceptos de energía calcular la velocidad de la masa m_A inmediatamente antes y después del choque.
- Idem m_B

Se recomienda

- que la posición 0 forme un ángulo menor de 10° con la vertical.
- masas diferentes, preferentemente volúmenes iguales.
- evitar movimientos fuera del plano paralelo a la cuadrícula.



- **E-2: Choques de monedas de distinto tamaño grabando con la notebook o con una cámara de fotos**

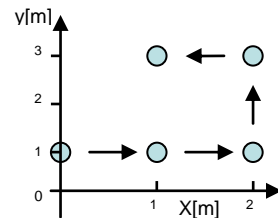
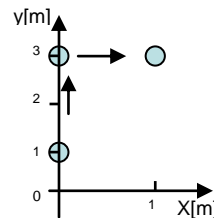
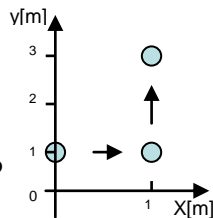
Ver recurso "Filmando experimentos" en <http://users.df.uba.ar/caputo/CURSOS-CABA/index.html>

Cuestionario

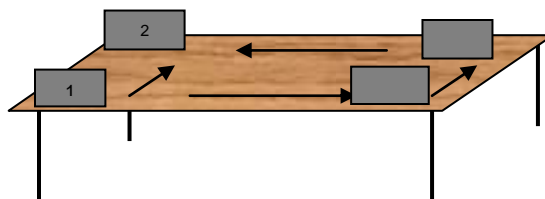
C-1: Un astronauta tiene por destino la Luna, donde la aceleración de la gravedad es 6 veces menor que la de nuestro planeta y no hay atmósfera. En la NASA le dieron algunos objetos para que realice una serie de experiencias simples, entre ellos: una esfera de vidrio, de 5 cm de radio y 1,3 kg de masa, y una hoja de papel, tamaño A4 y cuya masa es de 4,5 g. Después de algunas observaciones concluyó que (marcar las opciones correctas):

- La masa de los objetos en la Luna es seis veces menor que en la Tierra.
- Si se deja caer libremente los cuerpos desde una altura H respecto del piso, alcanzan la misma velocidad final en la Luna que en la Tierra.
- Ambos cuerpos pesan lo mismo que en la Tierra.
- Si se deja caer libremente ambos objetos desde una altura H respecto del piso, los dos llegan simultáneamente al mismo
- La velocidad adquirida en la caída libre es independiente de la altura desde donde parten los cuerpos.
- Si se dejan caer los cuerpos desde una altura H respecto del piso, los cuerpos tardan seis veces más que en la Tierra en llegar al piso.

C-2: Calcule el trabajo de la fuerza Peso para elevar un cuerpo, que se encuentra cerca de la superficie de nuestro planeta, de masa $m=2\text{kg}$ desde el punto $(0\text{m},1\text{m})$ hasta otro ubicado en $(1\text{m},3\text{m})$, siguiendo los tres trayectos marcados en la figura.

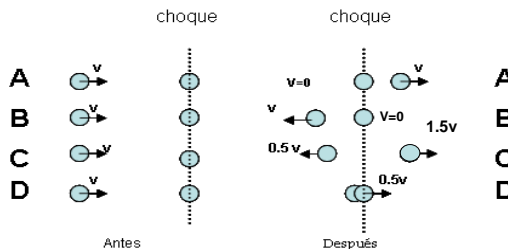


C-3 : Calcule el trabajo de la fuerza de rozamiento que actúa sobre un cuerpo que se desliza sobre una mesa. Hágalo para los distintos trayectos que une las posiciones 1 y 2. Discuta los resultados compare con el ejercicio C-2. El valor del coeficiente de rozamiento dinámico entre la mesa y el cuerpo es de 0.4, la masa del cuerpo es de 3kg.



C-4: Cuatro partículas idénticas (A, B, C y D) se desplazan con igual velocidad hacia otras cuatro partículas en reposo, todas de igual masa. Luego del choque, las partículas se mueven con velocidades cuyos módulos y sentidos se indican en la figura. De los cuatro choques, sólo uno es elástico y uno es imposible, diga cuáles son en el orden (elástico, imposible):

- A y B A y C A y D
 B y C B y D C y D



Bibliografía / Links

- Física para la Ciencia y la Tecnología -5^{ta} Ed.- Tipler y Mosca - Vol .1
- Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas - Ingar y Kraushaar
- Física - Vol. 1 -5^{ta} Ed.- Resnick- Holliday - Krane
- Choque inelástico http://es.wikipedia.org/wiki/Choque_inelástico
- Choque elástico http://es.wikipedia.org/wiki/Choque_elástico
- Colisiones http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/choques/choques.html
- Choques verticales de pelotas http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/verticales/choques_verticales.htm

