

Impulse and Momentum

Impulso y momentum

by

Nada Saab-Ismael, PhD, MAT, MEd, IB

P3.4g Explain how the time of impact can affect the net force (e.g., air bags in cars, catching a ball).

Artículos:

- 1- Impulso
- 2- Momento e impulso lineales
- 3- Teorema impulso-momento
- 4- Factores que afectan el impulso

impulso (J)

El impulso (fuerza impulsiva) es una fuerza que actúa durante un período de tiempo muy corto, como en un impacto o colisión entre objetos.

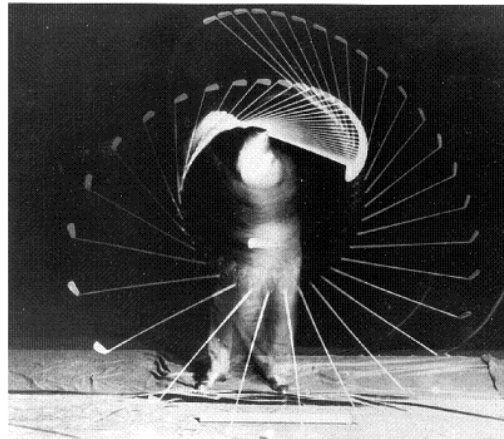
El impulso es el producto de la fuerza media neta y el intervalo de tiempo durante el cual se aplica. Tiene el símbolo (J) y la unidad Newton. Segundo (N.S).

El impulso es una cantidad vectorial y tiene la misma dirección que la fuerza promedio neta (F) que causa el impulso.

Impulse
$\vec{J} = \text{impulse} = \vec{F}\Delta t$
unit: N.S

Ejemplo 1: golpear una pelota de golf.

¿Cuál es el impulso que le da un palo a una pelota de golf si están en contacto durante 0.005 segundos, tiempo durante el cual el palo ejerció una fuerza promedio de 500 N sobre la bola?



Data Table		
F	J	Δt
500 N	?	0.005 s

$$J = \text{impulse} = F\Delta t = 500 \times 0.005 = 2.5 \text{ N}\cdot\text{s} \text{ [forward]}$$

Momento lineal (P)

El impulso de un objeto es una medida de lo difícil que es detenerlo.

El momento lineal (P) de un objeto es igual al producto de la masa (m) y la velocidad (v) del objeto.

Es una cantidad vectorial y tiene la misma dirección que la velocidad.

Linear Momentum (p)

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

Unit: (kg . m/s)

Impulso - Teorema de la cantidad de movimiento

Cuando una fuerza neta F actúa sobre un objeto, el impulso de la fuerza neta es igual al cambio en el momento que produce sobre el objeto.

Impulso = Cambio de impulso

Impulso (J) = momento final (Pf) - momento inicial (Po)

Impulse-Momentum Theorem

Impulse (J) = Final momentum (P_f) - initial momentum (P_o)

Impulso (J) = momento final (Pf) - momento inicial (Po)

$$\vec{J} = \vec{P}_f - \vec{P}_o$$

$$\vec{F} \Delta t = m\vec{V}_f - m\vec{V}_o$$

$$\vec{F} = m\vec{V}_f - m\vec{V}_o / \Delta t$$

F es la fuerza neta promedio que actúa sobre el objeto, en Newton.

Δt es el intervalo de tiempo durante el cual actúa la fuerza, en segundos.

m es la masa del objeto, en kilogramo (kg)

v_f es la velocidad final del objeto después del impacto o colisión, en (m / s)

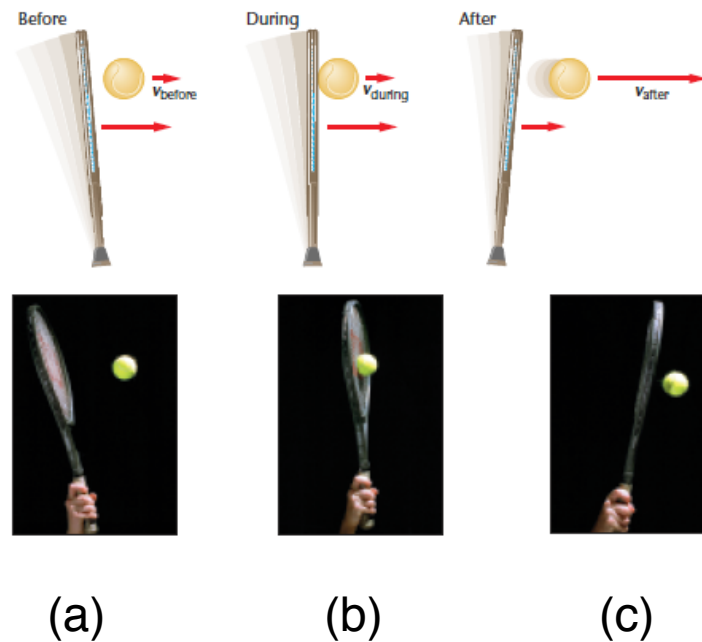
v_o es la velocidad inicial del objeto antes del impacto o colisión, en (m / s)

