

# IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO



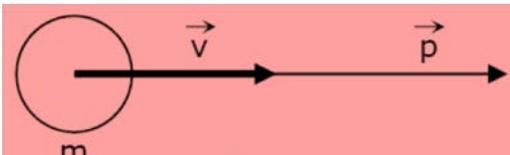
## CANTIDAD DE MOVIMIENTO O MOMENTUM LINEAL: $\vec{p}$

Históricamente el concepto de cantidad de movimiento surgió en el contexto de la mecánica newtoniana en estrecha relación con el concepto de velocidad y el de masa. En mecánica newtoniana se define la cantidad de movimiento lineal como el producto de la masa por la velocidad:

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

La idea intuitiva tras esta definición está en que la “cantidad de movimiento” dependía tanto de la masa como de la velocidad: si se imagina una mosca y un camión, ambos moviéndose a 40 km/h, la experiencia cotidiana dice que la mosca es fácil de detener con la mano mientras que el camión no, aunque los dos vayan a la misma velocidad. Esta intuición llevó a definir una magnitud que fuera proporcional tanto a la masa del objeto móvil como a su velocidad.

El momentum lineal  $p$  es una cantidad vectorial, de igual dirección y mismo sentido que el vector velocidad  $v$ , como muestra la figura, donde se observa el momentum y la velocidad de una masa  $m$ . Por la definición en el SI la unidad de medida del momentum lineal es **Kg m/s**



## IMPULSO: $\vec{I}$

Supongamos que se quiere desplazar una pelota de golf, para tal efecto se debe aplicar una fuerza mediante el palo de golf. La fuerza que se requiera va depender del alcance que se desee obtener en la pelota, es decir se debe impulsar la pelota. Otro factor que influye es el tiempo de contacto, de aplicación de la fuerza. De esta forma, entre mayor sea el tiempo en que apliquemos dicha fuerza, la pelota adquirirá una mayor velocidad.



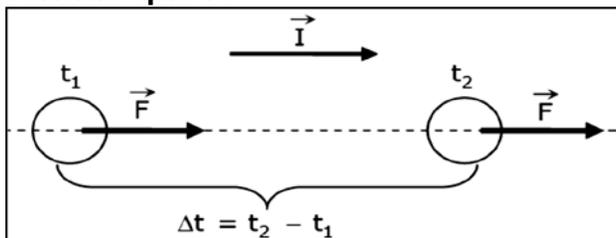
En consecuencia, la variación de la velocidad de un cuerpo dependerá tanto de la fuerza aplicada como del tiempo de aplicación.

Llamaremos impulso ( $I$ ) al producto entre la fuerza ( $F$ ) que se aplica y el tiempo ( $\Delta t$ ) que apliquemos dicha fuerza, es decir:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

En el S.I. la fuerza se mide en **N** (Newton) y en el tiempo en **s** (segundos), por lo que el impulso tendrá unidades en el S.I. de unidades de **N · s**.

Observemos en la figura, que **I es un vector que tiene la misma dirección y el mismo sentido que F**.



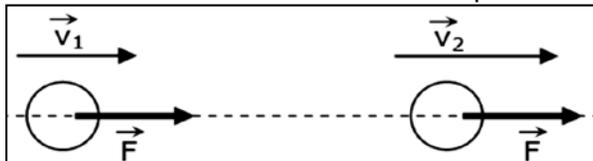
### RELACIÓN ENTRE IMPULSO Y MOMENTUM LINEAL

Cuanto mayor sea la fuerza que actúa sobre un objeto, mayor será el cambio de la velocidad  $v$ , en consecuencia, mayor será el cambio en la cantidad de movimiento.

Pero hay algo más que importa cuando cambia la cantidad de movimiento: el tiempo, es decir, durante cuánto tiempo actúa la fuerza. Aplicar una fuerza durante un corto tiempo a un automóvil parado y se producirá un cambio pequeño de su cantidad de movimiento. Aplicar la misma fuerza durante largo tiempo y resultará un mayor cambio de su cantidad de movimiento. Una fuerza sostenida durante largo tiempo produce más cambio de cantidad de movimiento, que la misma fuerza cuando se aplica durante un breve lapso. Así, para cambiar la cantidad de movimiento de un objeto importan tanto la magnitud de la fuerza como el tiempo durante el cual actúa la fuerza.

