Conservación del Momento Lineal y de la Energía

Objetivos

Comprobar experimentalmente la conservación del momento lineal mediante choques elásticos e inelásticos. Comprobar la conservación de la energía potencial y cinética.

Material

1 Pista de deslizamiento con topes 1 Dos coches con ruedas 1 Juego de 2 pesos de 500 gr. 1 Barra de madera con fieltro	1 medidor de ángulos 1 barra metálica 1 soporte fijación 1 Pie metálico en A

Esta práctica contiene tres experimentos:

1) Conservación del momento lineal en explosiones.

2) Conservación del momento lineal en colisiones.

a) Choques elásticos.

b) Choques inelásticos.

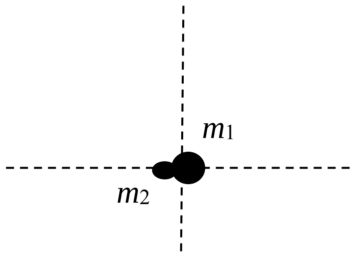
3) Conservación de la energía.

Determinación de la constante elástica de un muelle.

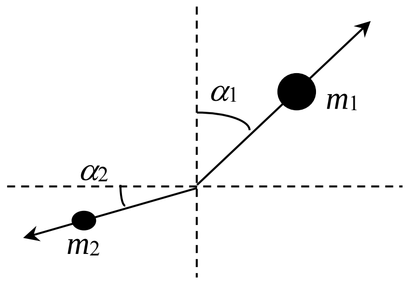
Experimento 1: Conservación del momento lineal en explosiones

Teoría

Supongamos que tenemos un sistema de masa M compuesto por dos masas, m_1 y m_2, de modo que $M = m_1 + m_2$. Si el sistema está inicialmente en reposo, su momento lineal inicial será nulo. Supongamos ahora que debido sólo a fuerzas internas acontece una explosión de manera que el sistema se rompe en sus masas m_1 y m_2 las cuales se moverán con velocidades v_1 y v_2, respectivamente. Debido a que el sistema tenía inicialmente un momento nulo, éste deberá seguir siendo nulo tras la explosión debido a que sólo han intervenido fuerzas internas. Que el momento lineal sea nulo después de la explosión indica que las masas m_1 y m_2 se deben mover en la misma dirección y en sentidos opuestos. Este hecho se deduce de la conservación de las componentes verticales y horizontales del momento lineal:



Antes de la explosión



Situación hipotética después de la explosión

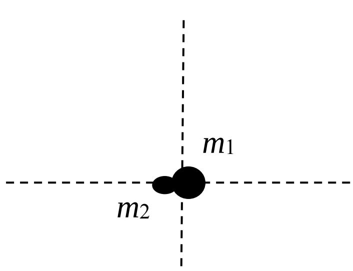
Según la situación hipotética después del choque que se representa en la figura superior derecha, se debe cumplir:

$m_1 v_1 \operatorname{sen}\alpha_1 = m_2 v_2 \operatorname{sen}\alpha_2$ Conservación comp. verticales momento lineal

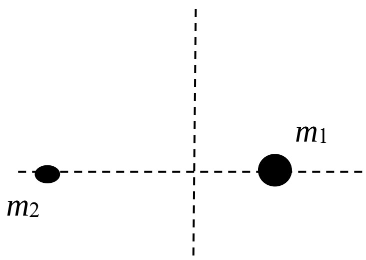
$m_1 v_1 \cos\alpha_1 = m_2 v_2 \cos\alpha_2$ Conservación comp. horizontales momento lineal

Dividiendo ambas ecuaciones obtenemos: $\operatorname{tg}\alpha_1 = \operatorname{tg}\alpha_2 \quad \Rightarrow \quad \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$

Es decir, ambas partículas forman el mismo ángulo con la horizontal después de la explosión como habíamos indicado. Podemos tomar el sistema de referencia de modo que dicho ángulo α sea nulo.



