

UNIDAD 7: MOMENTO LINEAL, IMPULSO Y CHOQUES.

Introducción. Momento lineal o cantidad de movimiento e impulso. Segunda ley de Newton en términos del momento lineal. Teorema del impulso y el momento lineal. Comparación del momento lineal y energía cinética. Conservación del momento lineal. Fuerzas impulsivas. Conservación del momento lineal y choques. Choques elásticos e inelásticos. Choque totalmente inelástico. El péndulo balístico. Clasificación de choques. Choque elástico en dos dimensiones. Centro de masa. Movimiento del centro de masa. Dimensiones y unidades. Dimensiones y unidades

Los temas teóricos de la guía se encuentran en el libro *Física Universitaria del Sears Zemansky*.

Tema	Capítulo del libro
Cantidad de Movimiento Impulso y Choques	Capitulo 8: Cantidad de Movimiento Impulso y Choques

Libro alternativo: *Física Vol. 1 de Tipler-Mosca, (Capitulo 8) Conservación del momento lineal*

EJERCICIOS PARA RESOLVER EN CLASE

En todos los ejercicios se considera despreciable el rozamiento con el aire.

Resolver cuando corresponda con dos decimales y realizar los diagramas de cuerpo libre.

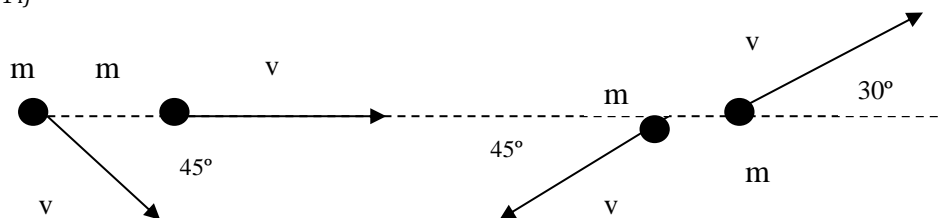
- 1) Una partícula de 3,0 kg tiene una velocidad de $(3,0i - 4,0j)$ m/s. Encontrar las componentes del momento lineal p_x , p_y y la magnitud de su momento total.

$$R: p_x = 9 \text{ (kgm/s)}; p_y = 12 \text{ (kgm/s)}; p = 15 \text{ (kgm/s)}$$

Comparar los resultados con el simulador **Laboratorio de colisiones**.

- 2) En la figura adjunta todas las partículas tienen la misma masa y la misma rapidez v , pero se mueven en distintas direcciones, como se indica en la figura. ¿Cuál es el momento lineal o cantidad de movimiento del sistema?

$$R: p = 1,866i - 0,914j$$



- 3) Un cuerpo de 4 kg de peso sometido a la acción de una fuerza neta durante un intervalo de 4 s, incrementa su velocidad en 6 m/s. Calcular el módulo de la fuerza.

$$R: F = 6N$$

- 4) Determinar la masa de una esfera metálica que por acción de una fuerza neta de 20 N durante 0,3 s adquiere una velocidad de 2 m/s.

$$R: m = 3kg$$

- 5) Se lanza verticalmente hacia arriba una pelota de 0,4 kg a una velocidad cuyo módulo es de 5 m/s. determinar:

- la cantidad de movimiento inicial de la pelota.
- su cantidad de movimiento cuando se encuentra en el punto más alto que alcanza.
- el impulso que actuó en el ascenso y el tiempo de ascenso.

- d) el impulso recibido por la pelota en su viaje de ida y vuelta.
 e) ¿En qué se modificarían los resultados anteriores si se arrojara una pelota de masa doble?
 f) Analizar ítems (d) y (e) si la pelota se lanza con un ángulo de 30° respecto a la horizontal.

R: a) $p_i = 2 \frac{kgm}{s}$; c) $I = -2 \frac{kgm}{s}$; t = 0,52s; d) $I = -4 \frac{kgm}{s}$

- 6) Un bloque de 2,00 kg. se mueve sobre una superficie horizontal sin fricción; en $t = 0$ s su velocidad es de $\mathbf{v} = (3,00 \text{ m/s}) \mathbf{i}$.

a) Calcular el vector velocidad después que se aplica una fuerza $\mathbf{F} = (5,00 \text{ N}) \mathbf{i}$, durante 4,00 s.

b) Si la fuerza $\mathbf{F} = -(7,00 \text{ N}) \mathbf{i}$ ¿qué rapidez final tiene el bloque?

