

FISICA I

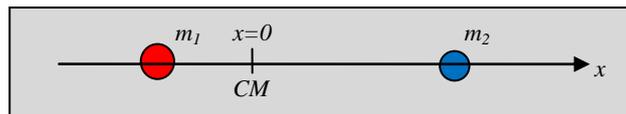
Licenciatura y Profesorado en Química y Licenciatura en Biotecnología

TEMA 8: Momento lineal p. Impulso J. Conservación del momento total. Centro de masas. Sistemas de masa variable.

Los ejercicios marcados al final de la guía con () los resuelven como tarea práctica individual de repaso. Las preguntas teóricas se plantean como materia de estudio.*

- Teoría.

- i) Si un camión grande choca con un auto más liviano, es probable que los ocupantes del auto sufran mayores efectos. ¿Por qué sucede esto?
- ii) Si un vidrio cae al suelo, es más probable que se rompa si el piso es de cemento que si es de madera. ¿Por qué?
- iii) Se dispara un arma y las balas se dirigen hacia una placa de acero. La fuerza media que por los impactos actúa sobre la placa ¿es mayor si las balas rebotan o si se aplastan y adhieren a la placa? Explique su respuesta.
- iv) Dos masas m_1 y m_2 tal que $m_1 > m_2$, se encuentran alineadas en el eje x . El centro de masas ($C.M.$) se encuentra ubicado en algún punto entre ellas. a) Escriba la expresión del $C.M.$ respecto de un origen arbitrario. b) Suponga ahora que elige el origen del eje (valor $x=0$) donde está el $C.M.$. Usando el resultado de que $x_{CM} = 0$ determine si el $C.M.$ se encuentra más cerca o más lejos de m_1 que de m_2 .



- v) Si dos partículas están originalmente quietas y luego se mueven sin presencia de fuerzas externas ¿qué sucede con la posición del $C.M.$? ¿Qué sucede con el $C.M.$ si se estaban moviendo y cambian sus movimientos sólo por fuerzas internas?
- vi) Escribir la ley de Newton en forma vectorial cuando un sistema tiene masa variable. Expresar de manera breve pero lo más clara posible el significado de cada término.

- Momento lineal p. Cambio de momento lineal.

8.1) Usar fórmulas de velocidad cuando $\mathbf{a} = \text{constante}$. Usar $\mathbf{p} = (mv_x)\mathbf{i} + (mv_y)\mathbf{j}$.

Un disco de 0.16 kg de masa se mueve en una superficie horizontal sin fricción. En $t = 0$ tiene una velocidad $\mathbf{v} = (3 \text{ m/s})\mathbf{i}$. a) Calcular el módulo del vector momento \mathbf{p} del disco. Dar dirección y sentido. b) Si durante un intervalo de tiempo $\Delta t = 0.05 \text{ s}$ se aplica una fuerza $\mathbf{F}_1 = (25 \text{ N})\mathbf{i}$, calcular el módulo del momento del disco después que se aplicó la fuerza. Dar dirección y sentido. c) Si durante un intervalo de tiempo $\Delta t = 0.05 \text{ s}$ se hubiera aplicado la fuerza $\mathbf{F}_2 = (25 \text{ N})\mathbf{j}$, calcular el módulo y dirección del momento, después que se aplicó la fuerza. d) Si durante un intervalo de tiempo $\Delta t = 0.05 \text{ s}$ se hubiera aplicado la fuerza $\mathbf{F}_3 = (12.5 \text{ N})\mathbf{i} + (-12.5 \text{ N})\mathbf{j}$, calcular el módulo y dirección del momento, después que se aplicó la fuerza.

8.2) Usar $P_x = p_{1x} + p_{2x}$, $P_y = p_{1y} + p_{2y}$. Usar para el módulo y dirección las fórmulas para vectores.

Dos vehículos se aproximan a una intersección de calles. Uno es una camioneta de 2500 kg que tiene una velocidad $\mathbf{v}_C = (-14 \text{ m/s})\mathbf{i}$ y el otro es un automóvil de 1300 kg que viaja con $\mathbf{v}_A = (23 \text{ m/s})\mathbf{j}$. a) En un sistema de ejes x e y determine las componentes x e y del momento lineal total del sistema de dos partículas. b) Calcular la magnitud y dar la dirección del momento lineal total. c) Si la camioneta dobla hacia su derecha y sigue con igual módulo de velocidad v_C y el automóvil dobla hacia su izquierda y continúa con igual módulo de velocidad v_A , determine las nuevas componentes x e y del momento lineal total del sistema de dos partículas. d) Calcular el cambio $\Delta \mathbf{P}$ del sistema y dibuje los tres vectores.