Antes de la explosión



Situación real después de la explosión

Como el momento lineal P antes de la explosión era nulo, vemos que después de la explosión se debe cumplir:

$$\vec{P} = m_1\vec{v}_1 - m_2\vec{v}_2 = 0 \qquad [1]$$

Esto es:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \qquad [2]$$

En nuestro experimento 1, el punto de explosión se elegirá de modo que cada uno de los coches alcancen los extremos opuestos de la pista simultáneamente. La relación entre las velocidades de cada coche, se puede determinar sólo a partir de la medida de la distancia viajada por cada coche hasta su extremo, ya que el tiempo es común para ambos coches:

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{\dfrac{\Delta x_1}{\Delta t}}{\dfrac{\Delta x_2}{\Delta t}}=\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} \qquad [3]$$

y debido a [2]:
$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}=\frac{m_2}{m_1} \qquad [4]$$

Método experimental

1) Nivelar la pista deslizante mediante los tornillos que se encuentran en sus extremos hasta conseguir que un coche situado en cualquier punto de la pista no se mueva.
2) Uno de los coches tiene un resorte con un muelle. Apretar dicho resorte hasta el final y luego elevarlo ligeramente hasta que el resorte quede enganchado. Unir los dos coches mediante el velcro de modo que el resorte quede entre los dos coches.
3) Golpear (con una de las barras metálicas negras o con la barra de madera con fieltro) el pequeño pivote negro que se encuentra encima del resorte. Esto provocará que se suelte el resorte del muelle. Se debe intentar que en el golpe, el tiempo de percusión sea muy corto. Experimentar con diferentes puntos de comienzo en la pista hasta lograr que ambos coches lleguen simultáneamente a sus extremos respectivos. Pesar ambos coches y anotar la posición de comienzo encontrada.

Realizaremos las siguientes variaciones, encontrando para cada caso la distancia de comienzo y comprobando que se cumple la ec. [4] [Atención: *la distancia Δx viajada por cada coche se debe medir en un mismo punto del coche (desde el centro de la explosión hasta la parte trasera de cada coche cuando lleguen a los extremos del carril)*]:

Caso 1: Coches sin masa añadida.

Caso 2: Añadir una barra metálica a uno de los coches. Previamente, pesar dicha barra.

Caso 3: Repetir el caso 2 pero cambiando la masa añadida al otro coche.

Caso 3: Añadir las dos barras metálicas a uno de los coches.

Caso 4: Repetir el caso 3 pero cambiando las dos masas al otro coche.

Cuestiones

1) ¿Se conserva el momento lineal en cada explosión?
2) Cuando se utilizan coches de masas diferentes, ¿qué coche tiene mayor momento lineal? ¿Qué coche tiene mayor energía cinética?
3) ¿Qué ocurre si invertimos los coches de posición de modo que el coche que tiene el muelle esté en la parte contraria?

Experimento 2: Conservación del momento lineal en colisiones

Teoría

Independientemente del tipo de colisión, el momento lineal siempre se conserva. Una colisión elástica es aquella que se produce sin pérdida de energía cinética en el choque. Por el contrario, en una colisión inelástica la energía cinética no se conserva. Las colisiones pueden o no ser frontales. En nuestro experimento nos limitaremos al estudio de las colisiones frontales en las cuales las dos partículas se mueven en la misma línea de acción, sobre la pista.

<u>Colisión elástica frontal entre dos partículas de masas m_1 y m_2:</u>

Sean v_{1i} y v_{1f} las velocidades inicial y final para la partícula 1, y sean v_{2i} y v_{2f} las velocidades inicial y final para la partícula 2.