R: a) $v_f = 13 \frac{m}{s} \mathbf{i}$; b) $v_f = -11 \frac{m}{s} \mathbf{i}$

- 7) Una persona golpea una pelota de golf con un palo del juego. La masa de la pelota es de 45 g y su radio de 2 cm. El alcance R del golpe es de 200 m y la pelota sale con un ángulo $\Theta = 15^\circ$ por sobre la horizontal. Calcular:

a) El impulso recibido por la pelota

b) El tiempo de colisión, suponiendo que el trayecto de contacto entre el palo y la pelota es equivalente al radio de la pelota.

c) La fuerza media aplicada a la pelota.

R: a) $I = 2,82 \frac{kgm}{s}$; t = $6,4 \times 10^{-4}$ s; c) $F = 4406,25 \text{ N}$

- 8) Una madre cree que su bebé que pesa 12 kg está más seguro en sus brazos que si viaja en la sillita con el cinturón puesto. Suponiendo que el auto viaja a 60 millas/hora y un impacto hace que el auto se detenga en 0,05 s, con los conocimientos que tienes de Física, que le dirías a ésta madre?

R: -6432N

- 9) En una fábrica de pelota para handball una máquina de pruebas de control de calidad impulsa pelotas de 0,15 kg hacia un muro. Una pelota impacta contra el muro a 9,5 m/s a 60° con la perpendicular y rebota formando un ángulo de 70° hacia arriba de la perpendicular (como se observa en la figura) a 9,0 m/s.

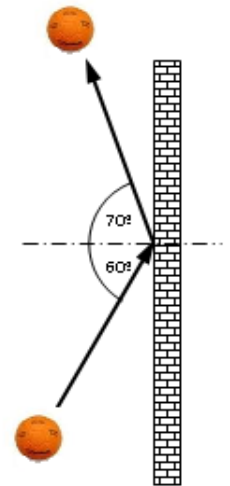
a) ¿Qué impulso suministra a la pared una pelota?

b) ¿Qué impulso suministra la pared a la pelota?

c) Si la pelota está en contacto $4,9 \times 10^{-3}$ s con el muro ¿qué fuerza media actúa sobre éste durante el impacto?

R: a) $I = 1,17 \frac{kgm}{s} \mathbf{i} - 0,03 \frac{kgm}{s} \mathbf{j}$; c) $F_m = (238,77 \mathbf{i} + 6,12 \mathbf{j}) \text{ N}$

Comparar los resultados con el simulador **Laboratorio de colisiones**



- 10) Una pelota de 0,45 kg rueda sobre una mesa horizontal a 1,5 m/s hasta que ingresa a una caja vacía de 0,35 kg que se encuentra sobre la mesa. La caja, con la pelota dentro, se desplaza sobre la mesa una distancia de 0,52 m. ¿Cuál es el coeficiente de rozamiento cinético entre la caja y la mesa?

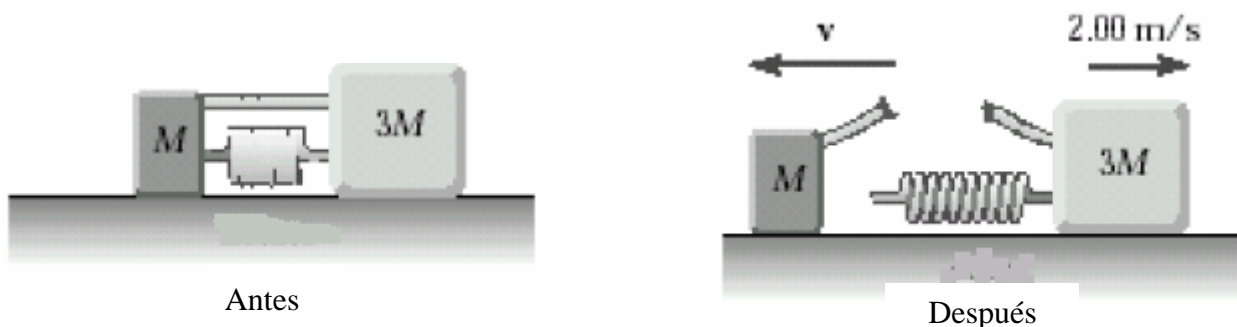
R: $\mu = 0,07$

- 11) Dos bloques de masas “M” y “3M” se encuentran sobre una superficie horizontal sin fricción. Se une a ambos bloques un resorte, de tal manera que se empujan juntos, con el resorte entre ellos. Una cuerda que inicialmente los mantiene unidos se quema y después de eso el bloque de masa 3M se mueve hacia la derecha con rapidez de 2 m/s.