- Conservación del momento lineal.

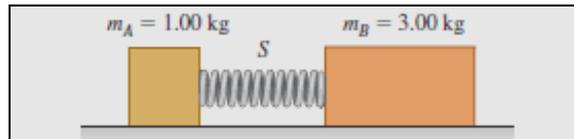
8.3) Usar $P_{ix} = P_{fx}$.

Un hombre de 72.5 kg está en reposo sobre un pequeño vagón de 38.6 kg que se desplaza a una velocidad constante de 2.36 m/s . Calcular la velocidad del vagón, en las siguientes situaciones diferentes: a) salta de él de manera tal que cae al suelo con una componente horizontal de la velocidad aproximadamente igual a cero; b) el hombre salta y

cuando toca al suelo, continúa moviéndose horizontalmente con igual sentido a una velocidad de 1.2 m/s ;
 c) el hombre camina por la cubierta del vagón desde la parte de atrás hacia la parte delantera a una velocidad relativa de 1.2 m/s . d) el hombre camina por la cubierta del vagón desde la parte de adelante hacia la parte de atrás a una velocidad relativa de 1.2 m/s . e) ¿Por qué no se puede analizar de igual manera la componente vertical P_y ?

8.4) Usar $P_{ix} = P_{fx}$.

El bloque A de la figura tiene una masa de 1 kg y el B de 3 kg . A y B se juntan comprimiendo un resorte S entre ellos que no está unido a los objetos y cae al suelo después de extenderse y empujar a los objetos. Las masas se sueltan desde el reposo y el bloque B adquiere una velocidad $\mathbf{v}_B = (1.2 \text{ m/s})\mathbf{i}$. No hay fricción entre los bloques y la superficie horizontal. a) Calcular la velocidad del bloque A. Dar dirección y sentido. b) Calcular la energía potencial almacenada originalmente en el resorte comprimido. c) Porqué debe suponerse que no hay fricción entre los bloques y la superficie para resolver por conservación de momento lineal?



8.5) Usar $P_{ix} = P_{fx}$ en cada disparo.

Un vagón con una plataforma abierta, avanza sobre una vía plana sin fricción a una velocidad de 45 m/s . Sobre él está montado un cañón que apunta hacia delante y que dispara balas de 65 kg con una velocidad inicial de 625 m/s respecto de la boca del cañón. La masa total del vagón, cañón y del suministro de balas es de 3500 kg . a) Cuando se dispara la primera bala, calcular la nueva velocidad del vagón. b) Cuando se dispara la segunda bala, calcular nuevamente la velocidad del vagón. c) ¿Cuántas balas deben dispararse para que el vagón se aproxime al reposo?

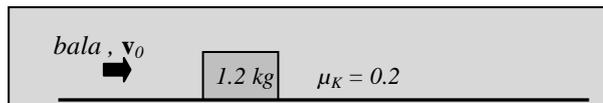
8.6) Usar $p_{1x} + p_{2x} + p_{3x} = 0$ y $p_{1y} + p_{2y} + p_{3y} = 0$.

Un vaso inicialmente en reposo, explota en tres pedazos. Dos de ellos, uno con el doble de masa que el otro, saltan perpendiculares entre sí con la misma velocidad $v_1 = 31.4 \text{ m/s}$. El tercero, tiene triple masa que el más liviano. a) Plantee la conservación de la cantidad de movimiento de los tres pedazos en dos ejes perpendiculares. b) Determine la magnitud y dirección de la velocidad del tercer pedazo después de ocurrida la explosión del vaso. (Tome como eje $+x$ el movimiento de la masa menor).

- Colisiones entre cuerpos (choques) y conservación del momento lineal.

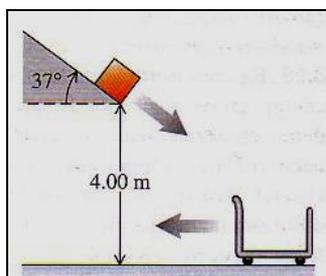
8.7) Usar $P_{ix} = P_{fx}$. Usar además $W = \Delta K$. (Choque completamente inelástico).

