

Preinforme: Conservación del momento lineal a través del péndulo balístico.

Bryan A. Berbesí - 2210701

Nicolas Mantilla - 2210707

Santiago A. Montes - 2210718

Universidad Industrial de Santander - Escuela de física

7 de agosto de 2022

Resumen

En el estudio de las colisiones es usualmente abordado el concepto de momento lineal, el cual se conserva durante las colisiones, siendo estas distinguidas como elásticas o inelásticas según la conservación de la energía cinética. En el presente estudio serán empleadas colisiones totalmente inelásticas entre una esfera y una trampa dispuesta en un péndulo balístico, variando su masa en tres ocasiones y empleando un lanzador para efectuar tal choque. De esta forma, serán registradas las velocidades iniciales del lanzamiento de la esfera mediante un fotosensor, así como el ángulo máximo alcanzado por el sistema tras rotar por la colisión. A partir de estos datos se calculará la velocidad teórica inicial de la esfera asumiendo un modelo en el que se conserva el momento lineal, comparando este valor con el obtenido experimentalmente para así evaluar la validez de su conservación.

1. Introducción

El estudio del momento lineal para un sistema cerrado sienta las bases para comprender uno de los problemas más estudiados en la mecánica clásica, ¿Qué sucede durante la colisión de cuerpos? Durante el siglo XVII, físicos como Galileo Galilei, Cristian Huygens e Isaac Newton se preocuparon por precisar el concepto de la cantidad de momento lineal a partir de observaciones e hipótesis lógicas, la cual se definió como $\vec{p} = m\vec{v}$, donde \vec{p} representa el vector momentum lineal. Es importante considerar la dirección de dicho vector, la cual es en esencia la misma que la velocidad. La idea intuitiva tras este concepto introducido radica en comparar la *cantidad de movimiento* que un cuerpo con cierta masa m a una determinada velocidad \vec{v} puede transmitir a otros objetos [Matallana et al. (2006)].

Isaac Newton quien lo relaciona con las leyes que se encontraba desarrollando, definiendo así el Principio Fundamental de la Dinámica:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad (1)$$

indicando que la fuerza neta sobre una masa m es igual a la variación de momento lineal \vec{p} en el tiempo. Esta es la representación original de la segunda Ley de Newton presentada en *Principia Mathematica* [Newton (1934)].

De este modo, la presente práctica enfatiza en la colisión inelástica de los cuerpos, examinando la conservación de su momento lineal \vec{p} a partir de las variables de las que este depende teóricamente y su correlación con la información obtenida de manera experimental.

En base a este concepto de momentum lineal, surgen en la física nuevas maneras de abordar el problema de la dinámica de los cuerpos. Es el mismo

Para esto, en la sección 2 se plantean los objetivos de investigación del proyecto, en la sección 3 se definen algunos conceptos clave para la comprensión

del fenómeno físico y, finalmente, en la sección 4 se explica cómo se llevará a cabo el experimento.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Comprobar experimentalmente el principio de conservación del momento lineal.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar una colisión totalmente inelástica entre una esfera metálica y una trampa haciendo uso de un lanzador y un péndulo balístico.
- Medir la velocidad de lanzamiento de la esfera mediante un fotosensor.
- Registrar el ángulo máximo de rotación del péndulo balístico por medio de un sensor rotacional.
- Hallar la velocidad inicial teórica de la esfera para compararla con la obtenida experimentalmente.

3. Marco teórico

Hay muchas preguntas relacionadas con fuerzas que no pueden contestarse aplicando directamente la segunda ley de Newton. Por ejemplo, si un camión choca de frente con un auto ligero, ¿Qué determina hacia dónde se mueven los restos después del choque? Cuando se juega billar, ¿Cómo se determina la dirección que debe dar a la bola blanca para meter la bola 8? Y cuando un meteorito choca contra la Tierra, ¿qué tanta de la energía cinética del meteorito se libera en el impacto? [Sears et al. (1986)]. Para dar respuesta a todas estas preguntas, se utiliza una idea denominada “Momentum”, la cual representa de alguna forma la cantidad de movimiento que cierto objeto con masa transporta al tener cierta velocidad. Teniendo esto en cuenta, se realiza la presente práctica que pretende hacer un estudio sobre esta noción, para el cual, se deben tener claros los diferentes conceptos que intervienen. Siendo así, tomados de *University Physics* [Bauer and Westfall (2011)], se definen:

1. **Cantidad de Movimiento Lineal (Momento):** En física, el momento se define como el producto de la masa de un objeto por su velocidad:

$$\vec{p} = m\vec{v}, \quad (2)$$

donde la letra \vec{p} es el símbolo para el momento lineal. La velocidad \vec{v} es un vector y se multiplica por una cantidad escalar, la masa m . El producto, por lo tanto, también es un vector. El vector del momento, y el vector velocidad, son paralelos entre sí y señalan en la misma dirección, por tanto, su magnitud es $p = mv[kg \frac{m}{s}]$.

