¿Se conserva la cantidad de movimiento en los choques? · Antonio Pérez Vicente y José González López de Guereñu

Esta experiencia ha sido galardonada con el SEGUNDO PREMIO en la categoría Demostraciones de Física de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

El objetivo fundamental de la experiencia es comprobar la conservación de la cantidad de movimiento en un choque. El contenido puede incluirse en el currículo de 4º de ESO y de 1º de Bachillerato.

Fundamento

La cantidad de movimiento, o momento lineal, $\boldsymbol{p} = m \cdot \boldsymbol{v}$, es una magnitud de fácil comprensión para el alumnado, ya que les parece "lógico" que dependa de forma directamente proporcional de la masa, m, y de la velocidad, v. Descartes, a mediados del s. XVII, fue el primero en plantear este concepto, pero fue Newton quien lo formalizó y lo definió como una magnitud vectorial. Esta magnitud, en ausencia de fuerzas externas (o si la resultante de las fuerzas externas es nula), permanece constante; es el Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Formalmente, lo podemos deducir a partir de la 2ª ley de Newton: $\boldsymbol{F} = d\boldsymbol{p}/dt$. Si $\boldsymbol{F}_{ext} = 0$, implica que $d\boldsymbol{p}/dt = 0$ y, por tanto, $\boldsymbol{p}$ = cte. En el caso de los choques: $m_1 \cdot \boldsymbol{v}_1 + m_2 \cdot \boldsymbol{v}_2 = m_1 \cdot \boldsymbol{v}_1' + m_2 \cdot \boldsymbol{v}_2'$. Sin embargo, que dicha magnitud se conserve en los choques, tanto elásticos como inelásticos, plantea dudas al alumnado, ya que la energía cinética no lo hace en los choques inelásticos y la pérdida de dicha energía la suelen asociar a que también puede haber una pérdida de cantidad de movimiento. Por ello, es interesante aproximarnos a dicho principio de una forma experimental.

Materiales

Se han utilizado los materiales del PSSC (*Physical Science Study Committee*), en concreto el denominado colisión en dos dimensiones (*collision in two dimension kit* nº 400) que consta de un soporte de metal al que se acopla una regla flexible para conseguir una rampa. Se incluyen también varias esferas de acero, tornillos tope, plomada y elementos de sujeción para colocar el dispositivo en una banqueta o similar. Otros materiales empleados son: cronómetro, papel milimetrado, papel calco y pieza separadora de esferas. En el IES Isabel La Católica de Madrid disponemos de un completo conjunto de materiales de laboratorio (27 kits diferentes con varias unidades de cada uno) desarrollados para el proyecto PSSC a principios de los años 60 en EE.UU. y distribuidos en algunos centros educativos de España. La característica fundamental de los materiales es su sencillez de diseño y funcionalidad: con componentes en algunos casos muy simples se pueden realizar experiencias con las que investigar una gran variedad de fenómenos físicos.



Figura 1. Montaje experimental.

Procedimiento experimental

Se dispone de una rampa con una regla adosada situada sobre una banqueta. Se deja caer una bola desde lo alto de la rampa y, al llegar a la base, chocará con otra esfera colocada sobre un soporte, ligeramente desplazado. Esto hará que en el choque las bolas salgan con direcciones distintas y caigan hasta una zona donde hemos puesto papel milimetrado y papel de calco para que, al golpear en el suelo, podamos medir qué distancias alcanzan. El tiempo de caída libre de ambas bolas es el mismo, por lo que, midiendo los alcances de cada una, podemos calcular sus velocidades horizontales justo después del choque.



Figura 2. Detalle del procedimiento experimental.

Resultados: ¿Se conservará la cantidad de movimiento en el choque de las dos bolas?

Para comprobarlo, hacemos una experiencia previa:

1. Cálculo de la cantidad de movimiento antes del choque: $p_0 = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot 0$. Dejamos caer la bola 1, sin que choque con la bola 2, y medimos su alcance (distancia en horizontal desde el punto de caída). Repetimos la experiencia cuatro veces y calculamos el valor medio de los alcances. La velocidad horizontal en la base de la rampa, v_1, la podemos calcular de dos modos, tal y como se recoge en la Figura 3.