Se dispara horizontalmente \mathbf{v}_0 una bala de 5 g contra un bloque de 1.2 kg en reposo sobre una superficie suavemente rugosa. La bala queda incrustada en el bloque que se desliza 0.46 m y se detiene. El coeficiente de fricción cinético μ_K es igual a 0.1 . a) Calcular por el teorema del trabajo y la energía cinética, la velocidad inicial cuando el bloque arranca su movimiento. b) Calcular la velocidad \mathbf{v}_0 con que la bala golpea al bloque por la ley de conservación $P_{ix} = P_{fx}$. c) Calcule y compare las energías cinéticas de la bala y el bloque. ¿Por qué no son iguales?



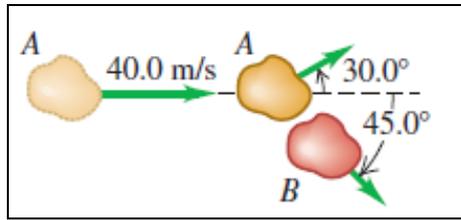
8.8) Usar $P_{ix} = P_{fx}$. (Choque completamente inelástico).

Un carrito abierto de 50 kg , está moviéndose sin fricción hacia la izquierda a una velocidad de 5 m/s . Un paquete de 15 kg baja por una rampa de 37° y sale de ella a una velocidad de 3 m/s . El paquete cae dentro del carrito y siguen moviéndose juntos. La parte inferior de la rampa está a 4 m del nivel del suelo. a) Calcular las componentes y el módulo del momento lineal del paquete cuando impacta al carrito. b) Plantear la conservación de la cantidad de movimiento en el eje horizontal y calcular a qué velocidad en esa dirección se moverán juntos el carrito y el paquete. c) ¿A qué velocidad debería salir de la rampa el paquete para impactar con el carrito y detenerlo?



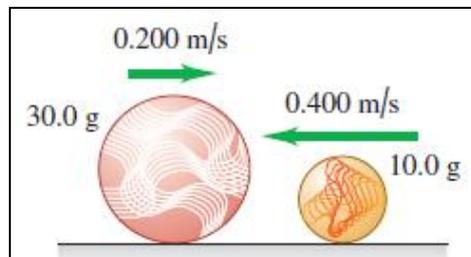
8.9) Usar $P_{ix} = P_{fx}$ y $P_{iy} = P_{fy}$. (Choque inelástico).

Dos asteroides de igual masa, chocan rozando sus superficies. El asteroide A que inicialmente viajaba a 40 m/s se desvía 30° respecto a la dirección original mientras que el B que inicialmente viajaba en la misma dirección que A a muy baja velocidad ($v_B \approx 0$), se desvía a 45° de la dirección original. a) Calcule la magnitud de las velocidades finales de cada asteroide, después que se rozaron. b) Calcular la fracción $K_{final} / K_{inicial}$ de energía cinética que se disipa en el choque y la pérdida de energía $\Delta K = K_{final} - K_{inicial}$.



8.10) Usar $P_{ix} = P_{fx}$. (Choque elástico).

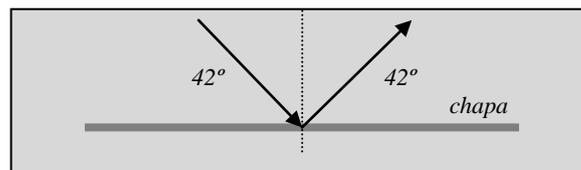
Una bolita de 10 g se desliza (y no rueda) a la izquierda a 0.4 m/s sobre una superficie horizontal sin fricción. Choca con otra bolita de 30 g que se desliza (y no rueda) hacia la derecha a 0.2 m/s . Después del choque, la bolita mayor se mueve hacia la izquierda a 0.1 m/s . a) Determine la magnitud y sentido de la velocidad v_B de la bolita más pequeña después del choque. b) Calcule el cambio de momento lineal ($p_{final} - p_{inicial}$) para cada bolita. c) Calcule el cambio de energía cinética de cada bolita. Compare los resultados obtenidos.



- Cambio de momento lineal $\Delta \mathbf{p}$. Impulso: $\mathbf{J} = \int \mathbf{F} dt \approx \mathbf{F}_{media} \Delta t = \Delta \mathbf{p}$.

8.11) Calcular componentes de \mathbf{p}_i y \mathbf{p}_f . Calcular la diferencia de vectores $\Delta \mathbf{p}$.

