

Conservation of Momentum Conservación de momento

by

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

P3.3b Predict how the change in velocity of a small mass compares to the change in velocity of a large mass when the objects interact (e.g., collide).

P3.5a Apply conservation of momentum to solve simple collision problems.

Artículos:

- 1- Conservación del impulso
- 2- Colisión de dos objetos que se mueven en la misma dirección.
- 3- Colisión de dos objetos que se mueven en direcciones opuestas.
- 4- Colisión de dos objetos, uno en reposo y otro en movimiento.
- 5- Dos objetos partiendo en reposo y empujándose entre sí.

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DEL MOMENTO LINEAL

La ley de conservación del impulso es una de las leyes más importantes de la ciencia. Puede usarse para explicar qué sucede cuando los objetos chocan.

Si la fuerza externa neta (F_{net}) que actúa sobre un sistema de objetos es cero, entonces el momento lineal total (P_{total}) del sistema permanece sin cambios (constante).

La conservación del impulso lineal explica el movimiento de las bolas de billar después de la colisión del esparcimiento de los bolos por una bola de boliche.

Momento total antes de la colisión = Momento total después de la colisión

$$\vec{\mathbf{p}}_{total} \text{ (before the impact or collision)} = \vec{\mathbf{p}}_{total} \text{ (after the impact or collision)}$$

$$\vec{\mathbf{p}}_{total} \text{ (antes del impacto o colisión)} = \vec{\mathbf{p}}_{total} \text{ (después del impacto o colisión)}$$

La fuerza externa neta (F_{net}) es cero cuando el sistema de objetos está aislado. Esto significa que los objetos no son tirados ni empujados por nada fuera de su sistema. Está bien si se empujan y se jalan entre sí dentro del sistema.

Conservation of Momentum

When $\vec{F}_{net} = 0$ **then** \vec{P}_{total} is constant

Total momentum before the collision = Total momentum after the collision

$$\vec{\mathbf{p}}_{total} \text{ (before the collision)} = \vec{\mathbf{p}}_{total} \text{ (after the collision)}$$

Recall: \mathbf{P} is the momentum = $m v$,

Sum of all $(m \times v)$ (before the collision) = Sum of all $(m \times v)$ (after the collision)

Pasos para resolver problemas utilizando la ley de conservación de la cantidad de movimiento

Al aplicar la conservación del impulso:

- a) Defina el sistema aislado, donde la fuerza externa neta es cero.
- b) Dibuje dos imágenes: una para el sistema antes de la colisión y otra para el sistema después de la colisión.
- c) Defina qué dirección se elige como la dirección positiva, entonces la dirección opuesta sería la dirección negativa. El impulso tiene la misma dirección que la velocidad.
- d) escriba el enunciado de que la cantidad de movimiento total antes de la colisión es la misma que la cantidad de movimiento total después de la colisión.

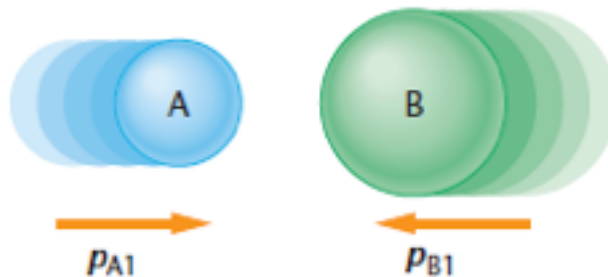
Total momentum **before** the collision = Total momentum **after** the collision

Momento total antes de la colisión = Momento total después de la colisión

- e) Escríbalo también como una ecuación. Resuelve la ecuación.

Ejemplo 1: Conservación del impulso de las bolas de billar.

Dos bolas de billar A y B se mueven hacia la colisión. El impulso de la bola A antes del choque es p_{A1} y el impulso de la bola B antes del choque es p_{B1} .