Cuando se golpea una pelota de golf en el campo de juego, una gran fuerza  $F$  actúa sobre la pelota durante un corto intervalo de tiempo  $\Delta t$ , haciendo que ésta se acelere desde el reposo hasta una velocidad final. Es en extremo difícil medir tanto la fuerza como la duración de su acción; pero el producto de ambas,  $F \cdot \Delta t$ , puede calcularse en función del cambio de velocidad resultante de la pelota de golf.

En la figura un cuerpo de masa  $m$ , se mueve con una velocidad  $v_i$ . Si una fuerza  $F$ , constante, actúa sobre el cuerpo durante un intervalo de tiempo  $\Delta t$ , observaremos que su velocidad sufrirá una variación, pasando a ser  $v_f$  al final del intervalo.



A partir de la segunda ley de Newton, sabemos que

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

usando la definición de aceleración

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Multiplicando por  $\Delta t$  se obtiene:

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

de donde se tiene

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \vec{v}_f - m \cdot \vec{v}_i$$

Se observa:

$\vec{F} \cdot \Delta t$ , Representa el impulso  $I$  que recibió el cuerpo

$m \cdot \vec{v}_f$ , Representa la cantidad de movimiento del cuerpo,  $P_2$ , al final del intervalo  $\Delta t$

$m \cdot \vec{v}_i$ , Representa la cantidad de movimiento del cuerpo,  $P_1$ , al inicio del intervalo  $\Delta t$

Como:  $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$      $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Reemplazando:

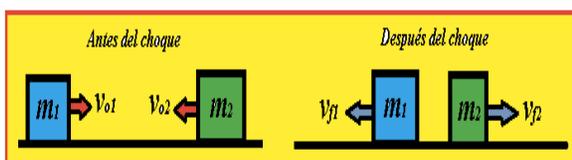
$$\vec{I} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$$

es decir:

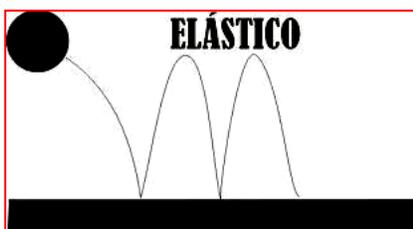
$$\vec{I} = \Delta \vec{P}$$

Esta es la relación que existe entre el impulso y el momentum, es decir, el impulso es el responsable de la variación en el momentum del cuerpo.

## CHOQUES, COLISIONES



Una colisión, choque o interacción tiene como consecuencia un intercambio de cantidad de movimiento y de energía cinética (energía asociada al movimiento), por lo que su análisis se basa en la conservación de estas cantidades dentro del sistema. Según esto, podemos clasificar los choques de tres maneras: choques elásticos, inelásticos y perfectamente inelásticos.



- **Choque elástico:** En este choque, el sistema, además de conservar su momentum lineal, también conserva la energía cinética. Esto nos dice que serán iguales antes y después del choque. Un ejemplo clásico de este tipo de colisiones son las bolas de billar, ya que aunque existen deformaciones cuando entran en contacto, provocando pérdida de energía cinética, esta es tan mínima que pueden ser estudiadas como elásticas.





## Análisis de la interacción

### - Antes de la colisión:

En este instante, cada uno de los objetos involucrados posee una cantidad de movimiento independiente dentro del sistema, el cual depende de la masa y velocidad. De esta manera, podemos considerar la cantidad de movimiento del sistema inicial como:

$$\Sigma \vec{p}_i = m_1 \cdot \vec{v}_{1A} + m_2 \cdot \vec{v}_{2A}$$

### - Durante de la colisión:

Aquí, los objetos están en contacto ejerciéndose fuerzas mutuamente, las cuales poseen la misma magnitud, pero en sentido opuesto, durante un intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ). De esta forma, podemos decir que:

$$F_{1-2} \cdot \Delta t = -F_{2-1} \cdot \Delta t$$

### - Después de la colisión:

Luego de la colisión los objetos varían sus velocidades y, en consecuencia, su cantidad de movimiento, por lo que:

$$\Sigma \vec{p}_f = m_1 \cdot \vec{v}_{1f} + m_2 \cdot \vec{v}_{2f}$$

Como la cantidad de movimiento se conserva:

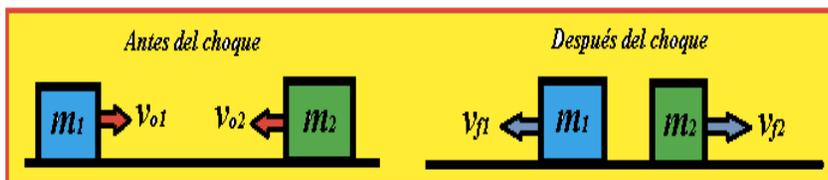
$$\Sigma \vec{p}_i = \Sigma \vec{p}_f$$

Reemplazando:

$$m_1 \cdot \vec{v}_{1A} + m_2 \cdot \vec{v}_{2A} = m_1 \cdot \vec{v}_{1f} + m_2 \cdot \vec{v}_{2f}$$

## CHOQUES EN UNA DIMENSIÓN

**Choques elásticos e inelásticos:** una colisión es **elástica** cuando los cuerpos que chocan no sufren deformaciones permanentes durante el impacto o cuando se conserva la energía cinética. Dos bolas de billar, por ejemplo, experimentan choques que se pueden considerar elásticos.



En caso contrario, si los cuerpos presentan deformaciones debido a la colisión estamos en presencia de un choque **inelástico** y no se conserva la energía cinética.

Cuando los cuerpos que chocan continúan pegados, después del choque, se habla de choque totalmente inelástico.

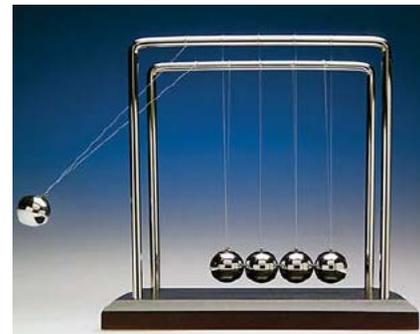




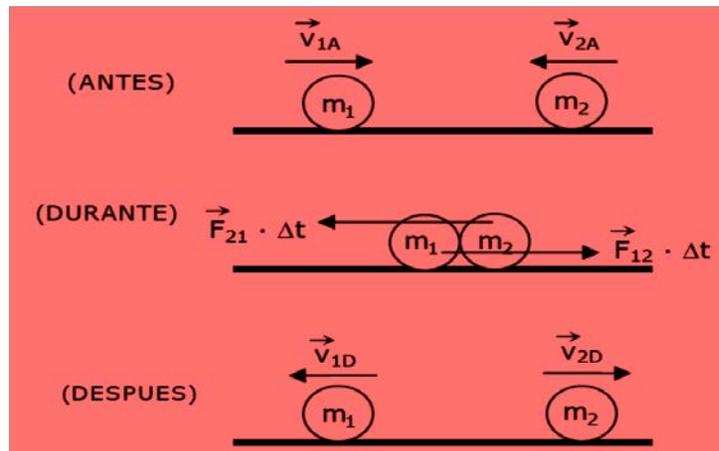
Los automóviles se diseñan de tal manera que los choques que sufran sean inelásticos, para que su estructura absorba la mayor cantidad posible de la energía del choque. Esta energía absorbida no puede recuperarse, pues se invierte en deformar de manera permanente el automóvil.

### Principio de conservación del momentum lineal en los choques

En los casos que no existen fuerzas externas que actúen sobre los cuerpos que chocan, la cantidad de movimiento del sistema se conserva, si sobre él sólo actúan fuerzas internas. Por lo tanto la cantidad de movimiento de un sistema de cuerpos que chocan, inmediatamente antes de la colisión, es igual a la cantidad de movimiento, inmediatamente después del choque.

