



Conservación del Momento Lineal

I. Objetivos

1. Verificar la conservación de momento lineal para diferentes tipos de colisiones.
2. Analizar las pérdidas de momentum lineal en un sistema físico real.
3. Interpretar la transferencia de momento en diferentes configuraciones de colisiones.

II. Problema

Dos deslizadores de masa m_A y m_B son colocados en un riel de aire (ver figura 1). Cuando el compresor se enciende se puede despreciar la fricción de los deslizadores en su movimiento a través del riel. Se permite que los deslizadores colisionen entre sí para producir diferentes configuraciones de colisiones: elásticas e inelásticas. Un par de foto-puertas en el riel registran las rapidezces de entrada y salida de los deslizadores en sus distintas configuraciones producidas en el laboratorio.

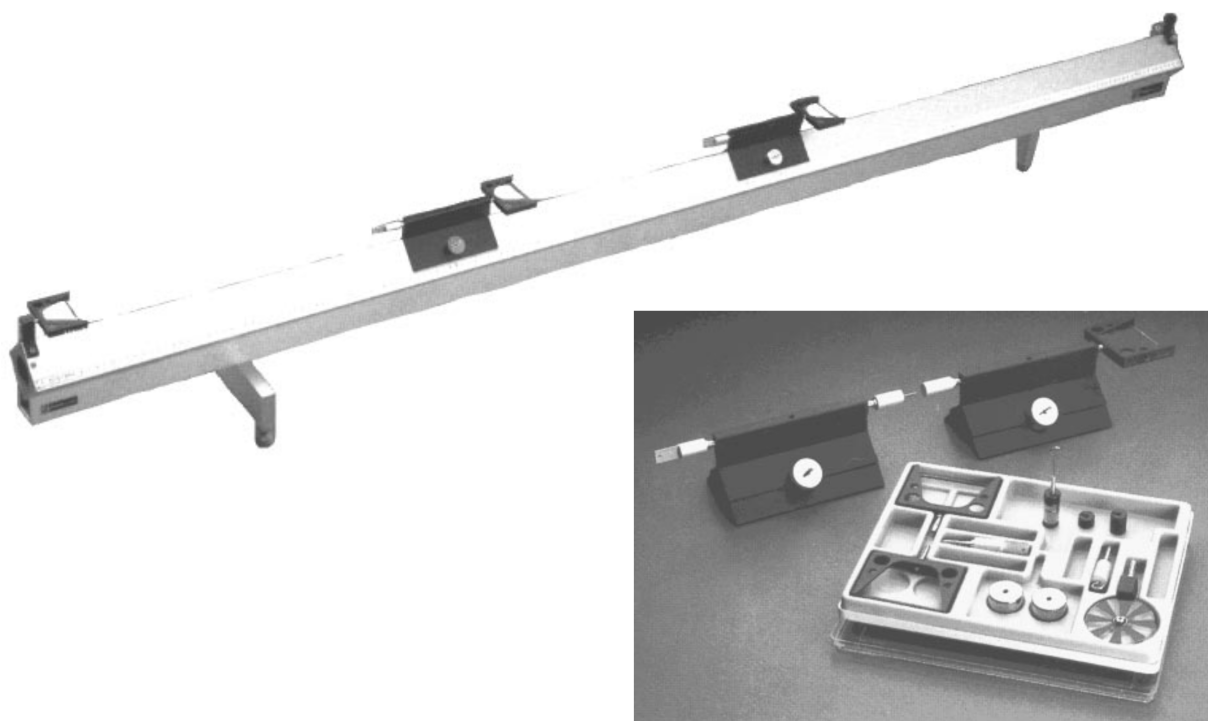


Figura 1: Montaje experimental.

