

# Física II - 510150

## Seminario 2: Conservación del Momentum Lineal y Colisiones.

### 1. Situaciones para análisis

---

#### Situación para análisis 1

La Fig.1 muestra el momentum lineal en función del tiempo  $t$ - gráfica  $p(t)$ - para una partícula que se mueve a lo largo del eje  $x$ . Una fuerza dirigida a lo largo del eje actúa sobre la partícula.

- (a) Ordene, de mayor a menor, las cuatro regiones indicadas de acuerdo a la magnitud de la fuerza.
- (b) ¿En qué región la partícula está moviéndose más lentamente?

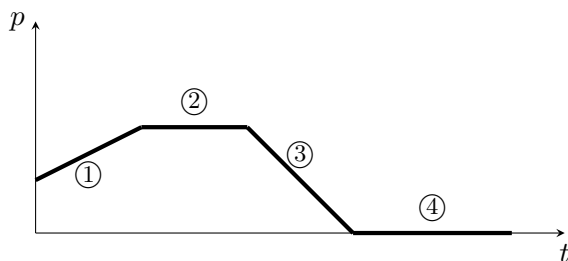


Figura 1: Esquema para la Situación 1.

---

#### Situación para análisis 2

Suponga que puede elegir entre atrapar una pelota de 0.50 kg de masa que se mueve con una rapidez de 4.0 m/s o, una de 0.10 kg de masa que se mueve con una rapidez de 20 m/s. ¿Cuál atraparía? Fundamente su respuesta.

---

#### Situación para análisis 3

Un paracaidista cuyo paracaídas falla al abrirse aterrizas sobre la nieve; ¡sufre lesiones leves! Si hubiera aterrizado sobre suelo firme, el tiempo de frenado habría sido 10 veces más corto y la colisión letal. La presencia de la nieve, ¿aumenta, disminuye o deja inalterado el valor de (a) el cambio en el momentum lineal del paracaidista, (b) el impulso de frenado del paracaidista y (c) la fuerza de frenado del paracaidista?

---

#### Situación para análisis 4

La Fig.2 muestra una vista frontal de una bola rebotando en el piso sin ningún cambio en su rapidez. Considere el cambio  $\Delta\vec{p}$  en el momentum lineal de la partícula. (a) ¿Es  $\Delta p_x$  positivo, negativo o cero? (b) ¿Es  $\Delta p_y$ , positivo, negativo o cero? (c) ¿Cuál es la dirección de  $\Delta\vec{p}$ ?

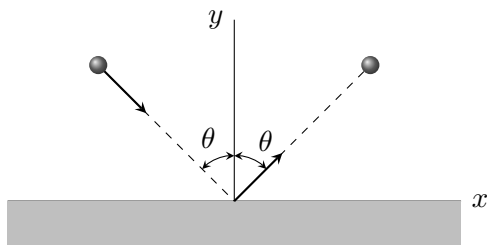


Figura 2: Esquema para la Situación 4.

**Situación para análisis 5**

Clasifique las siguientes situaciones de acuerdo con la magnitud del impulso de la fuerza neta, en orden decreciente. En cada situación un automóvil de 1000 kg se desplaza a lo largo de una carretera recta de este a oeste

- (a) El automóvil se desplaza inicialmente hacia el este a 25 m/s y se detiene en 10 s.
- (b) El automóvil se desplaza inicialmente hacia el este a 25 m/s y se detiene en 5 s.
- (c) El automóvil está inicialmente en reposo, y se le aplica una fuerza neta de 2000 N con dirección al este durante 10 s.
- (d) El automóvil se desplaza inicialmente hacia el este a 25 m/s y se le aplica una fuerza neta de 2000 N con dirección al oeste durante 10 s.
- (e) El automóvil se desplaza inicialmente hacia el este a 25 m/s. Durante un lapso de 30 s, el automóvil invierte su dirección y termina desplazándose hacia el oeste a 25 m/s.