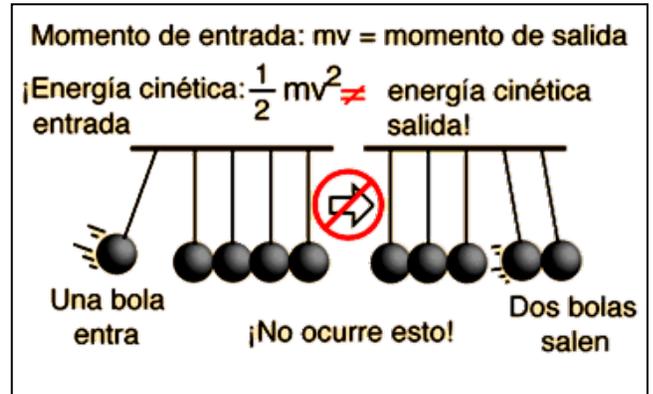
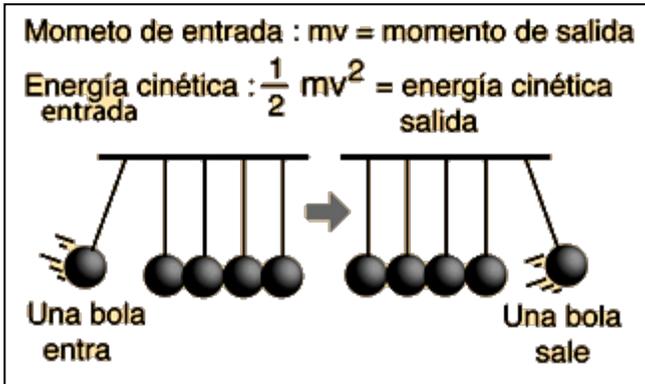


En la figura vemos un ejemplo de un choque elástico, para explicar la conservación de momentum.



Una demostración popular de la conservación del momento y la conservación de la energía caracteriza a varias bolas de acero pulido colgadas en línea recta en contacto unas con otras. Si balanceamos una bola hacia atrás y la soltamos para que golpee la línea de bolas, veremos volar y balancearse la bola del extremo opuesto, si cogemos dos bolas, veremos volar a las dos bolas del otro extremo y así sucesivamente.



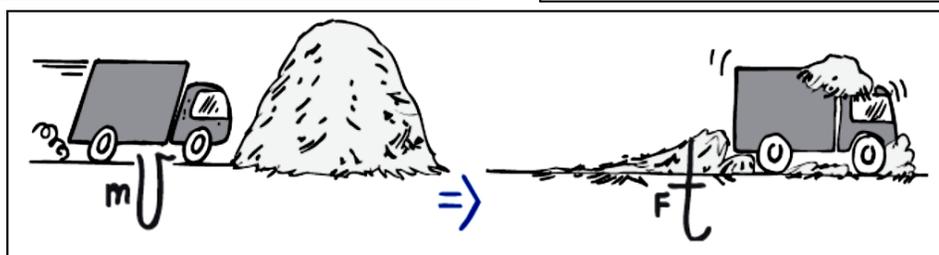
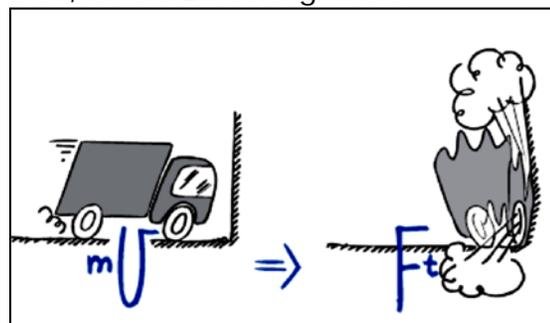
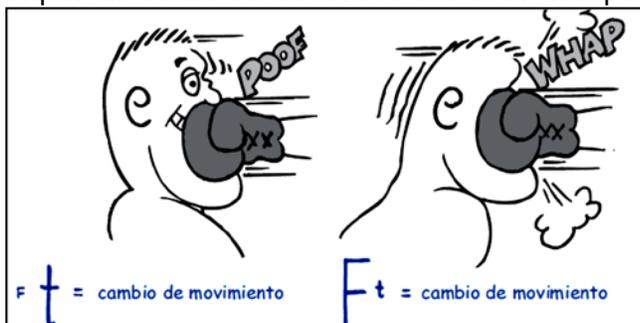


**Aplicación:** El teorema del impulso tiene una gran importancia en aplicaciones de la vida diaria. Ya que el impulso mecánico de una fuerza,  $\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p}$ , se emplea en cambiar el momento lineal del cuerpo que recibe la fuerza. Por ejemplo en el salto con pértiga o en el salto de altura los saltadores caen sobre una colchoneta; nosotros mismos cuando saltamos desde un lugar un poco elevado flexionamos las rodillas para "suavizar la caída". Los automóviles disponen de sistemas como el parachoques, el cinturón de seguridad o el airbag, que tienen funciones parecidas.