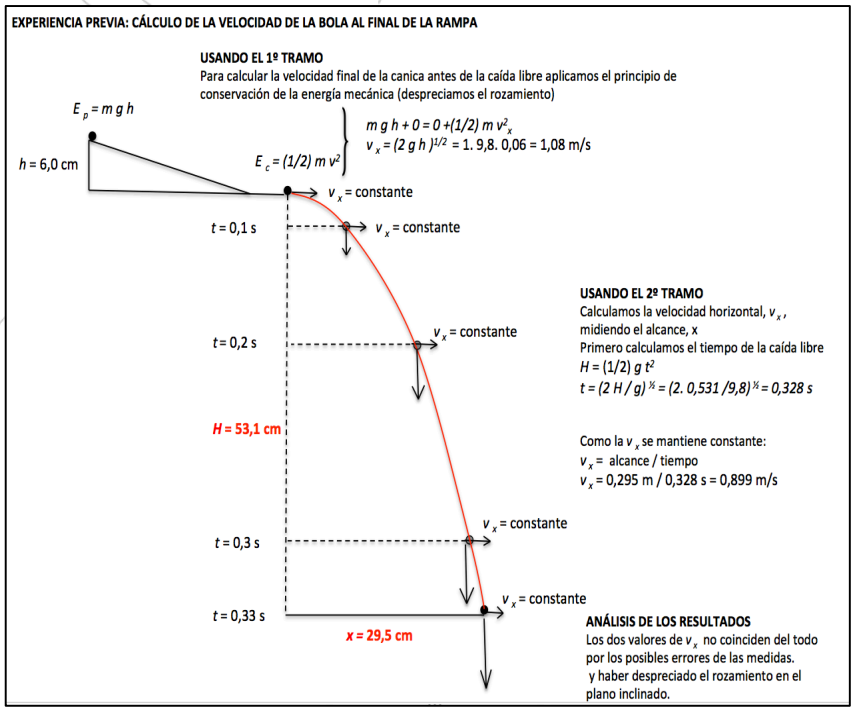


Figura 3. Estudio cinemático de la experiencia previa.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

2. Cálculo de la cantidad de movimiento después del choque: $p_f = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$

Para ello, llevamos a cabo la experiencia del choque de las dos bolas.

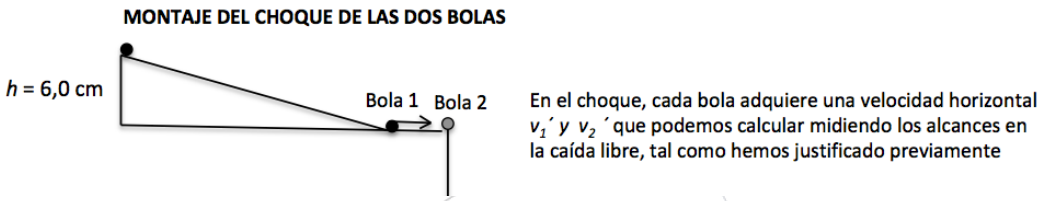


Figura 4. Detalle del montaje del choque de las dos bolas.

Para calcular la cantidad de movimiento final necesitamos conocer las velocidades justo después del choque. Como ya hemos descrito anteriormente, el tiempo de caída es el mismo para las dos bolas, por lo que las velocidades horizontales, v_1' y v_2' después del choque serán proporcionales a los alcances. A partir de los puntos de caída de las bolas (4 medidas) podemos representar gráficamente los vectores cantidad de movimiento para las dos esferas, calcular la suma de ambos y compararlo con la cantidad de movimiento inicial (Figura 5). Gráficamente se observa que la cantidad de movimiento, p, prácticamente se conserva: $p_0 = p_f$