Un gran cambio en el impulso ocurre cuando hay un gran cambio de impulso.

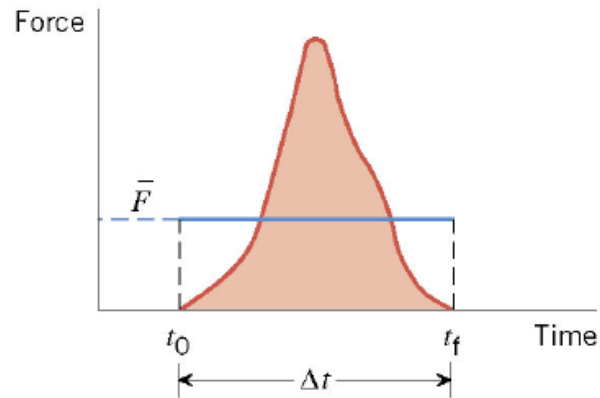
Por lo tanto, para cambiar el impulso de un objeto, es necesario cambiar el impulso.

Análisis del teorema impulso-momento

A continuación se muestra una imagen de una raqueta antes, durante y después de la colisión con una pelota de tenis. ¿Cómo se relacionan las velocidades de la pelota antes y después del choque con la fuerza (F) que actúa sobre ella?



Durante este proceso, la fuerza (F) de la raqueta aumenta a un máximo y luego disminuye a cero durante un intervalo de tiempo Δt como se muestra en la siguiente figura:



a- Antes del golpe: La velocidad de la pelota se acerca con V antes. La fuerza de la raqueta aumenta desde cero para golpear la pelota. La pelota tiene un impulso P_1 .

b- Durante el golpe o colisión. La raqueta golpea la pelota con la máxima fuerza.

c- Después del golpe: La pelota sale con más velocidad. La fuerza de la raqueta se reduce a cero. El impulso de la pelota ahora es P_2 que es diferente de P_1 .

F es la magnitud de la fuerza promedio: Impulso = $J = F\Delta t$

Entonces, la raqueta aplica un impulso sobre la pelota de tenis. Como resultado, la pelota de tenis sale con mayor velocidad y su impulso cambia.

Según la segunda ley del movimiento de Newton

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (1)$$

Aceleración = cambio de velocidad / intervalo de tiempo

$$a = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{(\vec{v}_f - \vec{v}_o)}{\Delta t} \quad (2)$$

($\vec{v}_f = \vec{v}_{\text{after}}$, $\vec{v}_o = \vec{v}_{\text{before}}$)

Inserte el valor de la aceleración en la ecuación (1)

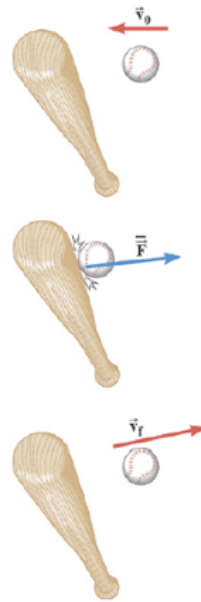
$$\vec{F} = m \frac{(\vec{v}_f - \vec{v}_o)}{\Delta t}$$

$$\vec{F} \Delta t = m (\vec{v}_f - \vec{v}_o)$$

$$\vec{F} \Delta t = m \vec{v}_f - m \vec{v}_o = \Delta \vec{p}$$

Este es el teorema impulso-momento

Ejemplo 2: Golpear una pelota de béisbol: cuando un bate golpea una pelota, se aplica una fuerza promedio F a la pelota. Como resultado, la velocidad de la pelota cambia de un valor inicial v_0 a un valor final de v_f



Primera imagen (arriba): la masa de la pelota de béisbol es $0,14 \text{ kg}$ y la velocidad inicial (v_0) es -38 m / s (negativo: dirección oeste).