III. Revisión del Marco Teórico

El momento lineal o cantidad de movimiento es una magnitud física que forma parte de las propiedades que describen a los sistemas. El significado de cantidad de momento se entiende como: “inercia en movimiento”, por ello, es posible: explicar (por ejemplo) porqué es más difícil detener a un camión que un automóvil si ambos se desplazan a la misma velocidad o realizar un análisis de lo ocurrido cuando objetos colisionan entre sí. Esta cantidad fue planteada por Newton para describir el origen de los cambios de estado de un sistema en movimiento (Dinámica) y matemáticamente se escribe como:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

La relación anterior dice que: el momento es directamente proporcional a la masa y a la velocidad en la cual dicha masa se mueve. Dado que la velocidad es una cantidad vectorial, el momento también es una cantidad vectorial. La cantidad de movimiento, por tanto, es grande si cualquiera: la masa o la velocidad es grande.

A partir del momento se constituye una de las leyes de conservación, el principio de conservación del momento, el cual dice: “*En ausencia de una fuerza externa, la cantidad de movimiento de un sistema permanece invariable*”. Es decir, que el principio se cumple siempre y cuando se analice un sistema aislado, es decir, cualquier interacción interna preserva la cantidad de movimiento neta del sistema. Matemáticamente se escribe como:

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f \quad (2)$$

La ecuación (2) dice que, el momento total inicial de un sistema es igual al momento total final del sistema, luego que algún evento haya ocurrido en dicho sistema (por ejemplo una colisión). Para el sistema planteado en la Figura 1, donde pueden ocurrir colisiones elásticas o inelásticas, es posible plantear un sistema aislado en el cual el principio de conservación del momento sea aplicable.

Colisiones Inelásticas

Son un tipo de colisiones donde existe una pérdida de energía mecánica durante el evento. Siendo la pérdida de energía mecánica originada por: deformaciones, generación de calor o sonido. Un tipo muy especial de colisiones inelásticas, son en aquellos casos donde los objetos que colisionan quedan unidos luego de la colisión, a este caso especial se le conoce como: colisiones perfectamente inelásticas.

Si se considera un sistema formado por dos masas: m_A y m_B , cuyo movimiento se restringe a una dimensión, las masas colisionan de manera perfectamente inelásticas, por el principio de conservación matemáticamente se puede escribir:

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f \quad (3)$$

Colisiones Elásticas

Son un tipo de colisiones donde no existe una pérdida de energía mecánica durante el evento. Es decir, además de conservarse el momento, también se conserva la energía mecánica. Lo anterior es una situación ideal, donde los objetos que chocan rebotan sin deformación duradera o sin provocar generación de calor en el proceso.

Si se considera un sistema formado por dos masas: m_A y m_B , cuyo movimiento se restringe a una dimensión, las masas colisionan de manera elástica, por el principio de conservación matemáticamente se puede escribir:

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} \quad (4)$$

Para las ecuaciones: (4) y (3), no se debe que olvidar que la velocidad es una cantidad vectorial y por tanto debe considerarse el signo según se conozca hacia dónde apunte la velocidad en el momento que se analiza la cantidad de movimiento.

IV. Montaje Experimental

Materiales y Equipo

- Riel de aire PASCO y accesorios.
- Fotopuertas.
- Balanza.
- Smart Timer.
- Compresor de aire y accesorios.



Preparación

1. Nivelar el riel de aire PASCO y preparar todos sus accesorios con las instrucciones dadas por el instructor.
2. Calibrar la altura de las fotopuertas del SMART TIMER usando la función test a la altura de las banderas de cada deslizador.
3. Colocar las fotopuertas a 40 cm (aproximadamente) una de la otra.

V. Procedimiento Experimental

Colisión Inelástica

1. Colocar en los deslizadores pesas en ambos lados, los arcos de rebote, la aguja en la masa m_A y el receptor con plastilina en la masa m_B .
2. Configurar el SMART TIMER en modo SPEED con función COLLISION, presionar el botón START, *deberá notar un asterisco en la pantalla.*
3. Encender el compresor de aire calibrando su potencia al máximo.
4. Lanzar m_B al lado de la fotopuerta 1 con una velocidad baja.
5. Lanzar m_A con una velocidad un poco mayor luego que la masa m_B haya cruzado por completo la fotopuerta 1. La colisión debe suceder entre las 2 fotopuertas.