En todos estos casos se intenta que el impulso necesario para detener a la persona se realice en un tiempo mayor, con lo que la fuerza que deba soportar su estructura corporal será menor y, por lo tanto, será más difícil lesionarse.

Otra aplicación, si estás boxeando y avanzas al encuentro de un golpe en vez de alejarte de éste, te meterás en problemas. Lo mismo sucede, si atrapas una bola rápida moviendo la mano hacia ella, en vez de retrocederla, para tener el contacto. O cuando en un automóvil sin control lo chocas contra un muro de concreto, en vez de hacerlo contra un montón de paja. En esos casos de tiempos de impacto cortos, las fuerzas de impacto son grandes. Recuerda que para que un objeto se detenga hasta el reposo, el impulso es igual, sin importar cómo se detuvo. Pero si el tiempo es corto, la fuerza será grande.

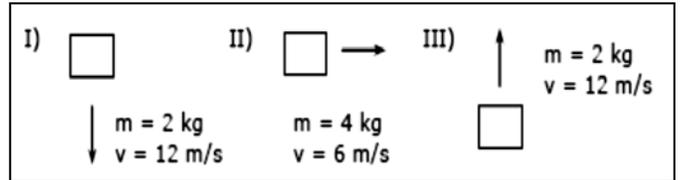




**I. PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE Y ÚNICA**

1. Dos cuerpos A y B de masas tales que  $m_A > m_B$  están en reposo sobre una superficie sin roce. Si ambos cuerpos reciben el mismo impulso, entonces

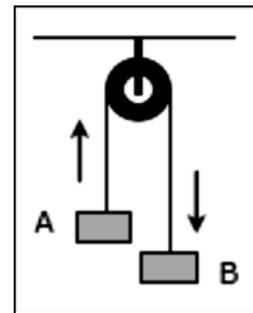
- A) la velocidad de A es mayor que la de B.
- B) la velocidad de B es mayor que la de A.
- C) el momentum de A es mayor que el de B.
- D) el momentum de B es mayor que el de A.
- E) la variación del momentum de A es mayor que la variación del momentum de B.



2. Dos cuerpos, A y B, cuelgan de una polea, a través de una cuerda. La cuerda y la polea son ideales. Los cuerpos tienen igual masa, y A está subiendo mientras B baja. En relación a esta situación es correcto afirmar que

- I) ambos cuerpos tienen igual momentum.
- II) el momentum del sistema mide cero.
- III) A y B tienen momentum cero cada uno.

- A) Solo I
- B) Solo II
- C) Solo I y II
- D) Solo II y III
- E) I, II y III



3. Una partícula de masa  $2M$  que viaja hacia la derecha sobre una superficie horizontal, con velocidad constante de módulo  $v$ , choca con otra de masa  $M$  que se encontraba detenida. Si después del choque, ambas continúan enganchadas, entonces el módulo de la velocidad de ambas luego del impacto es

- A)  $2/3 v$
- B)  $3/2 v$
- C)  $v$
- D)  $1/2 v$
- E)  $1/3 v$

4.- En los casos I, II y III se muestran cuerpos con distinta masa y distinta velocidad, al respecto se afirma que al comparar los momentum de los cuerpos es correcto concluir que son iguales los casos

- A) Solo I y II.
- B) Solo I y III.
- C) Solo II y III.
- D) I, II y III.
- E) Ninguno de ellos.

5. Una bola de billar de 0,5 kg de masa, al moverse hacia la izquierda con una velocidad de 2 m/s, perpendicular a una banda de la mesa, choca con ella y se devuelve con una velocidad de igual magnitud y dirección pero con sentido contrario. Si se considera positivo el sentido hacia la derecha, ¿cuál de las siguientes afirmaciones está **equivocada**?

- A) El momentum de la bola antes del choque es de -1 kg m/s
- B) El momentum de la bola después del choque es de +1 kg m/s
- C) La variación de momentum de la bola fue nula
- D) El impulso recibido por la bola fue de 2 N · s
- E) Si conociéramos el tiempo de interacción de la banda con la bola podríamos calcular la fuerza media que ejerció la banda sobre la bola

6.- Un automóvil de masa constante, se mueve de modo que su cantidad de movimiento permanece constante. Con respecto a este automóvil se afirma lo siguiente:

- I) Se mueve por una trayectoria rectilínea.
  - II) Su velocidad es constante.
  - III) Se mueve por un plano horizontal.
- ¿Cuál(es) de ellas es (son) siempre verdadera(s)?
- A) Solo II.
  - B) Solo I y II.
  - C) Solo I y III.
  - D) Solo II y III.
  - E) I, II y III.

