

# Impulso y Cantidad de Movimiento

Imagina a un tenista en el momento en el cual, con su raqueta, golpea la pelota para regresarla durante el juego. Analicemos las fuerzas que actúan en el preciso instante del golpe: la pelota llega a la raqueta con una velocidad " $v_1$ " justo antes de golpear a la raqueta y al recibir la fuerza del golpe de la raqueta regresará con otra velocidad " $v_2$ "; la fuerza la cual actúa durante un breve intervalo de tiempo sobre la pelota provoca que esta sea impulsada.

Durante el intervalo de tiempo  $\Delta t = t_f - t_i$ , la raqueta y la pelota están en contacto, y la fuerza que la raqueta ejerce sobre la pelota cambia.

Siempre que una fuerza actúe sobre un cuerpo durante cierto intervalo de tiempo, se dice que el objeto recibe un impulso.

"El impulso de una fuerza es el producto de la fuerza media  $\bar{F}$  y el intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ) durante el cual actúa la fuerza" (Cutnell John D., 2004):

$$\text{Impulso} = \bar{F}\Delta t \text{ ó}$$

$$\text{Impulso} = (\text{fuerza}) (\text{tiempo que dura actuando la fuerza})$$

El impulso es una cantidad vectorial cuya dirección es la misma que la de la fuerza media. En el sistema internacional sus unidades son N.seg (Bueche, 2007).

# Impulso y Cantidad de Movimiento

Impulso	Fuerza	$\Delta t$
Sistema c.g.s	Dinas	seg
Sistema M.K.S	Newton	seg
S.G.T	Kp	seg

Este concepto se utiliza cuando se aplica una fuerza grande variable que actúa solamente en un intervalo de tiempo muy pequeño, por ejemplo cuando un golfista realiza su golpe mediante el palo de golf a la pelota, o bien cuando con el martillo golpeamos la cabeza de un clavo, también cuando un beisbolista en el momento de golpear la pelota con el bat. La fuerza que actúa durante un breve intervalo de tiempo sobre el objeto, hace que sea impulsado.

En el caso del tenista y los demás ejemplos mencionados, entre mayor sea el impulso mayor será su reacción, es decir, sale con mayor velocidad, aunque mientras mayor masa tenga la pelota, menor velocidad adquiere en la interacción con la raqueta. “La masa y la velocidad desempeñan una función con respecto a la manera cómo reacciona un objeto a un impulso dado. Este efecto entre masa y velocidad nos conduce al concepto de cantidad de movimiento” (Cutnell John D., 2004).

La cantidad de movimiento lineal ( $p$ ) (ímpetu o momentum) de un objeto es el producto de la masa del objeto ( $m$ ), por la velocidad ( $v$ ) (Cutnell John D., 2004). De tal manera que el modelo matemático será:

# Impulso y Cantidad de Movimiento

$$P = m.v$$

Momento lineal = (masa del cuerpo)(velocidad del cuerpo)

La cantidad de movimiento lineal es una cantidad vectorial cuya dirección es la misma  $m$  que la velocidad (Bueche, 2007).

Lineal se refiere a que el objeto se desplaza en línea recta

Cantidad de movimiento	Masa	Velocidad del Cuerpo
Sistema c.g.s	gr	cm/seg
Sistema M.K.S	Kg	m/seg
S.G.T	utm	m/seg

Un impulso causa un cambio en la cantidad de movimiento: el cambio en la cantidad de movimiento producido por un impulso es igual al impulso en magnitud y dirección. De esta manera, si una fuerza constante  $\bar{F}$  actúa con un tiempo  $\Delta t$  sobre un cuerpo de masa  $m$ , su velocidad cambia desde un valor inicial  $v_i$  hasta un valor final  $v_f$ , o sea: (Bueche, 2007)

# Impulso y Cantidad de Movimiento

Impulso = Cambio en la cantidad de movimiento

$$\bar{F}\Delta t = m(v_f - v_i)$$

La explicación de esta ecuación es la siguiente:

Al aplicar la segunda ley de Newton al establecer la relación entre impulso y cantidad de movimiento. Cuando la velocidad de un objeto cambia de  $v_i$  a  $v_f$  en un intervalo de tiempo  $\Delta t$ , entonces la aceleración media estará dada por la siguiente ecuación:

$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$  Y según la segunda ley de Newton, la causa de la aceleración es una fuerza neta media de donde al sustituir el valor de  $\bar{a}$  se obtiene:

$$\bar{F} = m \cdot \left( \frac{v_f - v_i}{\Delta t} \right)$$

Al multiplicar ambos miembros se obtiene:

$$\bar{F} = \frac{mv_f - mvi}{\Delta t}$$

La cual nos permite obtener la ecuación que representa el teorema impulso-cantidad de movimiento que establece: "Cuando una fuerza  $\bar{F}$  actúa sobre un objeto, el impulso de la fuerza neta es igual al cambio de la cantidad de movimiento del objeto:

$$\bar{F}\Delta t = \underbrace{mv_f}_{\text{Cantidad de movimiento final}} - \underbrace{mvi}_{\text{Cantidad de movimiento inicial}}$$

Cantidad de movimiento final

Cantidad de movimiento inicial

# Impulso y Cantidad de Movimiento

Por lo que el impulso = cambio de la cantidad de movimiento.

*Impulso =  $\Delta p$*  Solamente en módulo, pero no en unidades, pues las unidades de impulso son diferentes a las de cantidad de movimiento.

## EJEMPLO GUIADO NÚMERO 1

Una pelota de pin pon tiene una masa de 2.3 gr y una velocidad inicial de 45 m/seg a medida que se aproxima a la raqueta. La dirección que lleva la pelota es negativa. La raqueta aplica una fuerza mayor que el peso de la pelota y esta sale de la raqueta con una velocidad final de 65 m/seg. El tiempo de contacto entre la raqueta y la pelota es de  $5.3 \times 10^{-3}$  seg. Calcula:

- Las cantidades de movimiento inicial y final de la pelota
- El impulso que produce la raqueta
- La fuerza media que se ejerce sobre la pelota.

Datos

$$V_i = 45 \text{ m/seg}$$

$$V_f = 65 \text{ m/seg}$$

a) Cantidad de movimiento inicial:

$$P_1 = m \cdot v_1$$

$$P_1 = (0.0023 \text{ kg})(45 \text{ m/seg}) = \underline{0.1035 \text{ kg m/seg}}$$

# Impulso y Cantidad de Movimiento

$$\Delta t = 0.0053 \text{ seg}$$

Cantidad de movimiento final:

$$m = 2.3 \text{ gr} = 0.0023 \text{ kg}$$

$$P_2 = m \cdot v_2$$

$$P_2 = (0.0023 \text{ kg})(65 \text{ m/seg}) = \underline{0.1495 \text{ kg m/seg}}$$

b) El impulso que produce la raqueta:

Para calcularlo, como se desconoce el valor de la fuerza media que la raqueta aplica a la pelota, realizaremos una sustitución en la fórmula o ecuación del impulso:

**Impulso = (fuerza) (tiempo que dura actuando la fuerza)**

Y ya que :

$$\text{impulso} = \Delta p$$

Al sustituir  $\bar{F}$  se obtiene:

$\Delta p = mv_f - mv_1$  y al sustituir obtenemos:

$$\Delta p = (0.0023 \text{ kg})(65 \text{ m/seg}) - (-0.0023 \text{ kg})(45 \text{ m/seg})$$

$\Delta p = 0.1495 \text{ kg m/seg} + 0.1035 \text{ kg m/seg} = \underline{0.253 \text{ kg m/seg}}$ , estas son unidades de cantidad de movimiento de impulso serán: 0.253 N.seg

$I = 0.253 \text{ N.seg}$  la dirección y sentido del impulso son iguales que los de  $F$

# Impulso y Cantidad de Movimiento

c) La fuerza media que se ejerce sobre la pelota.

Si ya realizamos el cálculo del impulso podremos calcular la fuerza media.

$$\bar{F} = \frac{mV_f - mvi}{\Delta t}$$

$$\bar{F} = \frac{0.1495 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{seg}} - (-0.1035 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{seg}})}{0.0053 \text{ seg}} = \frac{0.253 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{seg}}{0.0053 \text{ seg}} = 47.73 \text{ N}$$

## EJEMPLO GUIADO NÚMERO 2

Un martillo de 2.9 kg tiene una velocidad de 15 m/seg al momento de golpear un clavo de acero y es detenido en 0.034 seg. Calcula

- A) La fuerza media que actúa sobre el clavo
- B) La cantidad de movimiento inicial y final del martillo
- C) El impulso que produce el martillo