Un objeto de 0.4 kg con una velocidad de 31.5 m/s , choca contra una chapa de acero en ángulo de 42° con la horizontal. Rebota con igual módulo de velocidad e igual ángulo. a) ¿Cuáles son la magnitud y dirección del cambio de momento lineal $\Delta \mathbf{p}$? b) ¿Qué componente se conserva? ¿Qué indica esta conservación? c) Si rebota con igual ángulo pero con módulo de velocidad igual a $|\mathbf{v}_f| = 26.5 \text{ m/s}$ ¿cómo cambiarían las respuestas al problema?



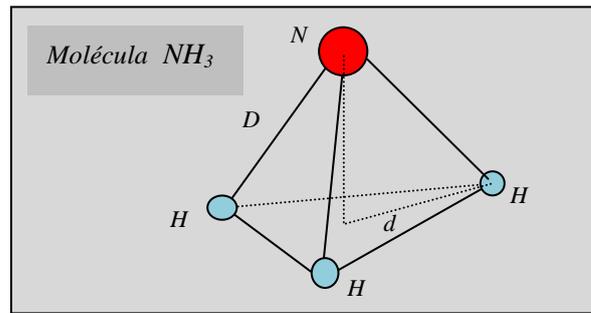
8.12) Usar la expresión vectorial $\mathbf{F}_{media} \Delta t = \Delta \mathbf{p}$.

Se aplica una fuerza promedio de 984 N a una bolita de acero de 420 g que se desplaza a 13.8 m/s . La colisión dura 27 ms . a) Si la fuerza se aplica en sentido contrario a la velocidad inicial de la bolita, determine su velocidad final. b) Si la fuerza se aplica perpendicularmente a la velocidad inicial de la bolita, determine su velocidad final. c) Si la fuerza se aplica en el mismo sentido a la velocidad inicial de la bolita, determine su velocidad final.

- Centro de masas de un sistema de partículas y objetos sólidos.

8.13) Usar definición de C.M para masas puntuales.

En la molécula de amoníaco (NH_3) los tres átomos de hidrógeno (H) forman un triángulo equilátero en la base de una pirámide de modo que el centro del triángulo, está a $d = 9.40 \times 10^{-11} \text{ m}$ respecto de cada átomo H . El átomo de nitrógeno (N) se encuentra en la cúspide de la pirámide a una distancia $D = 10.14 \times 10^{-11} \text{ m}$ de cada hidrógeno (ver figura). La relación de masa atómica entre N e H es $m_N / m_H = 13.9$. a) Localizar el centro de masas de los tres átomos de H respecto del átomo de N . b) Localizar el centro de masas de la molécula respecto del átomo de N .



8.14) Usar relación entre centros de masas.

Tres bloques de formas variadas, están apoyados sobre una mesa plana. Tienen las siguientes masas y coordenadas de sus respectivos centros de masas: bloque 1 con masa $m_1 = 0.9 \text{ kg}$ y $x_{CM1} = 0.2 \text{ m}$, $y_{CM1} = 0.3 \text{ m}$; el bloque 2 con $m_2 = 0.4 \text{ kg}$ y $x_{CM2} = 0.1 \text{ m}$, $y_{CM2} = -0.4 \text{ m}$ y el bloque 3 con $m_3 = 0.3 \text{ kg}$ y $x_{CM3} = -0.3 \text{ m}$, $y_{CM3} = 0.6 \text{ m}$.

a) Calcular el centro de masas del sistema formado por los tres bloques. b) Calcular las distancias que separan los centros de masa de cada bloque y el centro de masa del sistema. Observe cuál es el más cercano.

- Movimiento de un sistema de dos partículas.

8.15) Usar definición de C.M. y de \mathbf{v}_{CM} . Usar la condición de que $\mathbf{v}_{CM} = \text{constante}$.

Una niña de 45 kg está de pie y en reposo a una distancia de 1 m del extremo izquierdo de una canoa de 5 m de longitud y 60 kg de masa que se encuentra quieta en la superficie del agua. a) Tomando como origen $x = 0 \text{ m}$ el punto donde está ubicado el extremo izquierdo de la canoa, calcular el centro de masas del sistema niña + canoa.

b) Calcular la velocidad del centro de masas en esta situación. c) Luego, la niña comienza a caminar desde el punto inicial a 1 m del extremo izquierdo hasta un punto final a 1 m del otro extremo. Suponga que hay una resistencia despreciable del agua al movimiento de la canoa, ¿se mueve el C.M.? Con esta suposición calcule cuánto se mueve la canoa. d) Si la niña se mueve a una velocidad relativa a la canoa de 0.5 m/s calcular la velocidad de la canoa la niña cuando cambió de posición.