a) ¿Cuál será la velocidad del bloque más pequeño?

b) Determinar la energía elástica original en el resorte si $M=0,35 \text{ kg}$.

R: a) $v = -6 \frac{m}{s}$; b) $U_k = 8,4 \text{ J}$



- 12) Un cuerpo de masa 8 kg, se mueve con una velocidad de 2 m/s sin que obre sobre él ningún agente externo. En cierto instante ocurre una explosión interna, separándose el cuerpo en dos fragmentos, cada uno de 4 kg de masa; el sistema de los dos fragmentos recibe como consecuencia de la explosión una energía cinética de traslación de 16 J; ninguno de los fragmentos cambia de dirección respecto a su movimiento original. Determinar la velocidad y sentido del movimiento de cada uno de los dos fragmentos después de la explosión.

R: $V_1=0$; $V_2=4\text{m/s}$

- 13) Dos partículas, una de las cuales tiene el doble de masa que la otra, se mantienen unidas por medio de un resorte comprimido entre ellas. La energía almacenada en el resorte es de 60 J. ¿Qué cantidad de energía cinética tendrá cada partícula cuando el resorte no se encuentre deformado?



R: $K_1 = 40\text{J}$; $K_2 = 20\text{J}$

- 14) Un automóvil de 1800 kg masa está detenido en un semáforo, en cierto instante la parte trasera del automóvil es golpeado por un auto de 900 kg masa, luego del choque los dos automóviles quedan enganchados. Si el automóvil más pequeño se movía a 20 m/s antes del choque. ¿Cuál es la velocidad de la masa enganchada después del impacto?

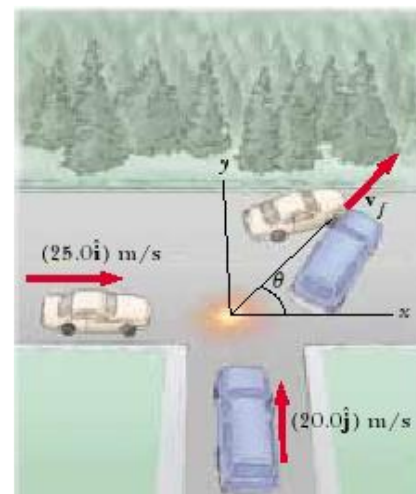
R: $V_f = 6,66 \text{ m/s}$

Comparar los resultados con el simulador **Laboratório de colisiones**

- 15) Un coche de 1500 kg que viajaba hacia el este a una velocidad de 25,0 m/s choco en la interseccion con un coche de 2500 kg que viajaba a 20,0 m/s en direccion norte como se ve en la figura. Hallar la velocidad final del conjunto (angulo y modulo) asumiendo choque perfectamente inelastico.

R: $V_f = 15,62 \text{ m/s}$; $\theta = 53,13^\circ$

Comparar los resultados con el simulador **Laboratório de colisiones**



- 16) Una bola de billar (B_1) se mueve a 5 m/seg, en determinado instante golpea una bola estacionaria (B_2) de la misma masa que B_1 . Después de la colisión, la B_1 se mueve a 4,33 m/s a un ángulo de 30 grados con respecto a la línea original del movimiento. Si la colisión es inelástica:

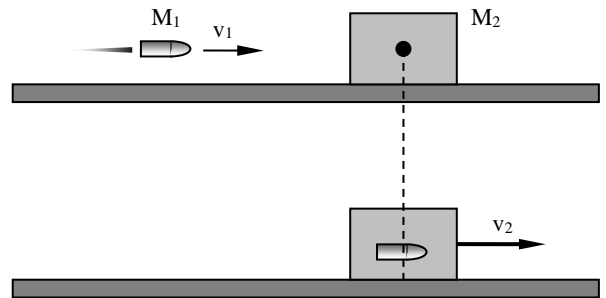
- Graficar la situación planteada.
- Determinar el ángulo con el que sale B_2 luego de la colisión.
- Determinar la velocidad de B_2 después de la colisión.