6. Esperar a que ambas masas crucen la fotopuerta 2 y tomar datos de las velocidades de entrada y salida de ambos deslizadores. Anotar los resultados en la Tabla (1).
7. Notar que, los datos que registra la fotopuerta 1 son las velocidades iniciales de los deslizadores, así mismo, los datos registrados por la fotopuerta 2 son las velocidades finales de ambos deslizadores. En este caso, se espera que ambas velocidades finales sean iguales.
8. Repetir los pasos anteriores 5 veces y anotar los datos en la Tabla (1).
9. Medir las masas de ambos deslizadores utilizando la balanza y anotar los datos en la Tabla (1).

Colisión Elástica

1. Colocar en los deslizadores pesas en ambos lados, los arcos de rebote, las cuchillas en ambas masas.
2. Orientar los deslizadores de forma que colisionen utilizando la cuchilla en la masa m_A y el arco en la masa m_B .
3. Configurar el SMART TIMER en modo SPEED con función COLLISION, apretar el boton START, deberá notar un asterisco en la pantalla.
4. Encender el compresor de aire calibrando su potencia al máximo.
5. Lanzar m_B al lado de la fotopuerta 1 con una velocidad baja.
6. Lanzar m_A con una velocidad un poco mayor luego que la masa m_B haya cruzado por completo la fotopuerta 1. La colisión debe suceder entre las 2 fotopuertas.
7. Esperar a que ambas masas crucen la fotopuerta 2 y tomar datos de las velocidades de entrada y salida de ambos deslizadores. Anotar los resultados en la Tabla (2).
8. Los datos que registra la fotopuerta 1 son las velocidades iniciales de los deslizadores, así mismo, los datos registrados por la fotopuerta 2 son las velocidades finales de ambos deslizadores.
9. Repetir los pasos anteriores 5 veces y anotar los datos en la Tabla (2).
10. Medir las masas de ambos deslizadores utilizando la balanza y anotar los datos en la Tabla (2).

VI. Tabla de Datos

N	m_A (g)	m_B (g)	v_{Ai} (cm/s)	v_{Bi} (cm/s)	v_f (cm/s)
1					
2					
3					
4					
5					

Tabla 1: Registro de los datos experimentales para colisión inelástica.

N	m_A (g)	m_B (g)	v_{Ai} (cm/s)	v_{Bi} (cm/s)	v_{Af} (cm/s)	v_{Bf} (cm/s)
1						
2						
3						
4						
5						

Tabla 2: Registro de los datos experimentales para colisión elástica.

$$\Delta m = 0.1\text{g}$$

$$\Delta v = 0.01\% \times v$$

VII. Procedimiento Demostrativo

En esta sección demostrativa considere cada una de las siguientes configuraciones y anote sus resultados de las velocidades iniciales y finales de cada deslizador en su tabla correspondiente (Tablas 3-7). Los resultados serán analizados en la sección IX.

Colisión Inelástica

Coloque en el riel un par de deslizadores con la siguiente configuración; $m_A \approx m_B$ y $\vec{v}_{Ai} \approx -\vec{v}_{Bi}$.

v_{Ai} (cm/s)	v_{Bi} (cm/s)	v_{Af} (cm/s)	v_{Bf} (cm/s)

Tabla 3: Registro de los datos demostrativos para colisión inelástica

Colisión Elástica

1. **Configuración #1:** coloque en el riel un par de deslizadores con la siguiente configuración; $m_A \approx m_B$ y $\vec{v}_{Ai} \approx -\vec{v}_{Bi}$.

v_{Ai} (cm/s)	v_{Bi} (cm/s)	v_{Af} (cm/s)	v_{Bf} (cm/s)

Tabla 4: Registro de los datos demostrativos para colisión elástica en la configuración #1

2. **Configuración #2:** coloque en el riel un par de deslizadores con la siguiente configuración; $m_A \approx m_B$ y $v_{Bi} = 0$.

v_{Ai} (cm/s)	v_{Bi} (cm/s)	v_{Af} (cm/s)	v_{Bf} (cm/s)

Tabla 5: Registro de los datos demostrativos para colisión elástica en la configuración #2

3. **Configuración #3:** coloque en el riel un par de deslizadores con la siguiente configuración; $m_B > m_A$ y $v_{Bi} = 0$.