7. La condición necesaria y suficiente para que un cuerpo tenga momentum constantemente nulo, es que

- A) la trayectoria del cuerpo sea recta
- B) la velocidad del cuerpo sea constante
- C) el cuerpo esté en reposo
- D) el cuerpo esté en caída libre
- E) ninguna de las anteriores

8. Un cuerpo avanza en línea recta de modo que su momentum es  $p_0$ . El mismo cuerpo a partir de cierto momento reduce su masa a la mitad y cuadruplica su rapidez, por lo tanto, ahora su momentum es

- A)  $p_0/4$ .
- B)  $p_0/2$ .
- C)  $p_0$ .
- D)  $2p_0$ .
- E)  $4p_0$ .

9. Cuando un tenista golpea la pelota ejerciendo una fuerza sobre ella igual a  $F_0$  se puede afirmar que

- A) la pelota ejerce una fuerza menor a  $f_0$  sobre la raqueta
- B) el módulo del impulso recibido por la pelota es mayor al recibido por la raqueta
- C) la pelota no varía su momentum
- D) ambas, raqueta y pelota, reciben el mismo impulso en módulo
- E) la pelota después de ser golpeada va a mantener constante su momentum

10. Una pelota, de masa constante, se desplaza sobre un plano horizontal y se detiene luego de un tiempo  $t$ . De las siguientes afirmaciones realizadas respecto del movimiento de la pelota, es **falso** que

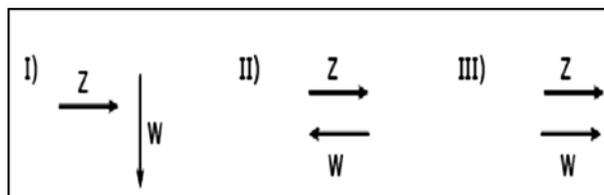
- A) la magnitud de su momentum disminuye.
- B) existe un impulso opuesto al movimiento.
- C) el momentum final de la pelota es cero.
- D) el impulso y el momentum tienen igual sentido.
- E) sobre el cuerpo no se ha ejercido impulso alguno.

11.- Un astronauta, que lleva en sus manos un objeto pequeño, se encuentra en reposo en una región del espacio donde ningún cuerpo actúa sobre él. Si arroja el objeto con un impulso de  $12 \text{ N s}$ , ¿cuál de las siguientes afirmaciones está **equivocada**?:

- A) El astronauta recibe del objeto un impulso de módulo  $12 \text{ N s}$ .
- B) El momentum del astronauta es nulo.
- C) El momentum del objeto es de  $12 \text{ N s}$ .
- D) El momentum del sistema original era nulo.
- E) El momentum del sistema, luego de lanzarse el objeto es nulo.

12. Si  $Z$  y  $W$  representan, respectivamente, la velocidad y el momentum de un cuerpo, es posible, entonces que de las tres situaciones mostradas sea(n) correcta(s)

- A) Solo I
- B) Solo II.
- C) Solo III.
- D) I, II y III.
- E) Ninguna de ellas.



13. Respecto de la cantidad de movimiento de un sistema de partículas. ¿Cuál afirmación es **falsa**?

- A) Es una magnitud vectorial
- B) Es la resultante de las cantidades de movimiento de cada partícula del sistema
- C) No siempre se va a conservar
- D) No se modifica cuando actúan solamente fuerzas externas
- E) Varía si existe fricción en el sistema

14. Un autito de juguete tiene momentum constante de módulo  $p$ , distinto de cero. Si sobre éste se aplica un impulso de valor  $4p$  en sentido contrario al movimiento, el nuevo momentum de este autito es de módulo

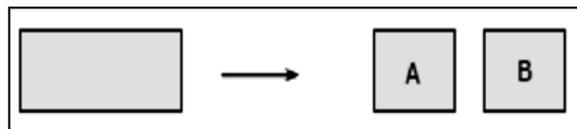
- A)  $p$
- B)  $2p$
- C)  $3p$
- D)  $4p$
- E)  $5p$

15. Un cuerpo está viajando de modo que su rapidez y su masa se mantienen constantes. Por lo tanto se cumple que

- A) su momentum debe ser constante.
- B) su momentum debe ser variable.
- C) su velocidad debe ser constante y su momentum variable.
- D) su momentum puede ser constante o variable.
- E) su velocidad debe ser constante pero su momentum puede ser variable.