---

**Situación para análisis 6**

Un dispositivo, inicialmente en reposo y que yace sobre un piso sin fricción explota en dos piezas, las cuales se deslizan a lo largo del piso. Una pieza desliza en la dirección positiva del eje- $x$ . (a) ¿Cuál es la suma de los momenta de las dos piezas después de la explosión? (b) ¿Puede la segunda pieza moverse a un cierto ángulo con respecto al eje- $x$ ? (c) ¿Cuál es la dirección del momentum de la segunda pieza?

---

**Situación para análisis 7**

La energía cinética de un objeto  $A$  es igual a la energía cinética de un objeto  $B$ . ¿De qué modo se comparan las magnitudes de sus cantidades de movimiento? (a)  $p_A < p_B$ , (b)  $p_A = p_B$ , (c)  $p_A > p_B$ , (d) No hay suficiente información para informar.

---

**Situación para análisis 8**

En la Fig.3 se muestra un ingenioso dispositivo que explica la conservación del momentum lineal y la energía cinética. Consiste de cinco bolas duras idénticas sostenidas por cuerdas ligeras y de igual longitud. A veces es un adorno en las casas, para aliviar el stress.

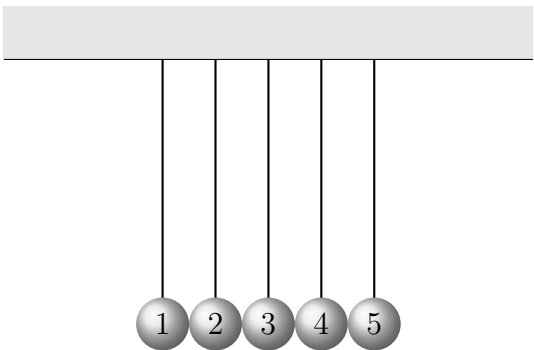


Figura 3: Esquema de un aliviador de stress.

Cuando la bola ① se retira hacia la izquierda y se libera, después de la colisión casi-elástica entre ella y la bola ②, la bola ① se detiene y la bola ② se mueve hacia afuera, como mostrado en la Fig.4.

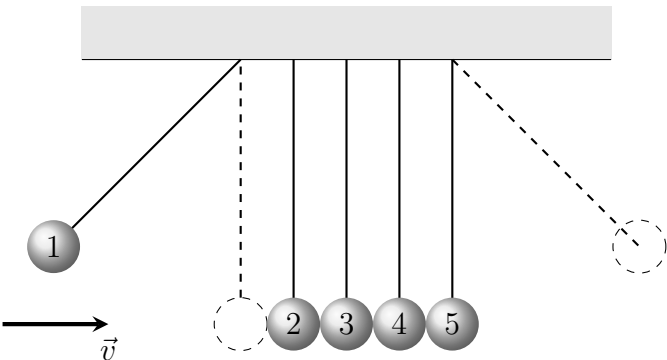


Figura 4: La bola ① se levanta hacia la izquierda, se suelta y se ve que la bola ⑤ se expulsa hacia la derecha.

Si la bola ① se libera y se detiene después de la colisión, ¿es posible que las bolas ④ y ⑤ sean expulsadas con la mitad de la rapidez de la bola ①, como mostrado en la Fig. 5? Suponga que la bola ① se detiene después de la colisión!

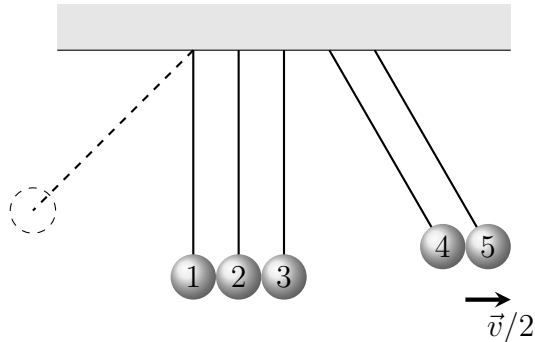


Figura 5: ¿Es posible que ocurra esto?

---

¿Qué sucedería si las bolas ④ y ⑤ estuvieran unidas con un pegamento, y la bola ① es alejada desde su posición de equilibrio y luego liberada? Suponga que la bola ① no se detiene después de la colisión!