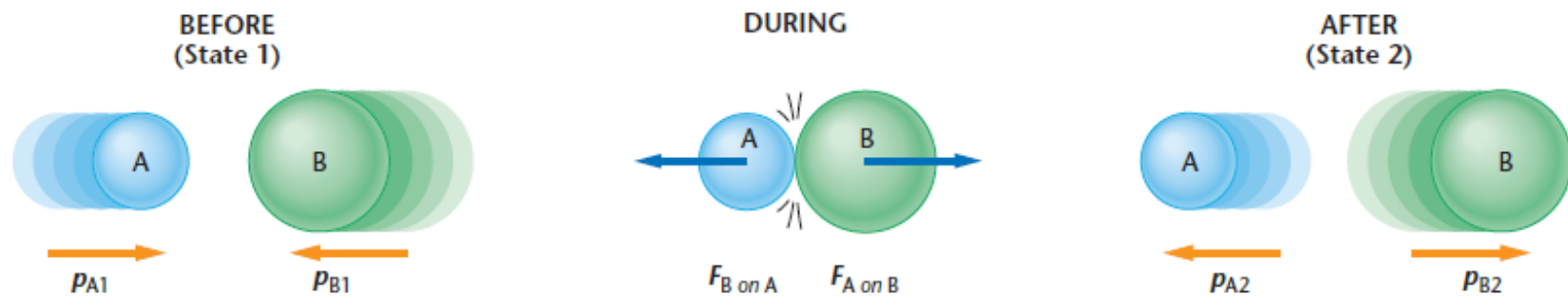


Compare el impulso de las bolas antes y después del choque. p_{B1} .

Pasos para solucionar el problema:

a) La fuerza neta que actúa sobre las dos bolas de arriba es cero. Entonces, el sistema está aislado.

b) Este es un esquema de la colisión con los dos estados: Estado 1 para antes de la colisión y Estado 2 para después de la colisión.



c) La dirección a la derecha es la dirección positiva. Entonces, la dirección hacia la izquierda es negativa. El impulso P tiene la misma dirección que la velocidad.

Entonces, P_{A1} es positivo y P_{B1} es negativo.

Entonces, P_{A2} es negativo y P_{B2} es positivo.

d) Cuando las dos bolas chocan, la cantidad de movimiento (p) se conserva o permanece igual.

Momento total antes de la colisión = Momento total después de la colisión

e) Ecuación:

$$P_{A1} + P_{B1} = P_{A2} + P_{B2}$$

Sum of all $(m \times v)$ (**before the collision**) = Sum of all $(m \times v)$ (**after the collision**)

Suma de todo $(m \times v)$ (antes de la colisión) = Suma de todo $(m \times v)$ (después de la colisión)

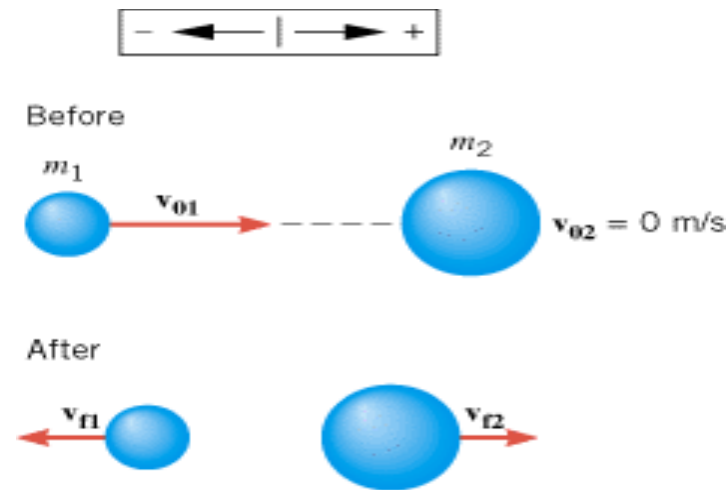
$$(m_{A1} \times v_{A1}) + (m_{B1} \times v_{B1}) = (m_{A2} \times v_{A2}) + (m_{B2} \times v_{B2})$$

Ejemplo 2: Una bola golpea a otra bola en reposo.