v_{Ai} (cm/s)	v_{Bi} (cm/s)	v_{Af} (cm/s)	v_{Bf} (cm/s)

Tabla 6: Registro de los datos demostrativos para colisión elástica en la configuración #3

4. **Configuración #4:** coloque en el riel un par de deslizadores con la siguiente configuración; $m_A > m_B$ y $v_{Bi} = 0$.

v_{Ai} (cm/s)	v_{Bi} (cm/s)	v_{Af} (cm/s)	v_{Bf} (cm/s)

Tabla 7: Registro de los datos demostrativos para colisión elástica en la configuración #4

VIII. Tratamiento de datos experimentales

- Demuestre que para un sistema formado por dos partículas: m_A y m_B , que en un instante se mueven a una velocidad: v_A y v_B respectivamente (ambas velocidades medidas con un instrumento donde $\Delta v = 0.01\% \times v$), el error asociado a la medida del momento lineal está dado por:

$$\Delta p = m_A v_A \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_A}\right)^2 + (0.0001)^2} + m_B v_B \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_B}\right)^2 + (0.0001)^2}$$

- Para el choque inelástico:

1. Determine el momento inicial p_i y final p_f para cada medición registrada la Tabla 1 y su respectivo error.

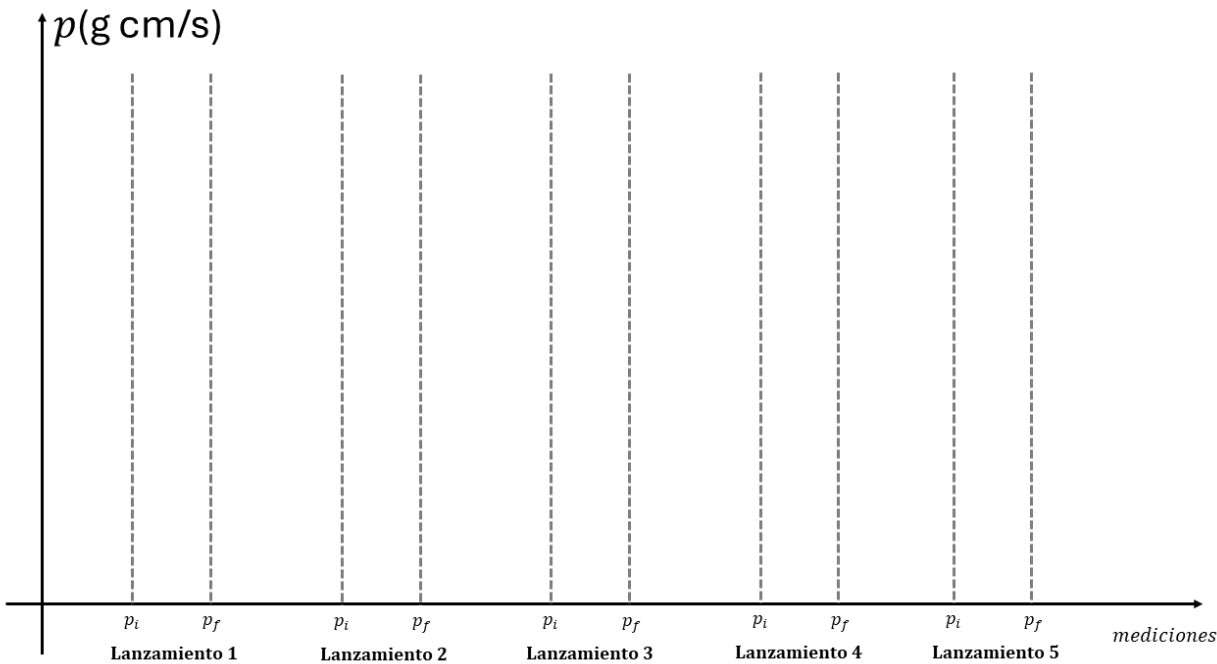
$$\bar{p}_i = m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi}$$

$$\Delta p_i = m_A v_{Ai} \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_A}\right)^2 + (0.0001)^2} + m_B v_{Bi} \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_B}\right)^2 + (0.0001)^2}$$

$$\bar{p}_f = (m_A + m_B) v_f$$

$$\Delta p_f = \bar{p}_f \sqrt{\left(\frac{2\Delta m}{m_A + m_B}\right)^2 + (0.0001)^2}$$

- 2. Presente sus resultados para cada conjunto de mediciones en la forma: $p = (\bar{p} \pm \Delta p)$ unidades
- 3. Elabore en papel milimetrado un gráfico de discrepancia, comparando p_i y p_f de cada cada lanzamiento.