Segunda imagen (en el medio): el bate aplica una fuerza promedio (F) y golpea la pelota.

Tercera imagen (abajo): la bola sale con una velocidad final (v_f) de $+58 \text{ m / s}$.

El tiempo de contacto con el murciélago (Δt) es de $1,6 \times 10^{-3}$ s. ¿Cuál es el valor de la fuerza promedio (F)?

Data Table				
F	v_f	v_o	m	Δt
?	58 m/s	-38 m/s	0.14 kg	1.6×10^{-3} s

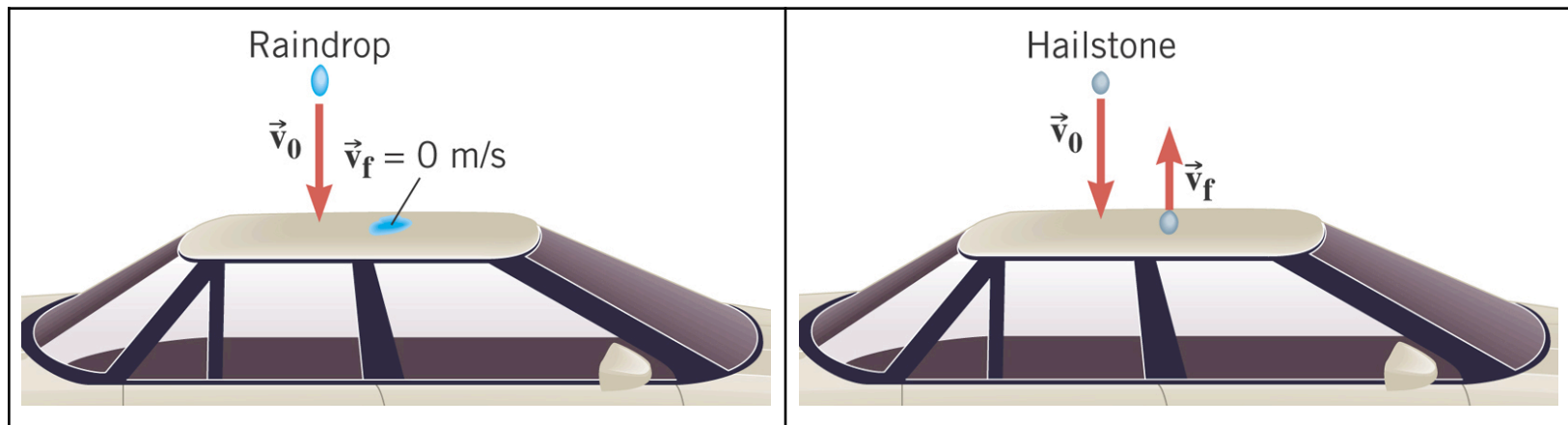
$$\vec{F} \Delta t = m\vec{v}_f - m\vec{v}_o = (0.14)(58) - (0.14)(-38) = + 13.4 \text{ kg m/s}$$

$$\vec{F} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_o / \Delta t = (0.14)(58) - (0.14)(-38) / (1.6 \times 10^{-3}) = +8400 \text{ N}$$

Entonces, el bate golpea la pelota con una fuerza de 8400 Newtons y cambia la dirección y el impulso de la pelota

Ejemplo 3: Gotas de lluvia versus granizo que caen sobre el techo de un automóvil.

Durante una tormenta de lluvia, las gotas de lluvia y el granizo caen exactamente de la misma manera. Ambos caen con la misma velocidad inicial (V_0) y tasa de masa en el mismo intervalo de tiempo. Ambos golpean el techo perpendicularmente. El granizo a menudo daña los coches más que una tormenta.



La gota de lluvia se detiene (velocidad final $V_f = 0 \text{ m / s}$), mientras que el granizo cambia su velocidad de V_0 hacia abajo a V_f hacia arriba. Por tanto, el cambio de impulso del granizo es mayor. En consecuencia, un mayor impulso actúa sobre el granizo. El techo del automóvil experimenta una fuerza mayor. (Acción reacción)

Factores importantes que afectan el impulso y consecuentemente el momentum

$$J = F \Delta t$$

Para cambiar el impulso, son importantes dos cantidades: la fuerza aplicada al objeto y el tiempo que se aplica la fuerza.

Un gran impulso es causado por una gran fuerza que actúa durante un corto período de tiempo o una pequeña fuerza que actúa durante un largo período de tiempo.

Impulso angular - Teorema de la cantidad de movimiento

El impulso angular es el cambio de momento angular.