Antes: Una pelota de béisbol de masa m_1 (0.200 kg) que se mueve a una velocidad constante v_{01} (8.3 m / s) golpea una segunda pelota de masa m_2 (0.45 kg) que está en reposo ($v_{02} = 0$ m / s).

Después de la colisión, la bola entrante rebota directamente hacia atrás a una velocidad v_{f1} (3,2 m / s) y la segunda bola se mueve a una velocidad v_{f2} .

Calcule v_{f2} .



Data Table					
m_2	m_1	V_{02}	V_{01}	V_{f1}	V_{f2}
0.45 kg	0.200 kg	0 m/s	8.3 m/s	-3.2 m/s	?

a) La fuerza neta que actúa sobre las dos bolas es cero. Entonces, el sistema está aislado.

La dirección a la derecha es la dirección positiva.

Entonces, V_{01} es positivo.

V_{f1} es negativo y V_{f2} es positivo.

d) El impulso (p) se conserva o permanece igual.

Momento total antes de la colisión = Momento total después de la colisión

e) Ecuación:

Sum of all ($m \times v$) (before the collision) = Sum of all ($m \times v$) (after the collision)

Suma de todo ($m \times v$) (antes de la colisión) = Suma de todo ($m \times v$) (después de la colisión)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 \times v_{f1}) + (m_2 \times v_{f2})$$

(before the collision) (after the collision)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) - (m_1 \times v_{f1}) = m_2 \times v_{f2}$$

$$[(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) - (m_1 \times v_{f1})] / m_2 = v_{f2}$$

$$[(0.2 \times 8.3) + (0.45 \times 0) - (0.2 \times (-3.2 \text{ m/s}))] / 0.45 = v_{f2}$$

$$[1.66 \quad + 0 \quad + 0.64] \quad / 0.45 = v_{f2}$$

$$2.3 / 0.45 = v_{f2}$$

$$v_{f2} = 5.1 \text{ m/s}$$

La pelota se mueve con una rapidez de 5,1 m / s.

Ejemplo 3: colisión de dos objetos que se mueven en la misma dirección

Un vagón de ferrocarril cargado de 6000 kg de masa gira hacia la derecha a 3.0 m / s.

Choca y se acopla con un vagón de carga vacío de 3000 kg de masa, rodando hacia la derecha en la misma vía a 2,0 m / s (b). ¿Cuál es la velocidad y la dirección del par después de la colisión?



Data Table				
m_2	m_1	v_{02}	v_{01}	v_f
6000 kg	3000 kg	3.0 m/s	2.0 m/s	?

Pasos para solucionar el problema:

a) La fuerza neta que actúa sobre los dos vagones es cero. Entonces, el sistema está aislado.

b) Este es un esquema de la colisión con los dos estados: (a) para antes de la colisión y (b) para después de la colisión.



c) La dirección a la derecha es la dirección positiva. Entonces, la dirección hacia la izquierda es negativa. El impulso P tiene la misma dirección que la velocidad. Entonces, V_{01} y V_{02} son positivos.

d) Cuando los dos ferrocarriles chocan, el impulso (p) se conserva o permanece igual.

Momento total antes de la colisión = Momento total después de la colisión

e) Ecuación:

Sum of all (m X V) (**before the collision**) = Sum of all (m X V) (**after the collision**)

Suma de todo (m x v) (antes de la colisión) = Suma de todo (m x v) (después de la colisión)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 + m_2) \times v_f$$

$$(3000 \times 2.0) + (6000 \times 3.0) = (9000) \times v_f$$

$$6000 + 18000 = 9000 \times v_f$$

$$24000 = 9000 \times v_f$$

$$v_f = 24000/9000 = 2.66 \text{ m/s}$$

Entonces, la pareja se acopló y se movió hacia la derecha con una velocidad de 2.66 m / s.

