

Momento lineal y su conservación

Física

RUTA DE APRENDIZAJE

- El aprendizaje esperado para este documento es comprender y analizar el momento lineal y su conservación.
- Este documento está inserto en la unidad de trabajo y energía, como se muestra en el siguiente esquema.



TEMAS

- Cantidad de movimiento lineal
- Conservación de momento lineal
- Impulso y colisiones

INTRODUCCIÓN

Cuando ocurre un accidente automovilístico, cuando se activan las bolsas de aire de un automóvil, al jugar billar o al lanzar un objeto, se está en presencia de la cantidad de momento lineal.

La cantidad de momento permite describir objetos en movimiento y está relacionado con la masa y velocidad de los cuerpos, además este concepto obedece a las leyes de la conservación para un sistema aislado.

En este documento se estudiará la cantidad de momento lineal, su conservación y el concepto de impulso y colisiones.

Cantidad de movimiento lineal

La **cantidad de movimiento lineal** o **cantidad de momento lineal** de una partícula o un objeto que se modela como una partícula de masa m que se mueve con velocidad \vec{v} se define como el **producto de la masa y la velocidad** de la partícula:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Donde

\vec{p} : momento lineal [kg·m/s]

m : masa [kg]

\vec{v} : velocidad [m/s]

Como la velocidad es un vector, **la cantidad de movimiento también es un vector**. La dirección y sentido de la cantidad de movimiento son las mismas de la velocidad, y la magnitud de la cantidad de movimiento es $p=mv$.

Un cuerpo que tiene una velocidad mayor tendrá una mayor cantidad de movimiento que otro a menor velocidad (ambos con igual masa). Un tren de mayor masa tendrá mayor cantidad de movimiento que un automóvil de menor masa (ambos avanzando a la misma velocidad).

Se requiere una fuerza para cambiar la cantidad de movimiento lineal de un objeto, ya sea para aumentar o disminuir su magnitud, o bien, para cambiar su dirección y sentido. Newton originalmente estableció su segunda ley en términos del momento lineal y le llamó "cantidad de movimiento" al producto mv . El enunciado de Newton de la **segunda ley del movimiento**, traducido a lenguaje moderno, señala que

La tasa de cambio de la cantidad de movimiento de un objetivo es igual a la fuerza neta aplicada sobre él.

Podemos escribir esto como una ecuación,

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt},$$

donde $\sum \vec{F}$ es la fuerza neta aplicada, \vec{p} la cantidad de movimiento y t es el tiempo. Si \vec{v} es la velocidad de un objeto, entonces la ecuación quedaría,

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Recordar que $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, entonces la expresión de la fuerza es:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}$$

(Giancoli, 2008)



Conservación de momento lineal

Siempre que interactúan dos o más partículas en un **sistema aislado**, la cantidad de movimiento total del sistema permanece constante.

Esta ley dice que la cantidad de movimiento total de un sistema aislado en todo momento es igual que su cantidad de movimiento lineal. La ley es la representación matemática de la versión en cantidad de movimiento del modelo de sistema aislado.

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f$$

Para dos cuerpos en colisión, la expresión de la conservación de cantidad de movimiento lineal, es:

$$m\vec{v}_A + m\vec{v}_B = m\vec{v}'_A + m\vec{v}'_B$$

$m\vec{v}_A$: cantidad de momento objeto A antes de la colisión [kg·m/s]

$m\vec{v}_B$: cantidad de momento objeto B antes de la colisión [kg·m/s]

$m\vec{v}'_A$: cantidad de momento objeto A después de la colisión [kg·m/s]

$m\vec{v}'_B$: cantidad de momento objeto B después de la colisión [kg·m/s]

Impulso y colisiones

La conservación de la cantidad de movimiento lineal es una herramienta muy útil para tratar con procesos de colisión cotidianos, como una raqueta de tenis o un bate de béisbol al golpear una pelota, la colisión de dos bolas de billar, o un martillo al golpear un clavo. Cuando ocurre la colisión, **la fuerza que cada uno ejerce sobre el otro usualmente salta de cero en el momento de contacto, hasta un valor muy grande en un tiempo muy corto y luego abruptamente regresa de nuevo a cero.**

El cambio en la cantidad de movimiento de una partícula es igual al impulso de la fuerza neta que actúa en la partícula:

$$\Delta\vec{p} = \vec{I}$$

Conocido como teorema impulso-cantidad de movimiento.