Se conserva la energía cinética: $\frac{1}{2}m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{2f}^2$

que podemos reordenar como:

$$m_1(v_{1i} + v_{1f})(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} + v_{2i})(v_{2f} - v_{2i}) \quad [5]$$

De la conservación del momento lineal: $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$

que ponemos como:

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

Dividiendo [5] entre [6]: $(v_{1i} + v_{1f}) = (v_{2f} + v_{2i})$ o bien:

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

lo cual indica que, en una colisión elástica, la velocidad relativa de retroceso es igual a la velocidad relativa de aproximación.

Si $m_1 = m_2$ (es decir, las dos partículas tienen igual masa) sumando y restando [6] y [7], es fácil obtener que después del choque ($v_{1i} = v_{2f}$) y ($v_{2i} = v_{1f}$), es decir, las partículas intercambian sus velocidades.

<u>Colisión inelástica frontal entre dos partículas de masas m_1 y m_2:</u>

Sólo estudiaremos colisiones perfectamente inelásticas (plásticas) en las cuales los dos objetos quedan pegados después del choque, ($v_{1f} = v_{2f} = v_{CM}$), siendo v_{CM} la velocidad del centro de masas del conjunto. Se cumple la conservación del momento lineal, según se desprende de la propia definición de velocidad del centro de masas:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2)v_{CM} \quad [8]$$

Método experimental

Colisiones elásticas

a) Coches de igual masa:

1) Comprobar que la pista sigue nivelada observando que los coches en reposo no deslizan.

2) Orientar los coches de modo que el coche que tiene el resorte con el muelle tenga situado éste en la parte en la que se produce el choque.

3) Situar un coche en reposo en el centro de la pista y hacer chocar al otro coche contra aquél. Explicar lo que ocurre después del choque.

4) Empezar con cada coche desde los extremos opuestos de la pista y dar a ambos la misma velocidad hacia el centro de la pista. Explicar lo que ocurre después del choque.

5) Empezar con cada coche desde los extremos opuestos de la pista y dar a uno de ellos una velocidad mayor que al otro. Explicar lo que ocurre después del choque.

b) Coches de distinta masa:

1) Cargar las dos barras metálicas sobre un coche y dejarlo en reposo en el centro de la pista. Dar al otro coche una velocidad inicial hacia el coche en reposo. Explicar lo que ocurre después del choque.

2) Situar ahora el coche sin carga en el centro de la pista y en reposo, e impulsar el coche cargado. Explicar lo que ocurre después del choque.

3) Empezar con cada coche desde los extremos opuestos de la pista y dar a ambos la misma velocidad hacia el centro de la pista. Explicar lo que ocurre después del choque.

4) Empezar con ambos coches en un lado de la pista y dar a uno de ellos una velocidad mayor que al otro de modo que ambos choquen. Repetir esto dos veces, una con el coche con carga primero y otra con el coche sin carga primero. Explicar lo que ocurre después del choque en cada caso.

Colisiones inelásticas

Orientar los coches de modo que los velcros de ambos coches queden en contacto al chocar. Repetir los choques realizados en la parte elástica para tanto para coches de igual masa como de distinta masa.

Cuestiones

1) En las colisiones elásticas de igual masa ¿se han intercambiado siempre las velocidades?. Explicar.

2) Cuando dos coches con la misma masa y misma velocidad chocan elásticamente ¿cuál es el momento lineal total final del sistema?