Ejemplo 4: Airbags: uso del teorema de impulso-momento para salvar vidas.



En una colisión, el automóvil y sus pasajeros cambian de impulso rápidamente. Un gran impulso detiene el automóvil.

$$\vec{F}\Delta t = \text{impulse} = \vec{J}$$

Para un cierto valor de impulso, en un automóvil donde un pasajero no está protegido por el cinturón de seguridad o una bolsa de aire, el pasajero podría golpear el tablero de instrumentos y detenerse muy rápidamente, posiblemente en 0,7 segundos.

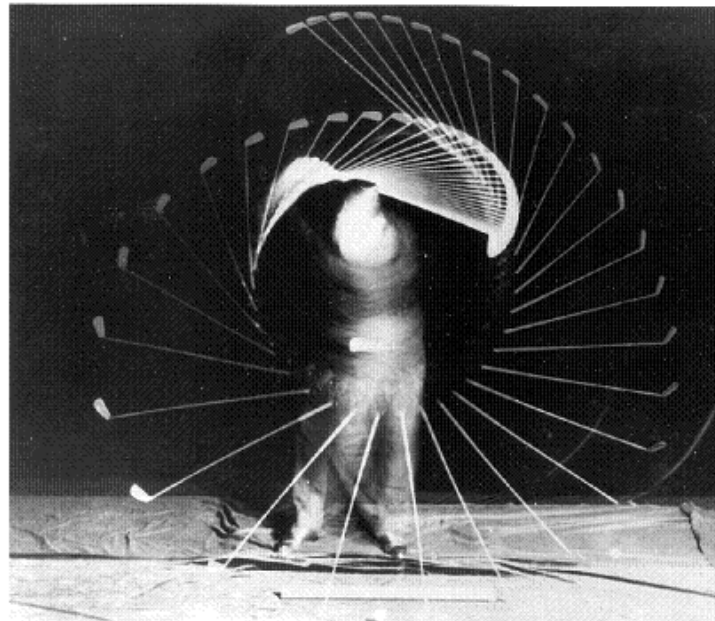
En una colisión similar, un pasajero protegido por una bolsa de aire sufriría el mismo cambio de impulso e impulso. Pero el airbag inflado hace que el pasajero se detenga mucho más lentamente (Δt).

¿Por qué?

El impulso o producto $F\Delta t$ es el mismo en ambos casos, con airbag o sin airbag. En el caso del airbag, cuanto mayor sea Δt , F será mucho menor. Por tanto, la fuerza (F) ejercida sobre el conductor se reducirá en gran medida con la bolsa de aire.

Ejemplo 5: Golpear una pelota de golf.

Para darle a una pelota de golf su máximo impulso, debe aumentar el impulso. Por lo tanto, debes golpear la pelota con fuerza y seguir adelante con tu swing. Seguir el swing mantiene el palo en contacto con la pelota el mayor tiempo posible. Esto aumenta el tiempo que se ejerce la fuerza sobre la pelota, lo que aumenta el impulso y, en consecuencia, aumenta el momento. Entonces, la pelota sale con su máxima velocidad.



References:

1) Humanic. (2013). www.physics.ohio-state.edu/~humanic/. In Thomas Humanic Brochure Page.

Physics 1200 Lecture Slides: Dr. Thomas Humanic, Professor of Physics, Ohio State University, 2013-2014 and Current. www.physics.ohio-state.edu/~humanic/

2) Cutnell, J. D. & Johnson, K. W. (1998). *Cutnell & Johnson Physics, Fourth Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

The edition was dedicated to the memory of Stella Kupferberg, Director of the Photo Department: “We miss you, Stella, and shall always remember that a well-chosen photograph should speak for itself, without the need for a lengthy explanation”

- 3) Martindale, D. G. & Heath, R. W. & Konrad, W. W. & Macnaughton, R. R. & Carle, M. A. (1992). *Heath Physics*. Lexington: D.C. Heath and Company
- 4) Zitzewitz, P. W. (1999). *Glencoe Physics Principles and Problems*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- 5) Schnick, W.J. (n.d.). *Calculus-based physics, A Free Physics Textbook*. Retrieved from <http://www.anselm.edu/internet/physics/cbphysics/index.html>
- 6) Nada H. Saab (Saab-Ismail), (2010-2013) Westwood Cyber High School, Physics.
- 7) Nada H. Saab (Saab-Ismail), (2009- 2014) Wayne RESA, Bilingual Department.