2. **Conservación del Momento Lineal:** Suponga que dos objetos chocan entre sí. Entonces, rebotan alejándose uno de otro, como dos bolas de billar en acción. Se encuentra que la suma de los dos momentos después de la colisión es la misma que la suma de los dos momentos antes de la colisión:

$$\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f}, \quad (3)$$

donde los subíndices i indican el momento inicial, y los f indican el momento final. Esta ecuación es la expresión básica de la ley de conservación del momento lineal total, la cual, es válida para todas las colisiones de dos cuerpos, elásticas o inelásticas.

3. **Colisión Totalmente Inelástica:** Estas colisiones se llaman inelásticas porque algo de la energía cinética inicial se convierte en energía interna de excitación, deformación, vibración o (finalmente) calor. A su vez, una colisión totalmente inelástica es aquella en la que los objetos en colisión se adhieren uno al otro después de chocar. Este resultado implica que ambos objetos tienen el mismo vector velocidad después de la colisión $\vec{v}_{1f} = \vec{v}_{2f} \equiv \vec{v}_f$, siendo así se obtiene:

$$\vec{v}_f = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2}, \quad (4)$$

lo cual facilita el análisis de este tipo de choques.

4. **Péndulo Balístico:** Un péndulo balístico es un dispositivo que se puede usar para medir

las velocidades a boca de cañón de proyectiles disparados con armas de fuego. Consiste en un bloque de un material dentro del cual se dispara el arma. Este bloque está suspendido, de modo que forma un péndulo. Por el ángulo de deflexión del péndulo y las masas conocidas de la bala, m_1 , y del bloque, m_2 , se puede calcular la velocidad v_{1i} de la bala inmediatamente antes de impactar el bloque. De esta forma, aplicando las ecuaciones de conservación del momento lineal, conservación de la energía mecánica y trigonometría, se obtiene:

$$v_{1i} = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2gL(1 - \cos\theta)}. \quad (5)$$

4. Metodología

El estudio será abordado a través de una práctica experimental, en la cual serán utilizados algunos instrumentos como:

- Interfaz PASCO.
- Balanza mecánica.
- Tablet.
- Lanzador.
- FOTOSENSOR.
- Péndulo balístico.
- Trampa.
- Sensor rotacional.
- Regla.
- Cargador del lanzador.
- Calibrador.
- Tres masas diferentes.
- Contrapeso.

Primeramente, se llevará a cabo la medición de algunas magnitudes iniciales de la práctica, como lo es el diámetro y masa de la esfera empleada para la colisión, la masa del péndulo balístico junto a los diferentes tres pesos, así como la longitud del

eje de rotación al centro de masa del sistema.

De esta forma, se realizará una colisión entre la esfera y la trampa localizada en el péndulo balístico, de manera tal que se encuentren incrustados tras el choque formando un único sistema, resultando asimismo en una colisión completamente inelástica. Este proceso será llevado a cabo un total de diez veces variando en tres ocasiones la masa del péndulo, registrando a su vez las velocidades iniciales de lanzamiento de la esfera a través de un fotosensor y el ángulo máximo que alcanza el péndulo respecto a la vertical tras rotar por la colisión, magnitud que será medida mediante un sensor rotacional.

En este orden de ideas, es posible establecer que las velocidades finales v_{1f} de la esfera y v_{2f} del péndulo balístico son iguales $[v_f]$, debido a que conforman un único sistema que se desplaza conjuntamente. De esta forma, si bien la energía cinética no se conserva durante la colisión, es posible aproximar una conservación en la energía mecánica del sistema posterior a este choque, de manera tal que

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_f^2 = (m_1 + m_2)gh, \quad (6)$$

siendo m_1 y m_2 las masas de la esfera y el sistema conformado por el péndulo, respectivamente, g la gravedad y h la altura máxima alcanzada por sistema. Esta altura, puede ser expresada en términos de la longitud L del eje de rotación al centro de masa del péndulo y el ángulo θ de rotación, teniendo así

$$h = L(1 - \cos\theta), \quad (7)$$

por lo que, reemplazando 7 en 6 puede expresarse

$$v_f = \sqrt{2gL(1 - \cos\theta)}. \quad (8)$$

Este valor v_f puede relacionarse con la velocidad inicial v_{1i} , teniendo en cuenta la ecuación que describe el principio de conservación del momento lineal [ver Eq 3], resultando así en la ecuación 5.

Tal valor, podrá ser comparado con el medido experimentalmente por el fotosensor, conociendo así la viabilidad del modelo conservativo del momento

para la relación de las magnitudes descritas durante la colisión, y por ende evaluando su validez.

5. Referencias

Bauer, W. and Westfall, G. D. (2011). *University physics*. McGraw-Hill New York, NY.

Matallana, D. M., Duarte, J. G., and Fonseca, M. (2006). Aportes significativos que construyeron el concepto de la cantidad de movimiento lineal desde los griegos hasta el siglo xvii. *Revista Colombiana de Física*, 38(2):722.

Newton, I. (1934). Principia mathematica. *Book III, Lemma V, Case*, 1:1687.

Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., Varr, R. H., García, M. G., Gümes, E. R., Cook, P. M., and Benites, F. G. (1986). *Física universitaria*. Fondo Educativo Interamericano.