Donde

$\Delta\vec{p}$: cambio de momento lineal [kg·m/s]

\vec{I} : impulso [kg·m/s] o [N·s] (*Ambas unidades de medida son equivalentes)

El enunciado anterior es equivalente a la segunda ley de Newton. Cuando se dice que a una partícula se le da un impulso, significa que la cantidad de movimiento se transfiere de un agente externo a dicha partícula. El impulso es una cantidad vectorial.

A continuación se demuestra la relación directa entre impulso y fuerza.

$$\vec{I} = \Delta\vec{p}$$

$$\vec{I} = m\Delta\vec{v}$$

$$\vec{I} = m(v_f - v_i)$$

(Dividir en tiempo)

(Recordar la fórmula de aceleración)

$$\frac{\vec{I}}{t} = \frac{m(v_f - v_i)}{t}$$

(Recordar la fórmula de fuerza)

$$\frac{\vec{I}}{t} = m \cdot a$$

$$\frac{\vec{I}}{t} = F$$
$$\vec{I} = F \cdot t$$

En algunas situaciones se utilizará una aproximación del impulso, en la que se supone que una de las fuerzas ejercida sobre una partícula actúa durante un tiempo breve, pero es mucho mayor que cualquiera otra presente (Serway & Yewet, 2008).

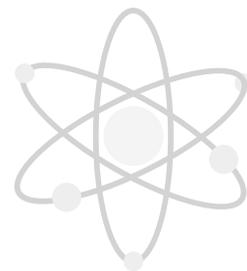
Donde

F: fuerza [N]

t: tiempo [s]

Colisiones

El termino **colisión** representa un evento durante el que dos partículas se acercan una a la otra e interactúan mediante fuerzas. Se supone que las fuerzas de interacción son mucho mayores que otras fuerzas externas cualesquiera, así que se puede usar la aproximación del impulso (Serway & Yewet, 2008). A continuación se presenta una tabla con los tipos de colisiones.



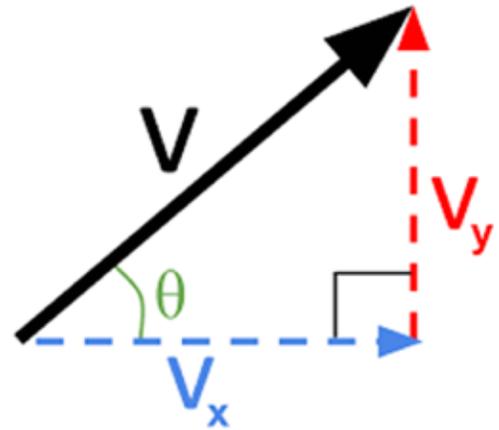
Colisión inelástica	<ul style="list-style-type: none">• La cantidad de momento lineal se conserva.• La energía cinética total final es menor que la inicial.• Por ejemplo una bala que se incrusta en un bloque de madera.
Colisión perfectamente inelástica	<ul style="list-style-type: none">• La cantidad de momento se conserva.• La energía cinética no se conserva.• Los objetos se unen después de la colisión y continúan en movimiento.• Su expresión matemática es: $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f$
Colisión elástica	<ul style="list-style-type: none">• La cantidad de momento se conserva.• La energía cinética se conserva.• Por ejemplo un choque entre dos bolas de billar es casi totalmente elástico.• Su expresión matemática es: $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$ $v_{1i} - v_{2i} = -v_{1f} + v_{2f}$

Observación

Un choque inelástico no tiene que ser totalmente inelástico. Es un error pensar que los únicos choques inelásticos son aquellos en que los cuerpos quedan pegados. En realidad, los choques inelásticos incluyen muchas situaciones en que los cuerpos no se pegan. Si dos autos chocan violentamente y rebotan, el trabajo efectuado para deformar las defensas no puede recuperarse como energía cinética de los autos, de manera que el choque es inelástico (Young & Freedman, 2009).

Recordar

Si una colisión ocurre en dos dimensiones, es necesario realizar la descomposición del vector velocidad a través del uso de la trigonometría, como se observa en la imagen.



En este caso:

$$v_x = v \cos\theta$$

$$v_y = v \sin\theta$$

Fuente imagen: knanacademy.org



Lee y analiza los siguientes problemas

Problemas resueltos (considerar $g=10 \text{ m/s}^2$)

A continuación, se presentan tres problemas resueltos con sus procedimientos, en estos problemas se sugiere hacer lo siguiente:

- Lee comprensivamente.
- Revisa el paso a paso.
- Destaca lo que te resulte importante.
- Destaca lo que te genere dudas y luego consulta al tutor.



Problema 1 (Young & Freedman, 2009, p. 251)

Suponga que lanza una pelota de 0.40 kg contra una pared, a la cual golpea moviéndose horizontalmente hacia la izquierda a 30 m/s y rebotando horizontalmente hacia la derecha con rapidez de 20 m/s.