R: (b) $\theta = -60^\circ$, (c) $V_{f2} = 2,5 \text{ m/s}$

- 17) Sobre un trozo de madera cuya masa es 20 kg hacemos un disparo de fusil. Teniendo en cuenta que en el momento del impacto el proyectil (masa = 40 g) lleva una velocidad de 300 m/s y suponiendo que el proyectil quede incrustado en la madera, calcular la velocidad que adquiere el conjunto madera-proyectil y la distancia que recorre el sistema hasta detenerse si el coeficiente del rozamiento entre la madera y la superficie horizontal en que se apoya es 0,1.

R: $v_2 = 0,6 \text{ m/s}$; $x=0,18\text{m}$.

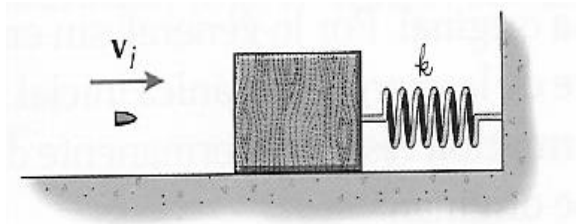
Comparar los resultados con el simulador **Laboratório de colisiones**



- 18) Un pequeño objeto que pesa 0,05 N se mueve con velocidad horizontal e impacta contra una bolsa de arena que pesa 9 N. El objeto logra atravesar la bolsa que está suspendido de una cuerda de 150 cm de longitud. Se observa que la bolsa se eleva a una altura de 0,6 cm y se desprecia la arena que cae.
- Determinar la velocidad del objeto cuando sale de la bolsa, si su velocidad inicial era de 300 m/s.
 - Si el mismo objeto con la misma velocidad inicial ahora queda incrustado en la bolsa, ¿Cuánto se elevará la bolsa?
 - Para los ítems (a) y (b) esquematizar los vectores velocidad, antes y después del impacto (inmediatamente y en el momento que la bolsa sube su altura máxima).

R: (a) $v_{02} = 238,3 \frac{m}{s}$; (b) $h = 0,14\text{m}$

- 19) Un bloque de madera de 0,30 kg está unido a un resorte de $k = 7500 \text{ N/m}$ como se muestra en la figura. El bloque está en reposo sobre una superficie horizontal lisa y recibe el impacto de una bala de 0,030 kg que lleva una velocidad inicial $V_i = 150 \text{ m/s}$. En el choque, la bala queda incrustada en la madera. Determinar:



- La velocidad del conjunto bloque-bala inmediatamente después del choque.
- La distancia que recorrerá el conjunto bloque-bala antes de detenerse por primera vez.

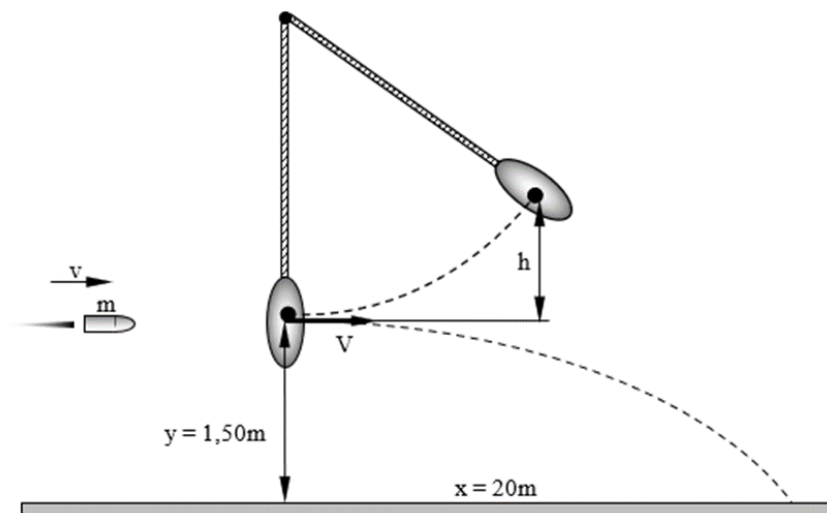
R: (a) $v_{\text{conjunto}} = 13,63 \frac{m}{s}$; (b) $x = 0,09\text{m}$