---

### Situación para análisis 9

En una colisión en dos dimensiones entre un proyectil y un alvo en reposo el proyectil que se mueve a lo largo de la dirección positiva del eje- $x$  tiene un momentum lineal de  $6.0 \text{ kg m/s}$ . La componente en el eje- $x$  del momentum lineal final del proyectil es  $4.0 \text{ kg m/s}$  y la componente en el eje- $y$  del momentum lineal final del proyectil es  $-3.0 \text{ kg m/s}$ . Para el alvo, ¿cuáles son las componente de su momentum lineal final (a) en el eje- $x$  y, (b) en el eje- $y$ ?

---

### Situación para análisis 10

Dos discos de masas  $m_1$  y  $m_2$  yacen desconectados sobre una mesa sin rozamiento. Se ejerce una fuerza horizontal de magnitud  $F_1$  únicamente sobre  $m_1$ . ¿Cuál es el módulo de la aceleración del centro de masas de los discos?

- (a)  $\frac{F_1}{m_1}$                       (b)  $\frac{F_1}{m_1+m_2}$                       (c)  $\frac{F_1}{m_2}$                       (d)  $\frac{(m_1+m_2)F_1}{m_1m_2}$
- 

### Situación para análisis 11

Los dos discos de la Situación 10 están sobre una mesa sin rozamiento y conectados por un resorte de masa despreciable y constante de fuerza  $k$ . Se ejerce de nuevo una fuerza horizontal de magnitud  $F_1$  sobre  $m_1$ , alejándola de  $m_2$ . ¿Cuál es el módulo de la aceleración del centro de masas?

- (a)  $\frac{F_1}{m_1}$                       (b)  $\frac{F_1}{m_1+m_2}$                       (c)  $\frac{(F_1+kx)}{m_1m_2}$                       (d)  $\frac{(m_1+m_2)F_1}{m_1m_2}$

En (c)  $x$  es el aumento de la longitud del resorte.

---

## 2. Ejercicios

### Ejercicio 1

La Fig. 6 muestra una vista superior del camino seguido por un conductor y su auto de carrera colisionando con una pared lateral de la pista. Justo antes de la colisión, el auto estaba viajando con una rapidez  $v_i = 70 \text{ m/s}$  a lo largo de una línea recta formando un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a una línea paralela a la pared. Justo después de la colisión, el auto viajaba con una rapidez  $v_f = 50 \text{ m/s}$  a lo largo de una línea recta formando un ángulo de  $10^\circ$  con la línea paralela a la pared. La masa del conductor es de  $80 \text{ kg}$ .

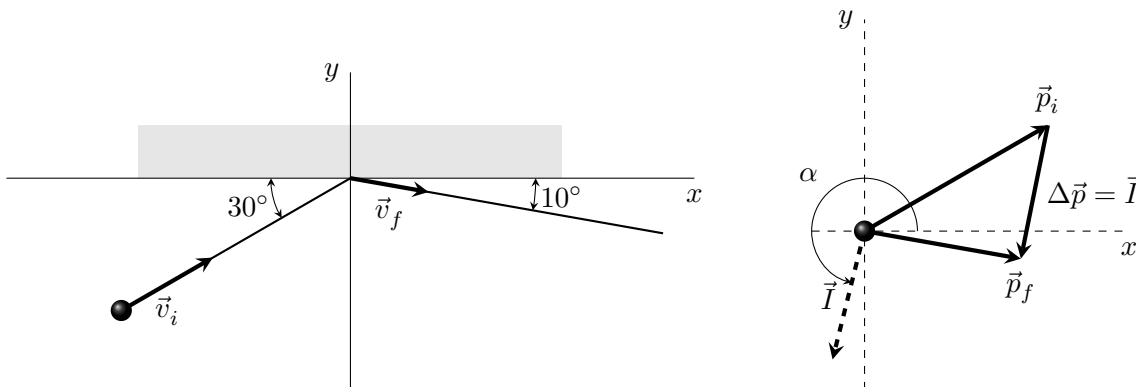


Figura 6: Un conductor y su auto colisionando con una pared lateral.

- ¿Cuál es el impulso sobre el conductor durante la colisión?
- ¿La colisión dura  $14 \text{ ms}$ . ¿Cuál es la magnitud de la fuerza media sobre el conductor durante la colisión?