4. Determine el porcentaje de pérdida de momento $\Delta P_{\text{pérdida}}$, para cada medición en la Tabla 1.

$$(\Delta P_{\text{pérdida}}) \% = \frac{|p_i - p_f|}{p_i} 100 \%$$

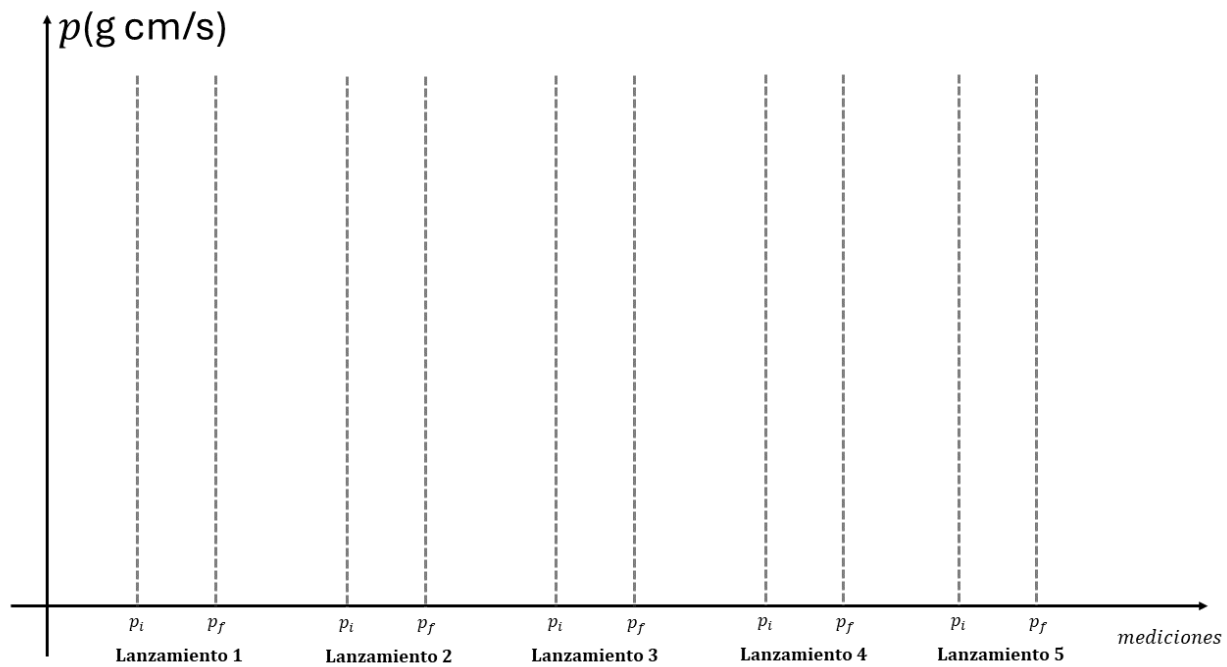
- Para el choque elástico:

1. Determine el momento inicial p_i y final p_f para cada medición registrada la Tabla 2 y su respectivo error.

$$\begin{aligned} \bar{p}_i &= m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} \\ \Delta p_i &= m_A v_{Ai} \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_A}\right)^2 + (0.0001)^2} + m_B v_{Bi} \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_B}\right)^2 + (0.0001)^2} \\ \bar{p}_f &= m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} \\ \Delta p_f &= m_A v_{Af} \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_A}\right)^2 + (0.0001)^2} + m_B v_{Bf} \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m_B}\right)^2 + (0.0001)^2} \end{aligned}$$