Ejemplo 4: Colisión de dos objetos que se mueven en dirección opuesta

- a) Un vagón de ferrocarril cargado de 6000 kg de masa rueda hacia la derecha a 2.0 m / s. Otro vagón de carga vacío de 3000 kg de masa está rodando hacia la izquierda en la misma vía a 3.0 m / s.
- b) Chocan y se acoplan. ¿Cuál es la velocidad y la dirección del par después de la colisión?



Data Table					
m_2	m_1	v_{02}	v_{01}	v_f	$m_1 + m_2$
6000 kg	3000 kg	2.0 m/s	- 3.0 m/s	?	9000 kg

Pasos para solucionar el problema:

a) La fuerza neta que actúa sobre los dos vagones es cero. Entonces, el sistema está aislado.

b) Este es un esquema de la colisión con los dos estados: (a) para antes de la colisión y (b) para después de la colisión.



c) La dirección a la derecha es la dirección positiva. Entonces, la dirección hacia la izquierda es negativa. El impulso P tiene la misma dirección que la velocidad. Entonces, V_{02} es positivo y V_{01} es negativo.

d) Cuando los dos ferrocarriles chocan, el impulso (p) se conserva o permanece igual.

Momento total antes de la colisión = Momento total después de la colisión

e) Ecuación:

Sum of all (m X V) (**before the collision**) = Sum of all (m X V) (**after the collision**)

Suma de todo (m x v) (antes de la colisión) = Suma de todo (m x v) (después de la colisión)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 + m_2) \times v_f$$