**Respuestas:** (a)  $\vec{I} = (-9.0 \times 10^2 \hat{i} - 3.5 \times 10^3 \hat{j}) \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ;  $|\vec{I}| = 3.6 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ;  $\alpha = 256^\circ$ .

(b)  $F_{\text{prom}} = 2.6 \times 10^5 \text{ N}$ .

### Ejercicio 2

Un objeto de tres cuerpos, de masa total  $M$ , con un dispositivo explosivo en su interior, está en reposo sobre un piso sin fricción. El dispositivo explota repentinamente y el objeto se divide en tres piezas que se deslizan a través del piso. Una vista superior es mostrada en la Fig.7. La pieza  $c$ , de masa  $0.3M$ , tiene una velocidad final de magnitud  $v_{fc} = 5.0 \text{ m/s}$ .

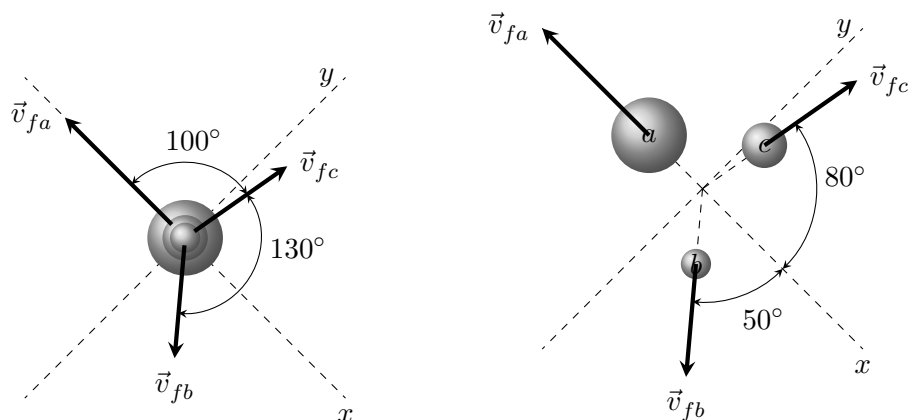


Figura 7: Fragmentación debido a una explosión.

(a) ¿Cuál es la velocidad de la pieza  $b$  de masa  $0.20M$ ?

(b) ¿Cuál es la velocidad de la pieza  $a$ ?

**Respuestas:** (a)  $\vec{v}_{fb} = (6.2\hat{i} - 7.4\hat{j}) \text{ m/s}$ . (b)  $\vec{v}_{fa} = -3.0\hat{i} \text{ m/s}$ .

---

### Ejercicio 3

Suponga que lanza una pelota de  $0.40 \text{ kg}$  de masa contra una pared. La pelota golpea la pared moviéndose horizontalmente hacia la izquierda a  $30 \text{ m/s}$  y rebota horizontalmente hacia la derecha con rapidez de  $20 \text{ m/s}$ .

(a) Calcule el impulso de la fuerza neta que la pared ejerce sobre la pelota durante el choque.

(b) Si la pelota está en contacto con la pared durante  $0.010 \text{ s}$ , calcule la fuerza horizontal promedio que la pared ejerce sobre la pelota durante el impacto.

**Respuestas:** (a)  $\vec{I} = (20 \text{ N s})\hat{i}$ . (b)  $\vec{F}_{\text{prom}} = (2.0 \times 10^3 \text{ N})\hat{i}$ .

---

### Ejercicio 4

En el capítulo de Conservación de la Energía se afirmó que la energía cinética de la Tierra puede ser ignorada cuando se considera la energía de un sistema que consiste de la Tierra de masa  $M$  y una esfera de masa  $m$  dejada caer libremente desde una cierta altura. Verifique esta afirmación encontrando la relación  $K_T/K_e$ , donde  $K_T$  es la energía cinética de la Tierra y  $K_e$ , la de la esfera. Considere que  $M \sim 10^{24} \text{ kg}$  y  $m \sim 10^0 \text{ Kg}$ .