2. Presente sus resultados para cada conjunto de mediciones en la forma: $p = (\bar{p} \pm \Delta p)$ unidades

3. Elabore en papel milimetrado un gráfico de discrepancia, comparando p_i y p_f de cada cada lanzamiento.



4. Determine el porcentaje de pérdida de momento $\Delta P_{\text{pérdida}}$, para cada medición en la Tabla 2.

$$(\Delta P_{\text{pérdida}}) \% = \frac{|p_i - p_f|}{p_i} 100 \%$$

IX. Análisis de Resultados

Procedimiento Experimental

A partir de los resultados obtenidos en el procedimiento experimental (registrados en las Tablas 1 y 2) responda y justifique lo siguiente:

1. ¿Con los resultados de $(\Delta p_{\text{pérdida}}) \%$ obtenidos, podría decir que el momento lineal se conserva en las colisiones inelásticas?
2. ¿Con los resultados de $(\Delta p_{\text{pérdida}}) \%$ obtenidos podría decir que el momento se conserva en el caso de las colisiones elásticas?
3. ¿A que factores se debe la pérdida en el momento en ambos tipos de colisiones?
4. Analizando el gráfico elaborado explique, ¿Qué tan significativo puede llegar a ser la discrepancia entre los momentos iniciales y finales en ambos tipos de colisión?
5. ¿Qué variable física introduce mayor error en la medida de p ?

Procedimiento Demostrativo

A partir de los resultados obtenidos en el procedimiento demostrativo (registrados en las Tablas 3, 4, 5, 6 y 7) responda y lo siguiente:

1. **Colisión Inelástica:** $m_A \approx m_B$ y $\vec{v}_{Ai} \approx -\vec{v}_{Bi}$. Tabla 3.

a) Realice un diagrama del sistema antes y después de la colisión.

b) Determine teóricamente la velocidad final de los deslizadores.

c) ¿Es consistente este resultado con lo observado en el laboratorio?

2. **Colisión Elástica**

a) **Configuración #1:** $m_A \approx m_B$ y $\vec{v}_{Ai} \approx -\vec{v}_{Bi}$. Tabla 4.

1.1 Realice un diagrama del sistema antes y después de la colisión.

1.2 ¿Cómo se relacionan las velocidades iniciales y finales de ambos deslizadores?

1.3 ¿Qué implica esto en cuanto a la transferencia de los momentos entre los deslizadores?

b) **Configuración #2:** $m_A \approx m_B$ y $v_{Bi} = 0$. Tabla 5.

2.1 Realice un diagrama del sistema antes y después de la colisión.

2.2 ¿Qué sucede con la velocidad de la masa A después del choque? ¿A qué se debe que se obtenga este valor?

2.3 Demuestre este resultado de forma teórica con los datos de la Tabla 4.

c) **Configuración #3:** $m_B > m_A$ y $v_{Bi} = 0$. Tabla 6.

3.1 Realice un diagrama del sistema antes y después de la colisión.

3.2 Anote sus observaciones después de la colisión y explíquelas.

3.3 Deduzca matemáticamente, ¿Qué pasaría con la velocidad final de A si la masa B es tan pesada que no se mueve después de la colisión?

d) **Configuración #4:** $m_A > m_B$ y $v_{Bi} = 0$. Tabla 7.

4.1 Realice un diagrama del sistema antes y después de la colisión.

4.2 Anote sus observaciones después de la colisión y explíquelas.

4.3 Explique, ¿Por qué la masa B sale disparada y la masa A casi no pierde velocidad?

X. Conclusiones

■

■

■

Referencias

- A. Serway, Raymond y Jr. John W. Jewett (1993). *Física para Ciencias e Ingeniería*. 3.^a ed. Mc Graw-Hill. Cap. 3. Movimiento en una dimensión.
- F.W. Zemansky, Young M.W Sears y Freedman R.A. (1999). *Física Universitaria*. 9na. Pearson Education. Cap. 5.4 Fuerzas de fricción: Resistencia de fluidos y rapidez terminal.
- Suazo, Maximino (s.f.). *Introducción a las mediciones e incertidumbres*. Cap. 1.7 Valor central e incertidumbres en medidas aleatorias; 3. Ajuste de datos experimentales.