$$(3000 \times (-3.0)) + (6000 \times 2.0) = (9000) \times v_f$$

$$- 9000 + 12000 = 9000 \times v_f$$

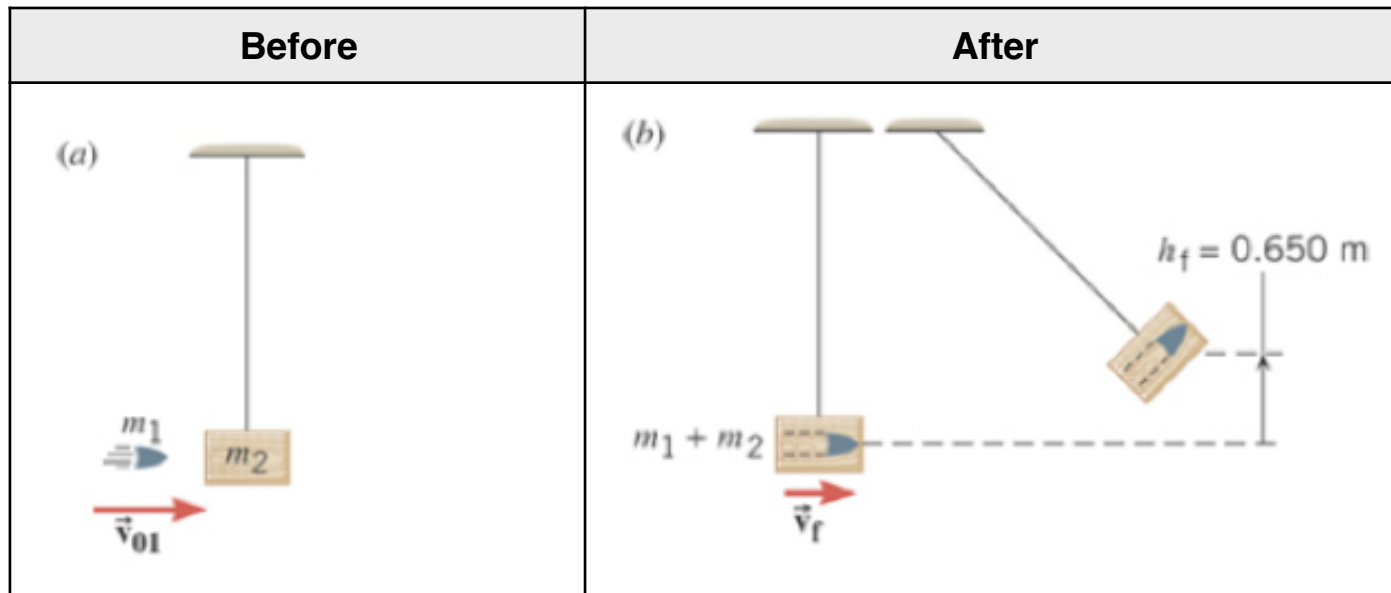
$$3000 = 9000 \times v_f$$

$$v_f = 9000/3000 = 0.33 \text{ m/s}$$

Entonces, el par se acopló y se movió hacia la derecha con una velocidad de 0.33 m / s

Ejemplo 5: Colisión de dos objetos, uno en movimiento y el otro en reposo.

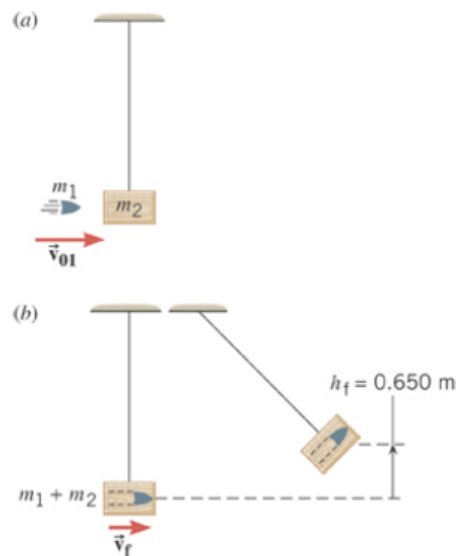
(a) Una bala de masa ($m_1 = 0.0100 \text{ kg}$) se dispara con una rapidez de ($v_{01} = 896 \text{ m / s}$) y choca con un bloque de madera de masa ($m_2 = 2.5 \text{ kg}$) en reposo ($v_{02} = 0 \text{ m / s}$) y suspendido por un alambre de masa despreciable. Después de la colisión (b), ambos se balancean a una altura de 0.0650 m . Encuentre la velocidad final (v_f) de la madera y la bala.



Data Table					
m_2	m_1	v_{02}	v_{01}	v_f	$m_1 + m_2$
2.5 kg	0.0100 kg	0 m/s	896 m/s	?	2.51 kg

Pasos para solucionar el problema:

- a) La fuerza neta que actúa sobre los dos vagones es cero. Entonces, el sistema está aislado.
- b) Este es un esquema de la colisión con los dos estados: (a) para antes de la colisión y (b) para después de la colisión.



c) La dirección a la derecha es la dirección positiva. Entonces, la dirección hacia la izquierda es negativa. El impulso P tiene la misma dirección que la velocidad.

e) Ecuación:

Sum of all (m X V) (**before the collision**) = Sum of all (m X V) (**after the collision**)

Suma de todo (m x v) (antes de la colisión) = Suma de todo (m x v) (después de la colisión)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 + m_2) \times V_f$$

