

Preinforme: Conservación del momento lineal.

Bryan A. Berbesí - 2210701

Nicolas Mantilla - 2210707

Santiago A. Montes - 2210718

Universidad Industrial de Santander - Escuela de física

1 de agosto de 2022

Resumen

En el estudio de las colisiones en una dimensión 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 utilizados ambas clases de colisiones, haciendo uso de accesorios que garantizan un coeficiente de restitución adecuado para tal fin. De esta forma, se realizará una colisión entre dos deslizadores, de los cuales uno de ellos inicia en reposo y el otro con una velocidad inicial dada, midiendo sus velocidades antes y después de la colisión. De igual manera, serán variadas las masas en ambos móviles, conociendo así las variables que permiten calcular el momento lineal antes y después de la colisión con el fin de evaluar 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)].

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 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 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 de cuerpos en una dimensión, examinando la variación de su momento lineal \vec{p} a partir de las variables de las que este depende con el fin de probar su conservación. Asimismo, se analizarán colisiones donde exista cierta particularidad que sea de interés al abordar este estudio, teniendo en consideración distintos puntos en la trayectoria de dichos cuerpos.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Comprobar experimentalmente el principio de conservación del momento lineal.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar una colisión elástica con un deslizador en reposo, y otro con una velocidad inicial medida, utilizando diferentes masas.
- Medir la velocidad del deslizador impactado después del choque elástico.
- Llevar a cabo una colisión totalmente inelástica entre dos deslizadores, manteniendo uno en reposo y el otro con una velocidad dada, variando sus masas.
- Medir la velocidad de los deslizadores después del choque totalmente inelástico.
- Calcular el momento lineal de los deslizadores antes y después de las colisiones con el fin de evaluar su conservación.

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 Elástica:** Como sucede con tantos otros conceptos en física, es una idealización. En prácticamente todas las colisiones, se convierte por lo menos algo de energía cinética, en otras formas de energía que no se conservan. Sin embargo, una colisión elástica se define como una colisión en la que la energía cinética de los objetos que chocan se conserva. Esta definición no significa que cada objeto que participa en la colisión retiene su energía cinética. La energía cinética se puede transferir de un objeto al otro; pero, en una colisión elástica, la suma de la energía cinética tiene que permanecer constante. Teniendo esto en cuenta, y al operar las ecuaciones de conservación del momento y de la energía cinética en un movimiento unidimensional, obtenemos

las velocidades finales:

$$\begin{aligned} v_{1f} &= \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{2i}, \\ v_{2f} &= \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{2i}. \end{aligned} \quad (4)$$

4. **Colisión totalmente inelástica:** En todas las colisiones que no son completamente elásticas, la conservación de la energía cinética ya no es válida. 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:

$$\vec{v}_f = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2}, \quad (5)$$

lo cual facilita el análisis de este tipo de choques.

4. Metodología

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

- Riel de aire.
- Bomba de aire.
- Móviles.
- Balanza.
- Dos fotoceldas.
- Pesas de diferentes masas.
- Accesorio de choque elástico.
- Accesorio de choque inelástico.
- Nivel.
- Calibrador.

En primera instancia, se dispondrá del montaje experimental de manera adecuada, nivelando la superficie horizontalmente. Asimismo, se utilizará un riel que emite un flujo de aire con el fin de mermar la fricción presente en el movimiento del objeto, localizando a su vez dos fotoceldas cuya función será registrar la velocidad del cuerpo al pasar por cada una de ellas.

En este orden de ideas, se abordará el estudio desde un escenario elástico y uno inelástico, lo cual será posible mediante el uso de dos accesorios dispuestos sobre el móvil, quienes garantizan un coeficiente de restitución que satisface ambos casos, correspondientemente. De esta forma, al llevar a cabo la colisión inelástica, se mantendrá uno de los móviles en reposo y otro con una velocidad inicial $v_0 \neq 0 \left[\frac{m}{s}\right]$, midiéndola por medio de la primera fotocelda, al igual que la velocidad final del segundo móvil a través de la segunda fotocelda. Este proceso se llevará a cabo similarmente para las colisiones elásticas, utilizando en su lugar los accesorios correspondientes al choque elástico.

De igual manera, será variada la masa de los móviles en ambos escenarios, considerando los casos en que $m_1 > m_2$, $m_1 < m_2$, $m_1 = m_2$, $m_1 \gg m_2$ y $m_1 \ll m_2$ para el choque elástico, mientras que para el choque inelástico no es relevante evaluar ciertos casos con el fin de cumplir los objetivos propuestos, por tanto solo se evaluarán los primeros tres casos, donde m_1 representa la masa del móvil con velocidad inicial, y m_2 la masa del móvil inicialmente en reposo.

De esta forma, conociendo los parámetros de las masas y las velocidades de los cuerpos, será posible evaluar la validez de la conservación del momento lineal, tomando en cuenta la ecuación que describe tal Principio [ver Eq 3].

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., Varra, R. H., García, M. G., Gümes, E. R., Cook, P. M., and Benites, F. G. (1986). *Física universitaria*. Fondo Educativo Interamericano.