- Calcule el impulso de la fuerza neta sobre la pelota durante el choque.
- Si la pelota está en contacto con la pared durante 0.010 s, calcule la fuerza horizontal media que la pared ejerce sobre la pelota durante el impacto.

Solución letra a

Paso 1: registrar los datos.

$m=0.40 \text{ kg}$
 $v_i=-30 \text{ m/s}$
 $v_f=20 \text{ m/s}$
 $t=0.01 \text{ s}$

el signo negativo es porque va hacia la izquierda

Paso 2: calcular el impulso, a través del cambio de momento.

$$\begin{aligned} I &= \Delta p \\ I &= m(v_f - v_i) \\ I &= 0.40(20 - -30) \\ I &= 20 \text{ [N} \cdot \text{s]} \end{aligned}$$

Solución letra b

Paso 1: utilizar la ecuación de impulso respecto de la fuerza.

$$\begin{aligned} I &= F \cdot t \\ F &= \frac{I}{t} \\ F &= \frac{20}{0.010} \\ F &= 2000 \text{ N} \end{aligned}$$



Problema 2

Un hombre de 80 kg que se encuentra de pie sobre una superficie helada arroja horizontalmente una pelota de 0.1 kg con una velocidad de 25 m/s (se supone nulo el rozamiento del hombre con el hielo).

- ¿En qué dirección y con qué velocidad comenzará a moverse el hombre?
- Si el hombre arroja 4 de esas pelotas cada 3 s, ¿cuál es la fuerza media que actúa sobre él?

Solución letra a

Paso 1: registrar los datos.

$$\begin{aligned}m_1 &= 80 \text{ kg} \\ m_2 &= 0.1 \text{ kg} \\ v_{1i} &= 0 \text{ m/s} \\ v_{2i} &= 0 \text{ m/s} \\ v_{2f} &= 25 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Paso 2: realizar conservación de momento lineal para una colisión elástica.

$$\begin{aligned}m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} &= m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \\ 80 \cdot 0 + 0.1 \cdot 0 &= 80 \cdot v_{1f} + 0.1 \cdot 25 \\ 0 &= 80v_{1f} + 2.5 \\ &= 80v_{1f} - 2.5 \\ v_{1f} &= \frac{-2.5}{80} \\ v_{1f} &= -0.03 \text{ m/s}\end{aligned}$$

El signo negativo, indica que la persona se mueve hacia la izquierda al lanzar la pelota.

Solución letra b

Paso 1: registrar los datos.

$$\begin{aligned}t &= 3 \text{ s} \\ n^\circ \text{ pelotas} &= 4\end{aligned}$$

Paso 2: utilizar la ecuación de impulso.

$$\begin{aligned}I &= F \cdot t \\ \Delta p &= F \cdot t \\ m\Delta v &= F \cdot t \\ F &= \frac{m\Delta v}{t} \\ F &= 4 \cdot 0.1 \cdot \frac{25}{3} \\ F &= 3.3 \text{ N}\end{aligned}$$



Problema 3 (Franco, 2016)

Un cuerpo de 5 kg de masa se mueve sobre una mesa lisa con velocidad 10 m/s y choca con otro de 10 kg de masa que se desplaza en dirección perpendicular a la anterior con velocidad de 5 m/s. Ambos bloques, después del choque, quedan unidos y deslizan juntos. Calcular la velocidad de ambos después del choque y la dirección de ésta.

Solución

Paso 1: registrar los datos.

$$\begin{aligned}m_1 &= 5 \text{ kg} \\v_{1i} &= 10\hat{i} \text{ m/s (eje x)} \\m_2 &= 10 \text{ kg} \\v_{2i} &= 5\hat{j} \text{ m/s (eje y)}\end{aligned}$$

Paso 2: realizar conservación de momento lineal para colisiones perfectamente inelásticas en el eje x .

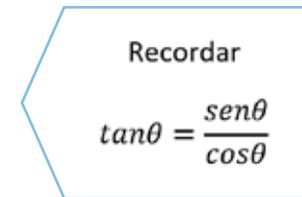
$$\begin{aligned}m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} &= (m_1 + m_2) v_f \\5 \cdot 10 + 0 &= (5 + 10) v_{fx} \\50 &= 15 v_f \cos \theta \\v_f &= \frac{3.3}{\cos \theta}\end{aligned}$$

Paso 3: realizar conservación de momento lineal para colisiones perfectamente inelásticas en el eje y .

$$\begin{aligned}m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} &= (m_1 + m_2) v_f \\0 + 10 \cdot 5 &= (5 + 10) v_{fy} \\50 &= 15 v_f \sin \theta \\v_f &= \frac{3.3}{\sin \theta}\end{aligned}$$

Paso 4: igualar las dos ecuaciones de velocidad final.

$$\begin{aligned}\frac{3.3}{\cos \theta} &= \frac{3.3}{\sin \theta} \\ \frac{\cos \theta}{\sin \theta} &= \frac{3.3}{3.3} \\ \frac{1}{\tan \theta} &= 1 \\ \theta &= \arctan 1 \\ \theta &= 45^\circ\end{aligned}$$



El ángulo es la dirección.