$$(0.010 \times 896) + (2.5 \times 0) = (2.51) \times V_f$$

$$89.6 + 0 = (2.51) \times V_f$$

$$8.96 = (2.51) \times V_f$$

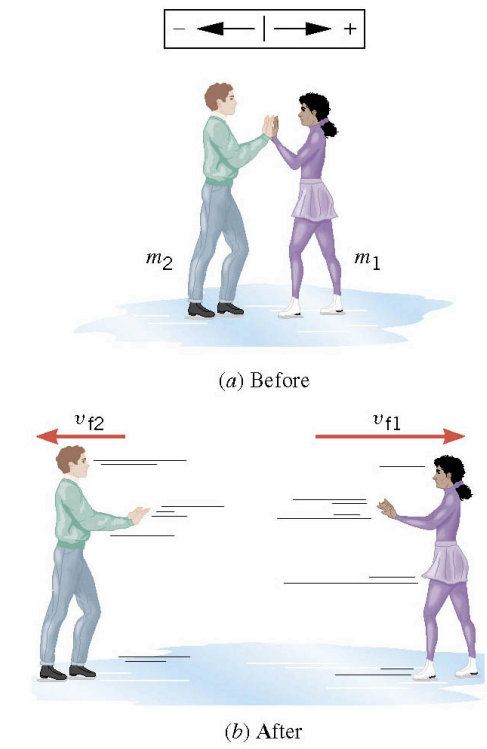
$$V_f = 89.6 / 2.51 = 3.569 \text{ m/s} = 3.57 \text{ m/s}$$

Entonces, después de la colisión, tanto el bloque de madera como la bala se mueven juntos hacia la derecha con una velocidad de 3.57 m / s.

Ejemplo 6: Comenzando en reposo, dos patinadores se empujan uno contra el otro.

Antes: Partiendo del reposo, dos patinadores se empujan uno contra el otro en el hielo donde la fricción es insignificante. La masa de la mujer es m_1 (54 kg) y la masa del hombre es m_2 (88 kg).

Después: La mujer se aleja con una velocidad v_{f1} (2.5 m / s) y el hombre con una velocidad v_{f2} en la dirección opuesta. Encuentra la velocidad del hombre.



Data Table					
m_2	m_1	V_{02}	V_{01}	V_{f1}	V_{f2}
88 kg	54 kg	0 m/s	0 m/s	2.5 m/s	?

a) La fuerza neta que actúa sobre las dos personas es cero. Entonces, el sistema está aislado.

b) La dirección a la derecha es la dirección positiva.

V_{f2} es negativo y V_{f1} es positivo.

c) Se conserva el impulso (p).

Momento total antes de alejarse = Momento total después de alejarse

d) Ecuación:

$$\text{Sum of all } (m \times v) \text{ (before)} = \text{Sum of all } (m \times v) \text{ (after)}$$

Suma de todo (m x v) (antes de la colisión) = Suma de todo (m x v) (después de la colisión)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 \times v_{f1}) + (m_2 \times v_{f2})$$

$$(m_1 \times 0) + (m_2 \times 0) = (54 \times 2.5) + (88 \times v_{f2})$$

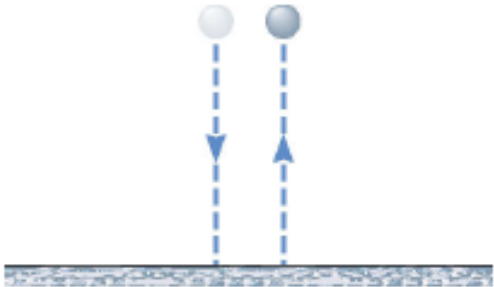
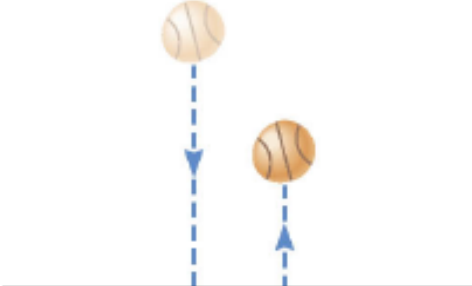
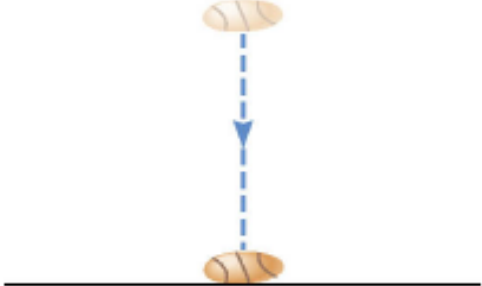
$$- (54 \times 2.5) = 88 \times v_{f2}$$

$$v_{f2} = -135 / 88 = - 1.5 \text{ m/s}$$

El hombre se mueve hacia atrás con una rapidez de 1,5 m / s.