- 20) Dos cuerpos se mueven en el plano XY. El primero, cuya masa es de 3,5 kg, tiene velocidad $\mathbf{v}_1 = 3,0 \mathbf{i} + (-4,2) \mathbf{j}$ (m/s); el segundo, cuya masa es de 1,2 kg, tiene velocidad $\mathbf{v}_2 = 4,5 \mathbf{i} + 8,0 \mathbf{j}$ (m/s).
- ¿Cuál es la cantidad de movimiento total del sistema?
 - Si se observa el sistema en un momento posterior, se ve que el cuerpo de 3,5 kg tiene una velocidad $\mathbf{v}_1 = 6,4 \mathbf{i}$ (m/s) ¿Cuál es la velocidad \mathbf{v}_2 del bloque 2?
 - Calcular la energía cinética del sistema en los dos instantes.
 - Calcular la velocidad del centro de masa.

R: a) $\mathbf{p}_{\text{sist}} = 15,9 \mathbf{i} - 5,1 \mathbf{j}$; b) $\mathbf{v}_2 = -5,42 \mathbf{i} - 4,25 \mathbf{j}$ (m/s); d) $\mathbf{V}_{\text{cm}} = 3,38 \mathbf{i} - 1,08 \mathbf{j}$ (m/s)

Comparar los resultados con el simulador **Laboratorio de colisiones**

- 21) Un hombre está parado en una plancha de hielo, la fricción entre los pies y el hielo es insignificante. Un amigo le lanza un balón de 0,40 kg que viaja horizontalmente a 10,0 m/s. La masa del primer hombre es de 70,0 kg. Si el hombre atrapa el balón ¿con qué rapidez se moverán ambos después?
- 22) Se deja caer una pelota de 120 g desde una altura de 4,8 m sobre un piso duro y rebota hasta la misma altura.
- ¿Cuál es el impulso recibido por la pelota?
 - ¿Cuál es la fuerza promedio sobre la pelota durante los 0,013 s que estuvo la pelota en contacto con el piso?
- 23) Una pelota de golf de 0,05 kg de masa que está en su apoyo (tee), es golpeada por un palo de golf. La velocidad al dejar el tee es de 100 m/s.
- ¿Cuál es el impulso?
 - Si el tiempo de contacto entre el palo y la pelota es de 0,02 s ¿cuál es la fuerza media aplicada?
 - Si la fuerza disminuye a 0 linealmente con el tiempo, durante los 0,02 s ¿cuál es el valor de la fuerza al principio del contacto?
- 24) Una vasija que está en reposo, explota rompiéndose en tres fragmentos. Dos de ellos, que tienen igual masa, vuelan perpendicularmente entre sí y con la misma rapidez de 30 m/s. El tercer fragmento tiene tres veces la masa de cada uno de los otros dos. ¿Cuál es la dirección y la magnitud de su velocidad inmediatamente después de la explosión?
- 25) Una bola de acero, cuya masa es de 500 g, cae sin velocidad inicial desde una altura desconocida sobre un plano horizontal. La velocidad en el momento del choque es de 44,25 m/s.
- ¿Desde qué altura cae la bola?
 - Si después del choque la bola asciende hasta una altura de 15 m, ¿qué cantidad de calor se desprendió en el choque?
 - ¿Qué tipo de choque es?
- 26) Sobre un saquito de arena de 4 kg de masa pendiente de un hilo se dispara un fusil cuya bala tiene una masa de 40 g. La bala atraviesa el saquito y recorre una distancia de 20 m antes de pegar en el suelo que se encuentra a 1,5 m por debajo del impacto en el saquito. El saquito oscila experimentado un desplazamiento vertical de 30 cm. Calcular la velocidad de la bala en momento del impacto.