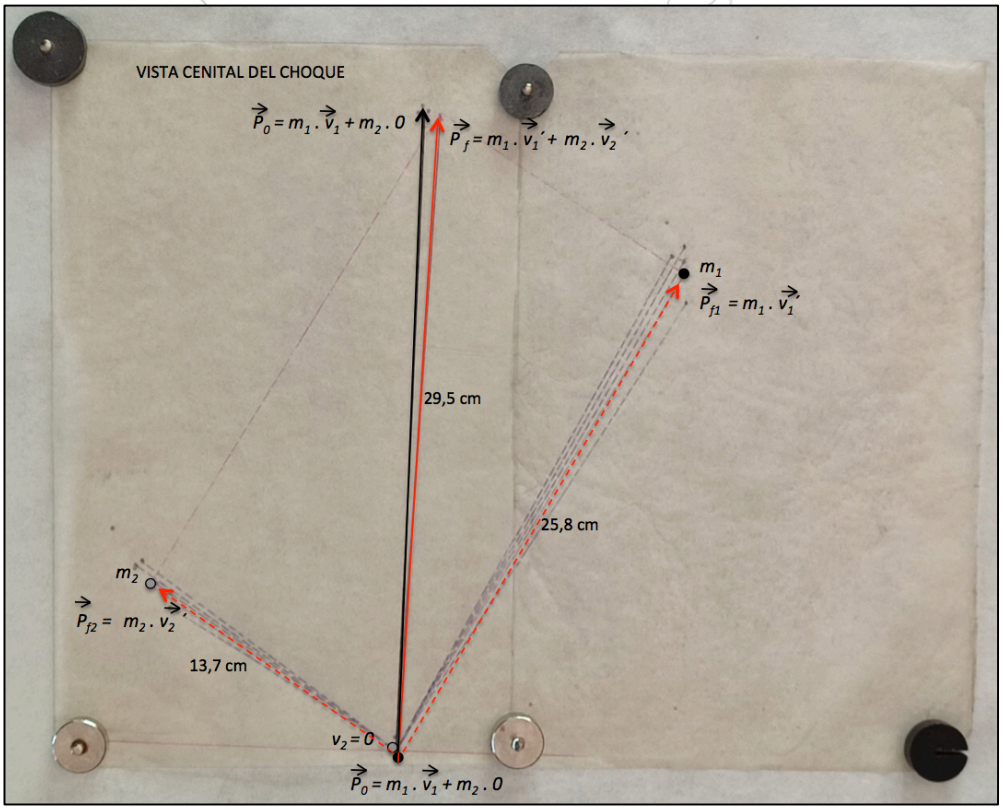


Figura 5. Representación gráfica de los vectores cantidad de movimiento para las dos esferas que permite colegir su conservación.

Adicionalmente, se pueden medir los ángulos y, aplicando la trigonometría, comprobar cuantitativamente el principio de conservación de la cantidad de movimiento. Las dos canicas son iguales, por lo que no hace falta el valor de sus masas para demostrar el principio de conservación (al ser la misma, se eliminan a ambos lados de la igualdad), pero si se quiere calcular el módulo de cada cantidad de movimiento, habría que medirlas en una balanza.