**Respuesta:**  $K_T/K_e \sim 10^{24}$ .

---

### Ejercicio 5

Un péndulo balístico Fig.8 es un aparato que se usa para medir la rapidez de un proyectil, como una bala. Un proyectil de masa  $m$  se dispara hacia un gran bloque de madera de masa  $M$  suspendido de unos alambres ligeros. El proyectil se incrusta en el interior del bloque y todo el sistema se balancea hasta una altura  $h$ . Encuentre una expresión para determinar la rapidez del proyectil a partir de una medición de la altura  $h$ .

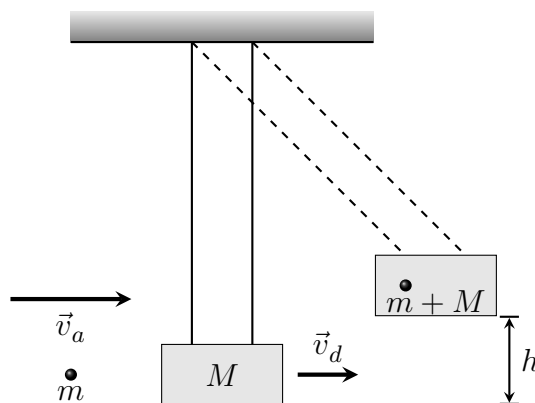


Figura 8: Esquema ilustrativo de un péndulo balístico.

**Respuesta:**  $v_a = [(m + M)/m]\sqrt{2gh}$ .

---

### Ejercicio 6

Un protón choca elásticamente con otro protón que se encuentra en reposo. El protón móvil tiene una rapidez inicial de  $3.50 \times 10^5 \text{ m/s}$  y colisiona oblicuamente con el segundo protón. (En separaciones cercanas, los protones ejercen una fuerza electrostática repulsiva mutua.) Después de la colisión, un protón se aleja formando un ángulo de  $37.0^\circ$  con su dirección inicial de movimiento, mientras que el segundo se desvía un ángulo  $\phi$ , hacia abajo, con el mismo eje. Encuentre las magnitudes de las velocidades finales de los protones y el ángulo  $\phi$ .

**Respuestas:**  $v_{p1f} = 2.80 \times 10^5 \text{ m/s}$ ;  $v_{p2f} = 2.10 \times 10^5 \text{ m/s}$ ;  $\phi = 53.4^\circ$ .

### Ejercicio 7

La Fig.3 muestra un choque elástico de dos discos de hockey en una mesa sin fricción. El disco  $A$  tiene una masa  $m_A = 0.50 \text{ kg}$ , y el  $B$ ,  $m_B = 0.30 \text{ kg}$ . El disco  $A$  tiene velocidad inicial de magnitud  $4.0 \text{ m/s}$  en la dirección positiva del eje- $x$ , y una velocidad final de magnitud  $2.0 \text{ m/s}$  en una dirección desconocida. El disco  $B$  está inicialmente en reposo. Calcule la rapidez final  $\vec{v}_{Bf}$  y los ángulo  $\alpha$  y  $\beta$  de la figura. **Respuestas:**  $v_{Bf} = 4.5 \text{ m/s}$ ;  $\alpha = 42^\circ$ ;  $\beta = 27^\circ$ .

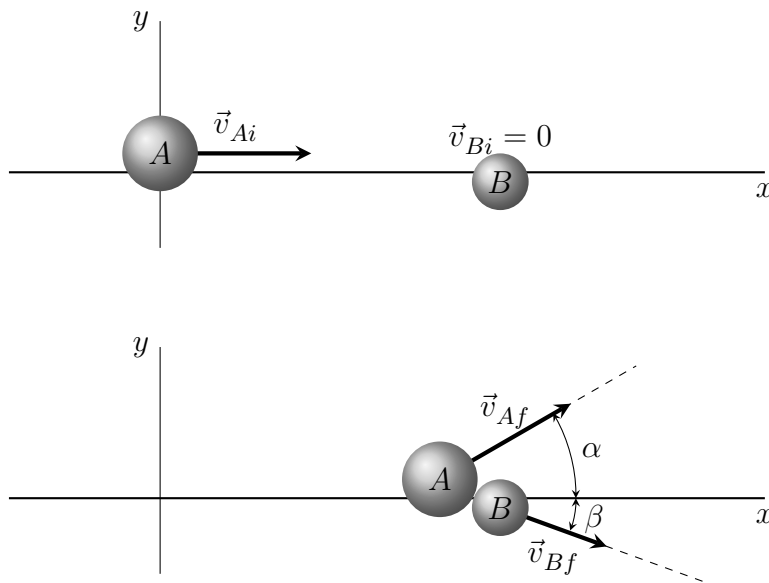


Figura 3: Choque elástico que no es frontal.

