

Conservación del momento lineal.

Bryan A. Berbesí - 2210701

Nicolas Mantilla - 2210707

Santiago A. Montes - 2210718

Universidad Industrial de Santander - Escuela de física

22 de agosto de 2022

Resumen

La presente práctica está enfocada en comprobar experimentalmente la conservación del momento lineal en una colisión perfectamente inelástica entre una esfera y un péndulo balístico. Para ello se llevó a cabo la medición de la velocidad inicial de la esfera y el ángulo máximo que alcanza el péndulo tras la colisión. Asimismo, se estableció un modelo teórico para el cálculo de la velocidad inicial suponiendo una conservación del momento lineal en el choque, con el fin de comparar ambos resultados de la velocidad y con ello evaluar la validez de la conservación del momento \vec{p} .

En este sentido, se encontraron diferencias porcentuales $\% \Delta v_{i\theta}$ entre el valor de la velocidad inicial de la esfera calculada y la medida experimentalmente de 0.92 % hasta 10.97 %, así como un error de la velocidad calculada $\% \delta_{v_{i\theta}}$ de 6.177 % hasta 14.89 %, lo cual no permite conocer una exactitud en la conservación del momento, pero, debido al bajo porcentaje de diferencia $\Delta v_{i\theta}$ se puede estimar una aproximación a su conservación.

1. Tratamiento de datos

(ver Anexo B).

La práctica fue planteada con base en las colisiones perfectamente inelásticas de una esfera, cuya masa fue de $m_e = 0.0157[kg]$, y un péndulo balístico al cual se le cambió cuatro veces su masa desde $m_p = 0.1334[kg]$ hasta $m_p = 0.0584[kg]$, disminuyendo $0.0025[kg]$ por cada variación. Asimismo, fue pertinente llevar a cabo la medición de las longitudes del centro de masa del péndulo balístico desde su eje de rotación para cada una de las fases donde variaba su masa: $L_{CM} = 0.266, 0.245, 0.203, 0.175[m]$, respectivamente.

De igual manera, fueron obtenidos las mediciones de la velocidad inicial de la esfera para cada uno de los lanzamientos, así como el ángulo de inclinación del péndulo después del impacto (ver Anexo A). A partir de tales resultados, se llevó a cabo el cálculo de sus promedios, desviaciones estándar y coeficiente de varianza, con el fin de conocer la relación entre su dispersión y el valor representativo de los resultados experimentales

Posteriormente, se utilizó la medición del ángulo θ , la longitud L_{CM} y las masas m_e y m_p de la esfera y péndulo respectivamente, con el fin de hallar la velocidad teórica inicial de la esfera en una colisión perfectamente inelástica (ver Cuadro 1), eso mediante la ecuación:

$$v_{i\theta} = \frac{m_e + m_p}{m_e} \sqrt{2gL_{CM}(1 - \cos\theta)}, \quad (1)$$

con la cuál, se calculó a su vez, mediante el método de derivadas parciales [Miguel and Jose (2009)], los errores que pueden presentarse.

Finalmente se compararon los resultados obtenidos experimentalmente con los calculados teóricamente con el fin de conocer la cercanía entre ambos valores (ver Cuadro 2). Es pertinente remarcar que no fue necesario hallar los momentos lineales antes y después de la colisión de cada cuerpo, puesto que estos ya se encuentran implícitos en la ecuación 1.

	$v_{i\theta} [\frac{m}{s}]$	$\delta_{v_{i\theta}} [\frac{m}{s}]$	$\% \delta_{v_{i\theta}} [\%]$
$m_p = 0.1334[kg]$	4.7416	0.7061	14.8916
$m_p = 0.1084[kg]$	5.8502	0.6805	11.6321
$m_p = 0.0834[kg]$	5.3942	0.3332	6.1770
$m_p = 0.0584[kg]$	5.2902	0.5497	10.3909

Cuadro 1: Tabla de las velocidades iniciales de la esfera $v_{i\theta}$ calculados para cada variación de masa m_p , así como los errores calculados $\delta_{v_{i\theta}}$ y su porcentaje de representación $\% \delta_{v_{i\theta}}$.

	$\Delta v [\frac{m}{s}]$	$\% \Delta v [\%]$
$m_p = 0.1334[kg]$	0.4969	9.4855
$m_p = 0.1084[kg]$	0.5784	10.9716
$m_p = 0.0834[kg]$	0.1414	2.6919
$m_p = 0.0584[kg]$	0.0484	0.9233

Cuadro 2: Diferencia Δv y diferencia porcentual $\% \Delta v$ entre la velocidad v_i teórica y experimental, para cada una de las masas m_p empleadas.

Cabe resaltar que los cálculos requeridos fueron realizados mediante el entorno de programación *Jupyter Notebook*, cuyos archivos se encuentran disponibles en el repositorio del presente proyecto¹.

2. Análisis de resultados

Una vez efectuados los cálculos previamente descritos, es posible evaluar la conservación del momento lineal en la colisión, así como la fiabilidad de la práctica en torno a los resultados y los errores correspondientes en el cálculo de la velocidad inicial de la esfera.

Primeramente, debe mencionarse el bajo *CV* obtenido para la velocidad inicial de la esfera, indicando una alta precisión en la medición. Por otra parte, el *CV* del ángulo θ indica gran dispersión en las mediciones de este, lo que puede incurrir en errores más elevados para los cálculos posteriores (ver Anexo B).

En este sentido, tras calcular el Δv_i entre el valor medido experimentalmente y el calculado teóricamente, se obtiene que la máxima diferencia

porcentual resulta ser del 10.9716 %, mientras que el menor 0.9233 %. Este último correspondió a la medición llevada a cabo con una masa de 0.0584[kg], y por ende la menor de las consideradas.