Ejemplo 7: La ley de conservación del momento se usa para explicar qué tan rápido se mueven los restos inmediatamente después de la colisión. La conservación del impulso funciona igual de bien para describir explosiones.

Ejemplo 8: En cualquier tipo de colisión, el impulso siempre se conserva para un sistema aislado.

Elastic Collision	Inelastic Collision	Completely Inelastic Collision
 <p data-bbox="363 1044 600 1073">(a) Elastic collision</p>	 <p data-bbox="926 1027 1171 1057">(b) Inelastic collision</p>	 <p data-bbox="1440 1027 1822 1057">(c) Completely inelastic collision</p>
$\frac{1}{2} (m \times v_i^2) = \frac{1}{2} (m \times v_f^2)$	$\frac{1}{2} (m \times v_i^2) \neq \frac{1}{2} (m \times v_f^2)$	$v_f = 0 \text{ m/s}$

v_f ; speed after collision

v_i ; speed before collision

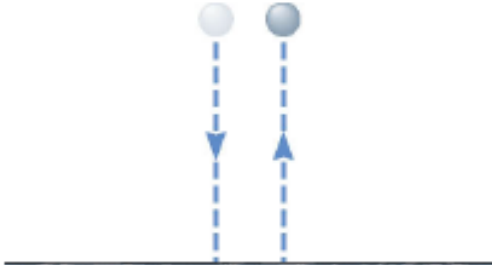
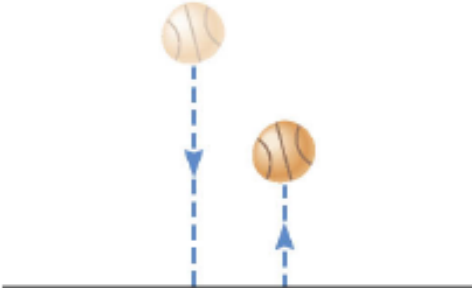
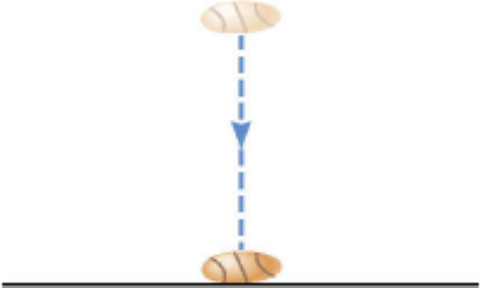
m ; mass of ball

v_f ; velocidad después de la colisión v_i ; velocidad antes de la colisión m ; masa de bola

Tipos de colisiones y energía cinética

Colisión elástica: una en la que la energía cinética total $[1/2 (m \times v^2)]$ del sistema después de la colisión es igual a la energía cinética total antes de la colisión.

Colisión inelástica: aquella en la que la energía cinética total del sistema después de la colisión no es igual a la energía cinética total antes de la colisión; si los objetos se pegan después de chocar, se dice que la colisión es completamente inelástica.

Elastic Collision	Inelastic Collision	Completely Inelastic Collision
 <p style="text-align: center;">(a) Elastic collision</p>	 <p style="text-align: center;">(b) Inelastic collision</p>	 <p style="text-align: center;">(c) Completely inelastic collision</p>
$1/2 (m \times v_i^2) = 1/2 (m \times v_f^2)$	$1/2 (m \times v_i^2) \neq 1/2 (m \times v_f^2)$	$v_f = 0 \text{ m/s}$

v_f ; speed after the collision v_i ; speed before the collision m ; mass of the ball
 v_f ; velocidad después de la colisión v_i ; velocidad antes de la colisión m ; masa de bola

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.