Paso 5: reemplazar el ángulo en cualquiera de las dos ecuaciones de velocidad final.

$$\begin{aligned}v_f &= \frac{3.3}{\sin \theta} \\v_f &= \frac{3.3}{\sin 45} \\v_f &= 4.7 \text{ m/s}\end{aligned}$$



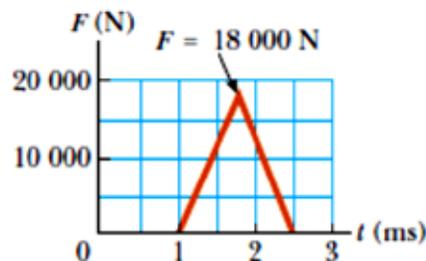
Pon a prueba tus conocimientos

Problemas propuestos (considere $g=10 \text{ m/s}^2$)

A continuación, se presentan tres problemas propuestos para que puedas resolver y practicar, recuerda hacer lo siguiente:

- Resuélvelos siguiendo los pasos utilizados en los problemas resueltos.
- Si es necesario apóyate con los apuntes.
- Si surgen dudas, registrarlas para luego consultar con el tutor.
- ¡Buen trabajo!

1. Una partícula de 3 kg tiene una velocidad de $(3\hat{i} - 4\hat{j})\text{m/s}$. Encuentre las componentes de x e y de su cantidad de movimiento (Serway & Yewett, 2008, p. 260).
2. En la figura se muestra una curva fuerza-tiempo estimada para una pelota de béisbol golpeada por un bat. A partir de esta curva, determine: (Serway & Yewett, 2008, p. 261)



- a. El impulso entregado a la pelota (fijarse en que el tiempo está en milisegundos).
 - b. La fuerza promedio ejercida sobre la pelota.
 - c. La fuerza máxima que se ejerce sobre la pelota.
3. Una bala de 10 g se dispara en un bloque de madera fijo ($m=5 \text{ kg}$). La bala se incrusta en el bloque. La rapidez de la combinación bala más madera inmediatamente después de la colisión es $0,6 \text{ m/s}$. ¿Cuál fue la rapidez original de la bala? (Serway & Yewett, 2008, p. 261).