### Ejercicio 8

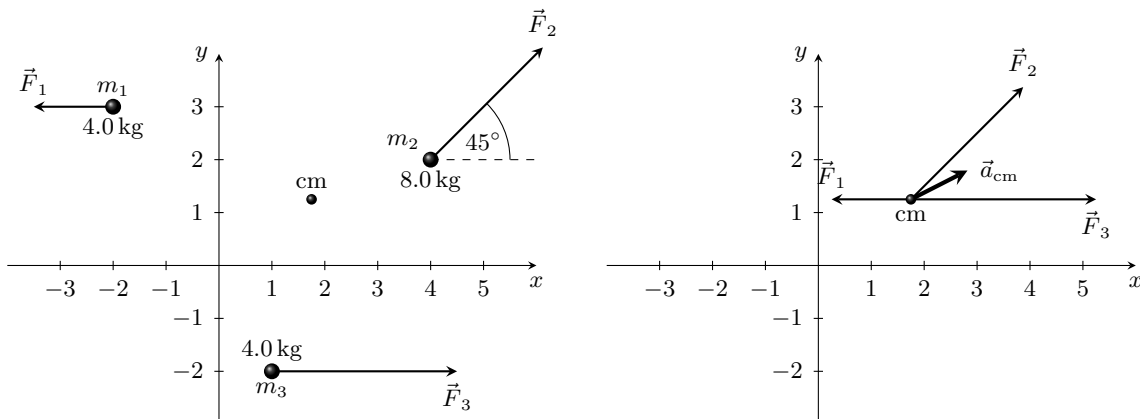
Tres partículas de masas  $m_1 = 1.2 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 2.5 \text{ kg}$  y  $m_3 = 3.4 \text{ kg}$  forman un triángulo equilátero de longitud de lado  $a = 1.4 \text{ m}$ . ¿Encuentre el vector posición del centro de masa del sistema?

*Pista:* Posicione la partícula de masa  $m_1$  en el origen de un sistema de coordenadas  $xy$  y la partícula de masa  $m_2$  a la distancia  $x = a$  desde y a la derecha de la partícula de masa  $m_1$ . Ubique la partícula de masa  $m_3$  en el primer cuadrante y correspondientemente para formar el triángulo equilátero. Haga un diagrama de la situación.

**Respuestas:**  $\vec{r}_{\text{cm}} = (0.83 \text{ m})\hat{i} + (0.58 \text{ m})\hat{j}$ .

### Ejercicio 9

Las tres partículas de la figura adjunta están inicialmente en reposo. Cada una de ellas experimenta una fuerza *externa* debido a cuerpos fuera del sistema de tres partículas. Las direcciones están indicadas, y las magnitudes son  $F_1 = 6.0 \text{ N}$ ,  $F_2 = 12 \text{ N}$  y  $F_3 = 14 \text{ N}$ .



(a) Determine el vector de posición del centro de masa.

- (b) Determine el vector aceleración del centro de masa del sistema.
- (c) Determine la magnitud del vector aceleración del centro de masa.
- (d) Determine la dirección en la cual se mueve el centro de masa del sistema.

**Respuestas:** (a)  $\vec{r}_{\text{cm}} = (1.8 \text{ m})\hat{i} + (1.2 \text{ m})\hat{j}$ . (b)  $\vec{a}_{\text{cm}} = (1.0 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (0.53 \text{ m/s}^2)\hat{j}$ .  
(c)  $|\vec{a}_{\text{cm}}| = 1.1 \text{ m/s}^2$ . (d)  $\theta = 28^\circ$ .

---