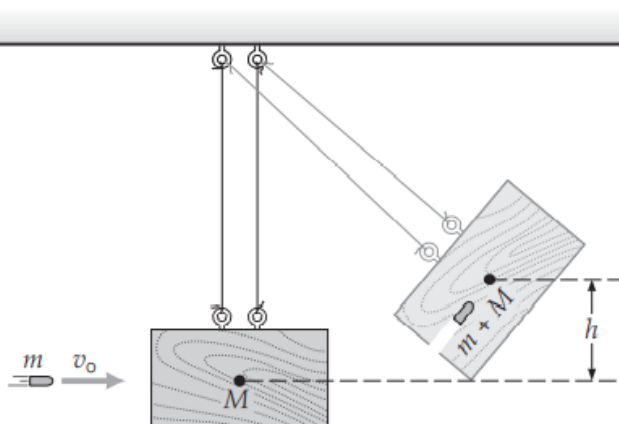


- 27) Una bola de billar originalmente tenía una velocidad de $\mathbf{v}_0 = 1,80 \text{ m/s } \mathbf{i}$ (m/s) y pega a una bola estacionaria de la misma masa. Después de la colisión, la primera bola tiene velocidad: $\mathbf{v}_1 = 1,44 \mathbf{i} + 0,72 \mathbf{j}$ (m/s).
- ¿Cuál es la velocidad de la segunda bola?
 - ¿Es elástica la colisión?

EJERCICIOS PROPUESTOS

Cuando sea posible Comparar los resultados con el simulador Laboratorio de colisiones u otro de su preferencia.

- 28) Dos discos de un juego de mesa de igual masa, uno naranja y el otro amarillo, sufren una colisión indirecta perfectamente elástica. El disco amarillo está inicialmente en reposo y es golpeado por el disco naranja que se mueve con una velocidad de 5,00 m/s. Después del choque el disco naranja se mueve por una dirección que forma un ángulo de 37° con su dirección inicial del movimiento, y la velocidad del disco amarillo es perpendicular a la del disco naranja (después del choque). Determinar la velocidad final de cada disco.
- 29) En un instante determinado tres partículas de 2, 3 y 1 kg de masa poseen las velocidades $\mathbf{v}_1 = 3 \mathbf{i} - 2 \mathbf{j}$ (m/s), $\mathbf{v}_2 = 3 \mathbf{i} - 2 \mathbf{j}$ (m/s) y $\mathbf{v}_3 = \mathbf{i} - \mathbf{j}$ (m/s) respectivamente. Calcular:
- La velocidad del centro de masa en ese momento.
 - El momento lineal del sistema.
 - Las velocidades de las partículas referidas al CM como origen.
- 30) Dos esferas de masas m y $2m$ se encuentran suspendidas de dos hilos inextensibles de 1m de longitud. Se separa la esfera de masa “ m ” de su posición de equilibrio una cantidad de 60° , manteniendo el hilo extendido y en el mismo plano vertical que el otro hilo. Luego, dicha esfera se suelta desde el reposo y colisiona con la esfera de masa $2m$, se escucha un fuerte ruido y se asume que hubo pérdida de energía. Se observa que la esfera de masa “ m ” luego del impacto alcanza una altura máxima de 2 cm. Determinar:
- La velocidad de ambas esferas inmediatamente después del choque.
 - La altura que alcanza la esfera con masa $2m$ después del choque.
- 31) Un péndulo balístico es un dispositivo para medir la velocidad de un proyectil, por ejemplo, la velocidad inicial de una bala de rifle. El proyectil se dispara horizontalmente contra la pesa de un péndulo en la cual se incrusta, como se muestra en la figura. El péndulo oscila hasta cierta altura h , la cual se mide. Se conocen las masas del péndulo y la bala.



Si una bala de rifle de $m = 10 \text{ g}$ se dispara a $v_0 = 380 \text{ m/s}$ contra un péndulo balístico de $M = 5 \text{ kg}$ suspendido de un cordón de 70 cm de longitud.

- ¿Cuál la energía cinética inicial de la bala?
- Determinar la velocidad del péndulo y bala inmediatamente después de que la bala se incrusta en el péndulo.
- ¿Cuál es la energía cinética de la bala y el péndulo inmediatamente después de que la bala se incrusta en el péndulo?
- Averiguar la distancia vertical que sube el péndulo.
- Utilizando los principios de conservación de la cantidad de movimiento y de la energía, demuestre que la velocidad inicial del proyectil está dada por:

$$v_0 = \left[\frac{(m + M)}{m} \right] \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$