# Impulso y Cantidad de Movimiento

Datos:

$$m = 2.9 \text{ kg}$$

$$V_i = 15 \text{ m/seg}$$

$$V_f = 0$$

$$\Delta t = 0.034 \text{ seg}$$

$$\text{F\u00f3rmula} \quad \bar{F} = \frac{mV_f - mV_i}{\Delta t} \quad \bar{F} = \frac{-mV_i}{\Delta t} \text{ ya que } V_f = 0$$

Sustituci\u00f3n

$$\bar{F} = \frac{-(2.9 \text{ kg})(-15 \frac{\text{m}}{\text{seg}})}{0.034 \text{ seg}}$$

$$\bar{F} = \frac{43.15 \text{ kgm/seg}}{0.034 \text{ seg}}$$

$$\bar{F} = \underline{1279.41 \text{ N}}$$

b) La cantidad de movimiento inicial y final del martillo:

1) Cantidad de movimiento inicial:

$$P_1 = m \cdot v_1$$

$$P_1 = (2.9 \text{ kg})(15 \text{ m/seg}) = \underline{43.5 \text{ kg m/seg}}$$

2) Cantidad de movimiento final:

$$P_2 = m \cdot v_2$$

$$P_2 = (2.9 \text{ kg})(0 \text{ m/seg}) = \underline{0 \text{ kg m/seg}} \text{ ya que es detenido}$$

c) El impulso que produce el martillo.

$$\text{Impulso} = \bar{F} \times \Delta t$$

$$\text{Impulso} = 1279.41 \text{ N} (0.034 \text{ seg}) = \underline{43.50 \text{ N. seg}}$$

b) La cantidad de movimiento inicial y final del martillo:

1) Cantidad de movimiento inicial:

$$P_1 = m \cdot v_1$$

$$P_1 = (2.9 \text{ kg})(15 \text{ m/seg}) = \underline{43.5 \text{ kg m/seg}}$$

2) Cantidad de movimiento final:

$$P_2 = m \cdot v_2$$

$$P_2 = (2.9 \text{ kg})(0 \text{ m/seg}) = \underline{0 \text{ kg m/seg}} \text{ ya que es detenido}$$



# Impulso y Cantidad de Movimiento

c) El impulso que produce el martillo.

$$\text{Impulso} = \bar{F} \times \Delta t$$

$$\text{Impulso} = 1279.41 \text{ N} (0.034 \text{ seg}) = \underline{43.50 \text{ N. seg}}$$

## EJEMPLO GUIADO NÚMERO 3

Una pelota de beisbol de 0.14 kg se mueve hacia el bateador con una velocidad de 50 ft/seg y al golpearla sale con una velocidad de 90 ft/seg. Si el bat tuvo un contacto con la pelota de  $2.4 \times 10^{-2}$  seg.

- Calcula:

- La cantidad de movimiento inicial y final de la pelota
- La fuerza media ejercida sobre la pelota
- El impulso

- Datos

$$m = 0.14 \text{ kg}$$

$$V_i = -50 \text{ ft/seg} = -15.24 \text{ m/seg}$$

$$V_2 = 90 \text{ ft/seg} = 27.432 \text{ m/seg}$$

$$\Delta t = 0.024 \text{ seg}$$

# Impulso y Cantidad de Movimiento

a) La cantidad de movimiento inicial y final de la pelota.

1) Cantidad de movimiento inicial:

$$P_1 = m \cdot v_1$$

$$P_1 = (0.14 \text{ kg})(-15.24 \text{ m/seg}) = \underline{-2.134 \text{ kg m/seg}}$$

2) Cantidad de movimiento final:

$$P_2 = m \cdot v_2$$

$$P_2 = (0.14 \text{ kg})(27.432 \text{ m/seg}) = \underline{3.84 \text{ kg m/seg}}$$

b) La fuerza media ejercida sobre la pelota.

$$\bar{F} = \frac{mV_f - mvi}{\Delta t} = \frac{0.14 \text{ kg} \left( 27.43 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right) - (0.14 \text{ kg})(-15.24 \frac{\text{m}}{\text{seg}})}{0.024 \text{ seg}} =$$

$$\frac{3.84 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{seg}} + 2.134 \text{ kg m/seg}}{0.024 \text{ seg}} = \frac{5.974 \text{ kg m/seg}}{0.024 \text{ seg}} = 248.92 \text{ N}$$

c) La fuerza media ejercida sobre la pelota.

$$\text{Impulso} = \bar{F} \times \Delta t$$

$$\text{Impulso} = 248.92 \text{ N} (0.024 \text{ seg}) = \underline{5.97 \text{ N} \cdot \text{seg}}$$

# Impulso y Cantidad de Movimiento