8.16) Usar definición de C.M. y \mathbf{v}_{CM} .

Se lanza un proyectil de masa 9.5 kg con una velocidad inicial de 12.5 m/s y con un ángulo de 54° con la horizontal. Un momento después del lanzamiento, una explosión lo fragmenta en dos partes. Una parte, de masa 6.5 kg es observada en $t = 1.42 \text{ s}$ con una velocidad $\mathbf{v} = (11.4 \text{ m/s})\mathbf{i} + (-4.6 \text{ m/s})\mathbf{j}$. a) Calcular en el instante $t = 1.42 \text{ s}$ las componentes de la velocidad del C.M. b) Calcular la posición del C.M. c) Calcular la velocidad del otro fragmento.

- Sistemas de masa variable.

8.17) Usar ley de Newton cuando la masa es variable.

Un cohete en reposo en el espacio donde prácticamente no hay gravedad, tiene una masa total de $2.55 \times 10^5 \text{ kg}$ de la cual $1.81 \times 10^5 \text{ kg}$ es combustible. El motor lo consume a una velocidad de 480 kg/s y lo despiden a una rapidez de 3.27 km/s . Se enciende el motor durante 250 s . a) Calcular la fuerza de empuje del motor del cohete, b) Calcular la masa del cohete después de la combustión del motor. c) Calcular la velocidad final alcanzada.

8.18) Usar ley de Newton cuando la masa es variable.

Los calamares y los pulpos, se impulsan a sí mismos expeliendo agua a través de una abertura. Un calamar de 6.5 kg (incluyendo el agua en la cavidad) está en reposo y ve un peligroso depredador. a) Si el calamar tiene 1.75 kg de agua en su cavidad ¿con qué velocidad relativa debe expeler el agua para alcanzar una velocidad de 2.5 m/s y escapar del peligro? b) Calcular la velocidad del agua respecto de la costa en esa maniobra.

- Tarea Práctica Individual de Repaso.

8.1*) Usar $K = \frac{1}{2} mv^2$ y $p = |\mathbf{p}| = mv$.

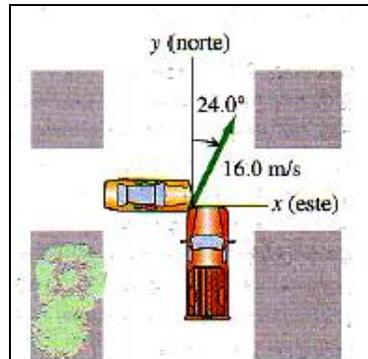
Demostrar que la energía cinética K y la magnitud p del vector momento lineal \mathbf{p} están relacionadas por la expresión $K = p^2 / 2m$. a) Un ave pequeña de 0.04 kg y una pelota de 0.145 kg tienen la misma energía cinética. ¿Cuál tiene mayor magnitud de momento lineal? ¿Qué valor tiene el cociente entre el momento lineal del ave y el de la pelota? b) Un hombre de 700 N y una mujer de 450 N tienen el mismo momento lineal. ¿Quién tiene mayor energía cinética? ¿Qué valor tiene el cociente entre las energías cinéticas del hombre y la mujer?

8.2*) Usar $P_{ix} = P_{fx}$.

Un hombre de 70 kg , está parado y quieto sobre un lago helado con fricción insignificante entre sus pies y la superficie. Un amigo le lanza horizontalmente una pelota de 400 g con una velocidad de 10 m/s . a) Si el hombre atrapa la pelota, calcular con qué velocidad se moverán ambos. b) Si la pelota le rebota en el pecho y se mueve a 8 m/s en sentido contrario al movimiento del hombre, calcular la velocidad de la persona después del choque.

8.3*) Usar $\mathbf{P}_i = \mathbf{P}_f$. Usar $P_x = p_{1x} + p_{2x}$, $P_y = p_{1y} + p_{2y}$.