Solución

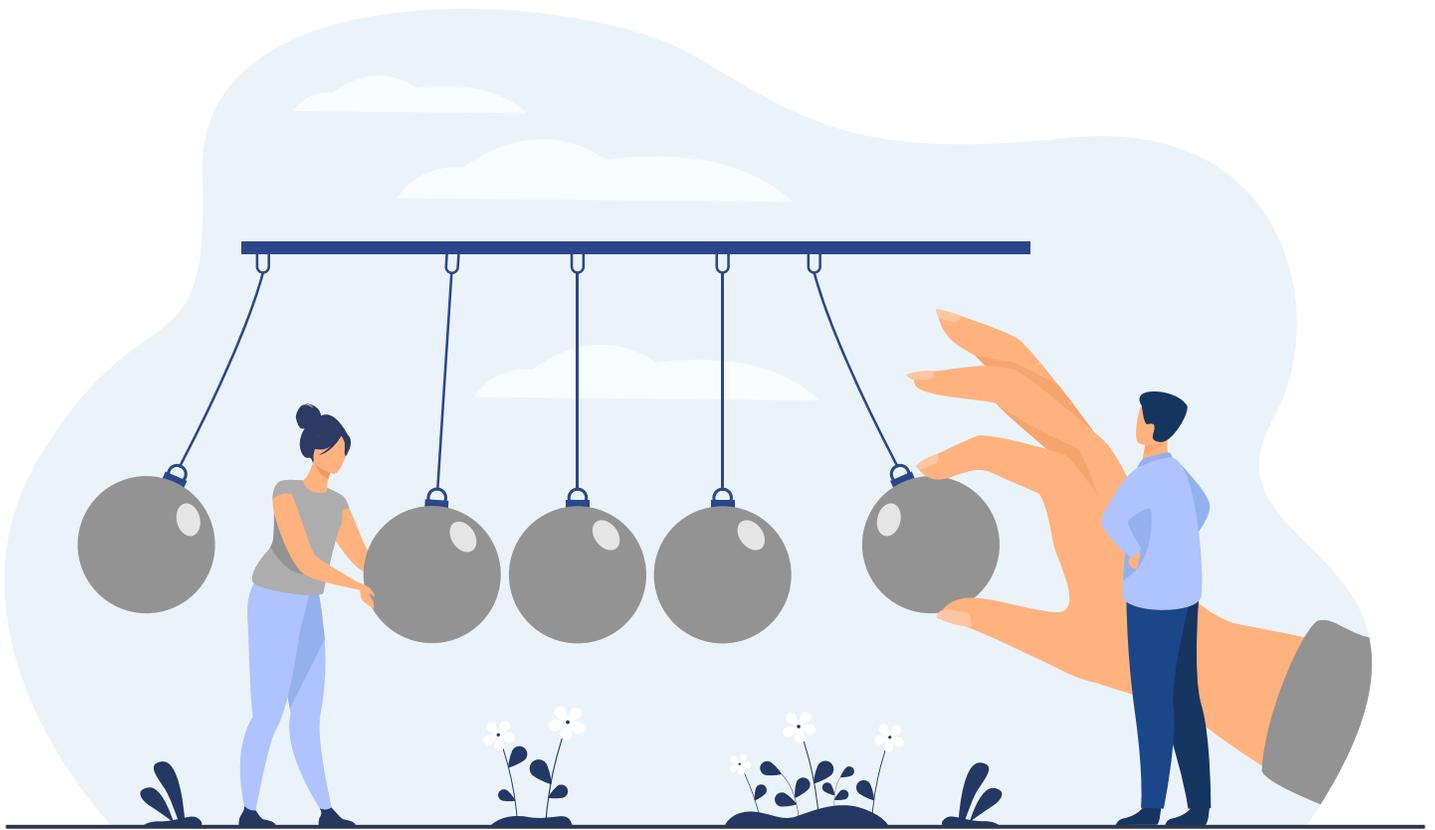
1. $(9\hat{i} - 12\hat{j}) \text{ (kg m /s)}$
2. a. 13.5 Ns ; b. 9000 N ; c. 18000 N
3. 301 m/s

Síntesis

A través del documento revisamos el concepto de momento lineal y su conservación. En resumen tenemos que:

- El movimiento lineal o cantidad de momento es una magnitud vectorial que depende de la masa y velocidad de un cuerpo.
- Si el movimiento lineal se conserva, será para un sistema aislado y significa que al inicio y al final existe la misma cantidad de movimiento.
- El impulso es igual al cambio en el movimiento lineal y, para un objeto que no cambia su masa, el impulso dependerá del cambio en la velocidad.
- El impulso también puede estar representado por la fuerza y el tiempo, pues el impulso es una fuerza que se aplica en un determinado tiempo.
- Las colisiones cumplen con la condición de conservar el movimiento lineal y pueden ser: colisión inelástica, colisión perfectamente inelástica y colisión elástica.
- A continuación se presenta una tabla resumen.

Cantidad de momento lineal o movimiento lineal	$\vec{p} = m\vec{v}$
Impulso	$I = \Delta\vec{p}$ $I = Ft$
Colisión inelástica	No presenta una ecuación en particular.
Colisión perfectamente inelástica	$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = (m_1 + m_2)v_f$
Colisión elástica	$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$ $v_{1i} - v_{2i} = -v_{1f} + v_{2f}$



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Franco, A. (2016). Sistemas Aislados. Choques. Enero 06, 2021, de sc.echu Sitio web: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/problemas/sistemas/choques/choques.html>
- Giancoli, D. (2008). Física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. México: Pearson Educación.
- ¿Qué son las componentes de un vector? (s.f). Khan Academy. Recuperado 10 de septiembre de 2021, de <https://es.khanacademy.org/science/physics/two-dimensional-motion/two-dimensional-projectile-motion/a/what-are-velocity-components>
- Serway, R. & Jewett, J. (2008). Física para ciencias e ingeniería volumen 1. México: Cengage Learning.
- Young, H. & Freedman, R. (2009). Física universitaria con física moderna volumen 1. México: Pearson Educación.

¿Quieres recibir orientación para optimizar tu estudio en la universidad?

CONTAMOS CON PROFESIONALES EXPERTOS EN EL APRENDIZAJE QUE TE PUEDEN ORIENTAR

[SOLICITA NUESTRO APOYO](#)



[Sitio Web de CIMA](#)



[Ver más fichas](#)



[Solicita más información](#)