Conclusiones

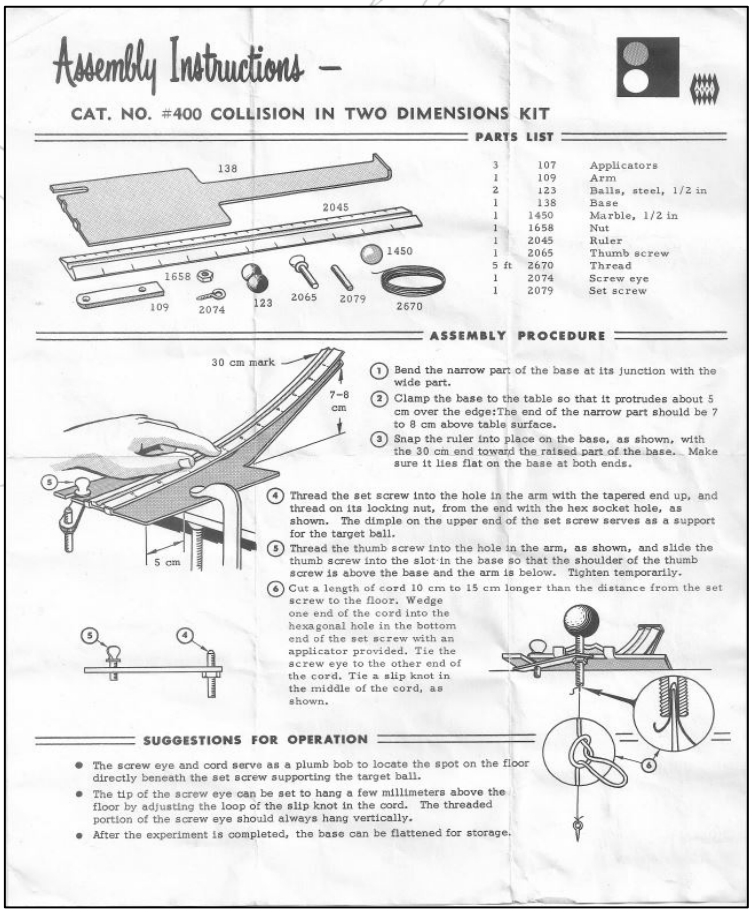
La experiencia permite comprobar el principio de conservación de la cantidad de movimiento en un choque, usando conocimientos de cinemática (lanzamiento horizontal, caso especial del tiro parabólico) y/o el principio de conservación de la energía mecánica. En el vídeo se puede observar también que el tiempo de caída de las dos esferas de acero es el mismo, independientemente de la velocidad horizontal de cada bola, hecho que sorprende a los alumnos y que capta su interés.

Antonio Pérez Vicente* y **José González López de Guereñu**
IES Isabel La Católica, Madrid
*Contacto: antoniopv4@gmail.com

Bibliografía

- *Guía del laboratorio de Física, PSSC* (1977). (Trad. J. Aguilar Peris). (edición internacional). Reverte.
- *Física PSSC* (1966). (Trad. J. Aguilar Peris). (2ª edición). Reverte.
- *Guía del profesor de Física, PSSC* (1972). (Trad. J. Aguilar Peris). (edición internacional). Reverte.

Se han utilizado las instrucciones de montaje del kit nº 400 del PSSC, que muestran el listado de los materiales y describen cómo realizar una experiencia similar (Figura 6).



Assembly Instructions —

CAT. NO. #400 COLLISION IN TWO DIMENSIONS KIT

PARTS LIST

3	107	Applicators
1	109	Arm
2	123	Balls, steel, 1/2 in
1	138	Base
1	1450	Marble, 1/2 in
1	1658	Nut
1	2045	Ruler
1	2065	Thumb screw
5 ft	2670	Thread
1	2074	Screw eye
1	2079	Set screw

ASSEMBLY PROCEDURE

1. Bend the narrow part of the base at its junction with the wide part.
2. Clamp the base to the table so that it protrudes about 5 cm over the edge: The end of the narrow part should be 7 to 8 cm above table surface.
3. Snap the ruler into place on the base, as shown, with the 30 cm end toward the raised part of the base. Make sure it lies flat on the base at both ends.
4. Thread the set screw into the hole in the arm with the tapered end up, and thread on its locking nut, from the end with the hex socket hole, as shown. The dimple on the upper end of the set screw serves as a support for the target ball.
5. Thread the thumb screw into the hole in the arm, as shown, and slide the thumb screw into the slot in the base so that the shoulder of the thumb screw is above the base and the arm is below. Tighten temporarily.
6. Cut a length of cord 10 cm to 15 cm longer than the distance from the set screw to the floor. Wedge one end of the cord into the hexagonal hole in the bottom end of the set screw with an applicator provided. Tie the screw eye to the other end of the cord. Tie a slip knot in the middle of the cord, as shown.

SUGGESTIONS FOR OPERATION

- The screw eye and cord serve as a plumb bob to locate the spot on the floor directly beneath the set screw supporting the target ball.
- The tip of the screw eye can be set to hang a few millimeters above the floor by adjusting the loop of the slip knot in the cord. The threaded portion of the screw eye should always hang vertically.
- After the experiment is completed, the base can be flattened for storage.

Figura 6. Instrucciones del kit nº 400 del PSSC.