Similarmente, es posible comparar los errores porcentuales obtenidos en el cálculo de $v_{i\theta}$ con la diferencia porcentual entre la velocidad teórica y experimental, siendo la primera mayor. Este hecho representa que el error en el cálculo simboliza un valor representativo de la velocidad mayor que su error relativo.

Posteriormente, es necesario conocer una aproximación de la conservación del momento lineal \vec{p} . Esta puede llevarse a cabo evaluando la exactitud del modelo teórico planteado [ver Eq. 1], cuyos valores calculados variaron entre el 89.02 % y 99.07 %.

3. Conclusiones

Primeramente, es notorio una mayor propagación de error en el cálculo de la velocidad $v_{i\theta}$, donde variaba entre 14.89 % y 6.18 %, que la inexactitud del valor calculado al medido, por lo que, debido a los bajos niveles de precisión, no es posible tener total certeza sobre la conservación del momento, ya que la diferencia podría (o no) deberse en su totalidad al error derivado del cálculo de la velocidad inicial $\% \delta_{v_{i\theta}}$. Aún así, la diferencia porcentual de la velocidad no es significativamente alta, por lo que puede considerarse una aproximación a la velocidad inicial de la esfera en lanzamiento y por ende, parcialmente, una conservación del momento lineal en la colisión.

Dichos porcentajes de error en el cálculo pueden explicarse debido a la gran dispersión de las variables puestas en consideración, en concreto, la dispersión del ángulo medido θ , cuyo coeficiente de varianza obtenido está entre el 11.9 % y 3.19 %. Asimismo, es posible que gran parte del error en el resultado obtenido se pueda atribuir al proceso de experimentación empleado, ya sea por la instrumentación, algún error en la toma de los datos o algún factor externo.

¹<https://github.com/Vendetta0462/LabFisica1>

De igual forma, resulta recomendable llevar a cabo futuras prácticas experimentales en las cuales se tomen a consideración condiciones que brinden mayor precisión en las mediciones, que permitan establecer una cercanía adecuada respecto a los valores calculados. Principalmente, sería importante realizar una mejor mensuración del ángulo máximo de rotación del péndulo balístico, al igual que la longitud hacia el centro de masa de este, dado que en la presente práctica contaron con una alta variación.

Finalmente, cabe resaltar la importancia de la practica en el laboratorio, con el fin de mejorar las habilidades experimentales al abordar el estudio de las colisiones elásticas e inelásticas, así como la interpretación de las distintas variables físicas que participan en él, cuyo tratamiento y obtención fue facilitado por el ambiente de programación *Jupyter Notebook*.

4. Referencias

Miguel, A. H. M. and Jose, M. (2009). *Laboratorio de fisica*. Pearson Prentice Hall.

5. Anexos

5.1. Anexo A

	$m_p = 0.1334[kg]$		$m_p = 0.1084[kg]$		$m_p = 0.0834[kg]$		$m_p = 0.0584[kg]$	
	$\theta[rad]$	$v_i[\frac{m}{s}]$	$\theta[rad]$	$v_i[\frac{m}{s}]$	$\theta[rad]$	$v_i[\frac{m}{s}]$	$\theta[rad]$	$v_i[\frac{m}{s}]$
1	0.2686	5.2597	0.5010	5.1730	0.6251	5.2893	0.9487	5.2980
2	0.3330	5.2210	0.5403	5.2753	0.6267	5.2684	0.8890	5.2980
3	0.2733	5.2219	0.4099	5.3015	0.6204	5.2666	0.7649	5.2442
4	0.3392	5.2270	0.5293	5.2649	0.6188	5.2666	0.8042	5.2632
5	0.3157	5.1999	0.4680	5.2858	0.5623	5.3015	0.8340	5.2390
6	0.2890	5.2151	0.4461	5.3174	0.6236	5.2910	0.9047	5.2236
7	0.2591	5.2356	0.4869	5.3033	0.6330	5.2322	0.9817	5.2322
8	0.3220	5.2614	0.4413	5.2788	0.6220	5.2562	0.9361	5.2083
9	0.3345	5.2718	0.5215	5.2666	0.6141	5.1730	0.9346	5.1830
10	0.3738	5.2718	0.4838	5.2511	0.6157	5.1830	0.8560	5.2288

Cuadro 3: Mediciones experimentales de las velocidades iniciales v_i de la esfera tomadas con un fotosensor y el ángulo θ alcanzado por el péndulo balístico en cada lanzamiento, medido con sensor rotacional, para cada una de las masas m_p empleadas.

5.2. Anexo B

	$m_p = 0.1334[kg]$		$m_p = 0.1084[kg]$		$m_p = 0.0834[kg]$		$m_p = 0.0584[kg]$	
	$\theta[rad]$	$v_i[\frac{m}{s}]$	$\theta[rad]$	$v_i[\frac{m}{s}]$	$\theta[rad]$	$v_i[\frac{m}{s}]$	$\theta[rad]$	$v_i[\frac{m}{s}]$
\bar{x}	0.3108	5.2385	0.4828	5.2718	0.6162	5.2528	0.8854	5.2418
S_x	0.0370	0.0257	0.0421	0.0401	0.0197	0.0440	0.0693	0.0365
$CV_x[\%]$	11.9048	0.4906	8.7200	0.7607	3.1970	0.8376	7.8270	0.6963

Cuadro 4: Promedio \bar{x} , desviación estándar S_x y coeficiente de variación CV_x para las mediciones del ángulo θ y velocidad inicial v_i en cada masa m_p empleada.