En un cruce de calles, un auto de 950 kg que viaja hacia el este, choca contra otro de 1900 kg que se mueve hacia el norte. Los dos vehículos quedan unidos después del choque y comienzan a deslizarse a una velocidad de 16 m/s en una dirección de 24° respecto de la dirección norte. Si se supone que el coeficiente de fricción cinética entre las ruedas y el asfalto $\mu_K = 0.6$ es igual para ambos y se detienen después de recorrer una cierta distancia d , calcular: a) la velocidad de cada auto antes del choque y b) la distancia d .

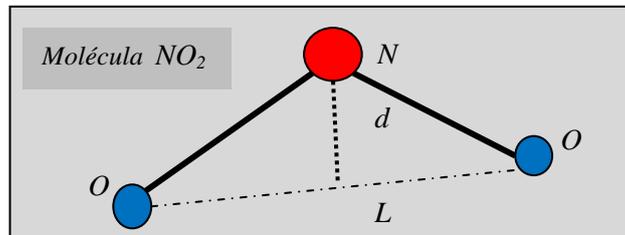


8.4*) Usar $\mathbf{J} = \Delta\mathbf{p}$. Usar $F_x = \Delta p_x / \Delta t$, $F_y = \Delta p_y / \Delta t$, $\Delta p_x / \Delta t$.

Un golfista golpea una pelota y le transmite una velocidad de 52.2 m/s con una dirección de 30° con la horizontal. Suponga que la masa de la pelota es de 46 g , que la masa efectiva del palo es de 220 g y que han estado en contacto durante 1.2 ms . Calcular: a) el impulso total impartido a la pelota. b) El valor y la dirección de la fuerza promedio ejercida por el palo de golf a la pelota. c) El valor y dirección del impulso total impartido al palo. d) La velocidad de retroceso del palo.

8.5*) Usar definición de C.M.

En la molécula de agua (H_2O), los átomos de hidrógeno (H) tienen una longitud de enlace $l = 9.6 \times 10^{-11} \text{ m}$ respecto del átomo de oxígeno (O) y forman un ángulo de 104.5° . La relación de masa atómica entre O y H es $m_O / m_H = 15.873$. a) Localizar el centro de masas respecto del átomo de oxígeno (O). (Ubique el origen de coordenadas sobre el átomo de oxígeno). b) Localizar el centro de masas respecto del átomo de nitrógeno (N) en la molécula de NO_2 que se muestra en la figura (tiene dos enlaces de distinta longitud). Tome $d = 5.05 \times 10^{-11} \text{ m}$. Busque en la tabla periódica la relación de masas de los átomos de la molécula. (Ubique el origen de coordenadas sobre el átomo de nitrógeno).



8.6*) Usar definición de C.M. \mathbf{v}_{CM} y \mathbf{a}_{CM} .

Un sistema consta de dos partículas. En $t = 0$, la partícula 1 se encuentra en el origen y la 2, de masa 0.5 kg , está en el eje y en las coordenadas $x = 0 \text{ m}$ e $y = 6 \text{ m}$. En ese instante, el centro de masas tiene la posición $x_{CM} = 0$ e $y_{CM} = 2.4 \text{ m}$. La velocidad del centro de masas está dada por $\mathbf{v}_{CM} = (0.75 \text{ m/s}^3)t^2\mathbf{i} + (0 \text{ m/s})\mathbf{j}$. a) Calcular la masa de la partícula 1. b) Calcular la aceleración del centro de masas (CM) para todo tiempo t . c) Calcular la fuerza externa neta que actúa sobre el sistema en $t = 3 \text{ s}$. d) Si $\mathbf{v}_2(t) = (0 \text{ m/s})\mathbf{i} + (-0.35 \text{ m/s}^3)t^2\mathbf{j}$, hallar una expresión para $\mathbf{v}_1(t)$. d) Cuando transcurre un tiempo de 3 s ¿en qué coordenadas se ubica el C.M.?

8.7*) Usar ley de Newton cuando la masa es variable.

Un vagón abierto de 24000 kg , viaja sin fricción sobre una vía horizontal. Está lloviendo muy fuerte y la lluvia cae verticalmente respecto de la Tierra. El vagón está inicialmente vacío y tiene una velocidad de 4 m/s . a) Calcular la velocidad que tiene el vagón después de acumular 2400 kg de agua. b) Más adelante, se abre un orificio en el piso del vagón y comienza a salir el agua acumulada. ¿cambia o no cambia la velocidad adquirida por el vagón? Explique su respuesta.