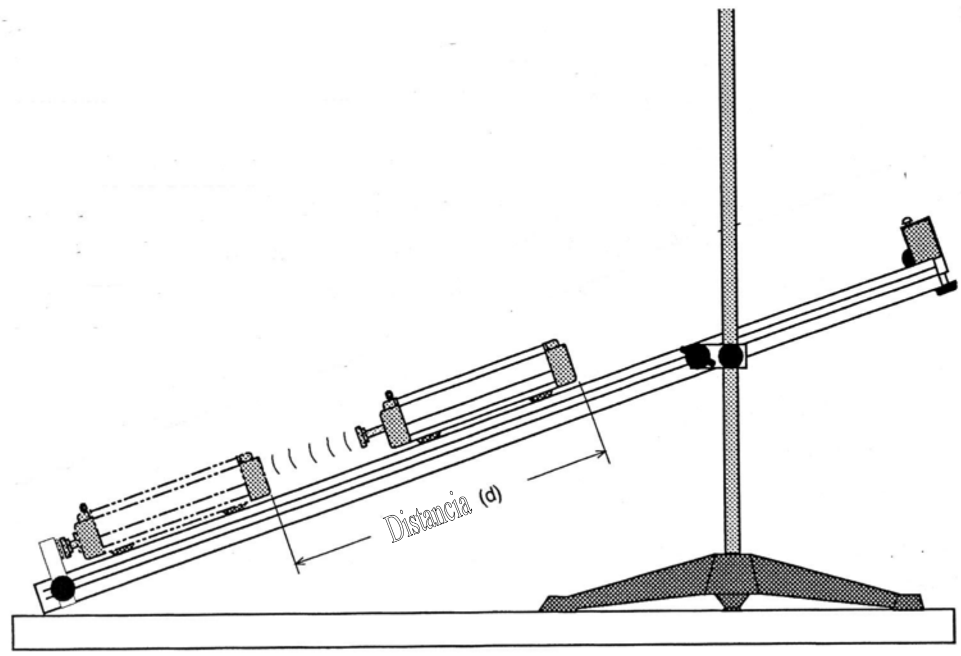
3) Cuando dos coches con la misma masa y misma velocidad chocan inelásticamente ¿cuál es el momento lineal total final del sistema?, ¿dónde ha ido la energía cinética del sistema?

Experimento 3: Conservación de la energía

Teoría

En este experimento comprobaremos la conservación de la energía y obtendremos la constante elástica del muelle del resorte del coche. Sabemos que la energía potencial elástica de un muelle comprimido una distancia *x* y con una constante elástica *k*, viene dada por $\frac{1}{2}kx^2$.

Si elevamos la pista como se indica en la figura y situamos el coche en el extremo inferior con



el muelle comprimido, al descomprimir éste, el coche adquirirá una energía cinética que le hará ascender por la pista y que finalmente se transformará únicamente en energía potencial gravitatoria en el punto más alto alcanzado. Esta energía potencial gravitatoria vendrá dada por: $mgd \operatorname{sen}\alpha$ siendo $d \operatorname{sen} \alpha$ la altura vertical alcanzada y α el ángulo que la pista forma con la horizontal.

Por la conservación de la energía: $\frac{1}{2}kx^2 = mgd \operatorname{sen}\alpha$ de manera que:

$$d = k\frac{x^2}{2mg}\frac{1}{\operatorname{sen}\alpha} \qquad [9]$$

Método experimental

1) Elevar la pista mediante la barra vertical con soporte en A. Con el medidor de ángulos de plomada, poner un desnivel inicial de 4º.
2) Medir la longitud *x* del resorte del muelle extendido en el coche correspondiente.
3) Comprimir el muelle y situar el coche en la parte baja de la pista con el muelle comprimido en contacto con el tope inferior de la pista.
4) Anotar la distancia inicial de la parte superior de coche en la pista.

5) Percutir el pivote para descomprimir el resorte. El coche subirá entonces por la pista. Anotar la distancia alcanzada sobre la pista por la parte delantera del coche. Comprimir nuevamente el resorte y repetir, al menos, tres veces este paso. Tomar como distancia final la mayor de las tres.

6) Elevar la pista 2º más y repetir el paso 5.

7) Repetir el paso 6 hasta llegar a 10º de elevación.

8) Debido a la ec. [9], si representamos la distancia total d viajada por el coche sobre la pista como función de $\frac{1}{\operatorname{sen}\alpha}$, obtendremos una recta cuya pendiente será $\frac{kx^2}{2mg}$. Entonces, hallar la constante elástica k.

Al terminar esta práctica dejar la pista horizontal con los coches descargados sobre ella y con el resorte del muelle descomprimido.