16. Un cuerpo rectangular se mantiene en reposo en el espacio, hasta que en cierto momento debido a una explosión que ocurre en su interior, se fracciona en dos partes, A y B, que salen disparadas. Respecto a estas partes se afirma correctamente que

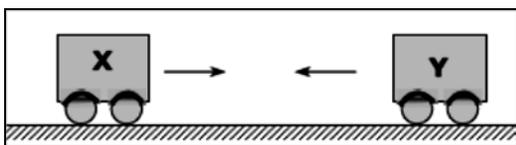
- A) A y B pueden salir ambas hacia el sur.
- B) A puede salir hacia el norte y B quedar en reposo.
- C) si A sale hacia el Sur, B sale hacia el Oeste.
- D) si A sale hacia el Este, B sale hacia el Oeste.
- E) Todas las situaciones anteriores son posibles.



17. Una pequeña bola de goma choca horizontalmente contra una pared rebotando con la misma rapidez que tenía antes del choque. La rapidez inicial de la bola fue  $B$  y su masa es  $M$ , por lo tanto es correcto que

- A) no hubo variación de momentum debido al choque.
- B) el muro ejerció sobre la pelotita un impulso de  $2MB$ .
- C) el momentum debido al choque varió en  $MB/2$ .
- D) el impulso del muro sobre la pelotita fue cero.
- E) el impulso del muro sobre la pelotita fue mayor que el que ella ejerció sobre el muro.

18. Un móvil  $X$  se mueve hacia la derecha, su masa es  $8\text{ kg}$  y su rapidez  $20\text{ m/s}$ , un segundo móvil  $Y$ , se mueve hacia la izquierda siendo su masa de  $12\text{ kg}$  y su rapidez  $10\text{ m/s}$ . Los cuerpos  $X$  e  $Y$  chocan frontalmente, se sabe que inmediatamente después del choque,  $X$  se mueve hacia la izquierda a  $1\text{ m/s}$ , entonces el móvil  $Y$  después del choque



- A) se queda quieto.
- B) se mueve hacia la izquierda a  $1\text{ m/s}$ .
- C) se mueve hacia la derecha a  $3\text{ m/s}$ .
- D) se mueve hacia la derecha a  $4\text{ m/s}$ .
- E) se mueve hacia la derecha a  $5\text{ m/s}$ .

19. Un carrito de  $10\text{ kg}$  desliza a  $5\text{ m/s}$ , sobre una superficie de roce despreciable. En cierto instante un niño de  $20\text{ kg}$  cae verticalmente sobre el carro. La rapidez con la que viaja el sistema carro – niño es

- A)  $5\text{ m/s}$
- B)  $4\text{ m/s}$
- C)  $5/3\text{ m/s}$
- D)  $3/5\text{ m/s}$
- E)  $1/4\text{ m/s}$

20. Un cuerpo de masa  $2M$  que se mueve en línea recta a  $10\text{ m/s}$ , choca frontalmente a un cuerpo de masa  $3M$  que estaba en reposo. Después del choque los cuerpos se mueven juntos, por lo tanto la rapidez que llevan es

- A)  $15\text{ m/s}$
- B)  $10\text{ m/s}$
- C)  $5\text{ m/s}$
- D)  $4\text{ m/s}$
- E)  $2\text{ m/s}$

21. Con respecto a la explosión de un artefacto que se fragmenta en muchos trozos, es **falso** que

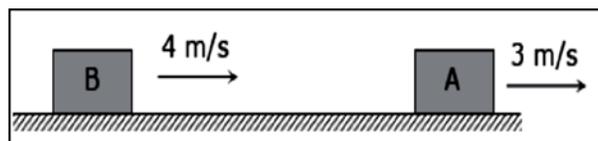
- A) si estaba en reposo, la suma de los momentum de los trozos inmediatamente después de la explosión, es nula.
- B) si estaba en reposo, la suma de las velocidades de los trozos inmediatamente después de la explosión, necesariamente es nula.
- C) el momentum del artefacto se conserva inmediatamente después de la explosión.
- D) dos trozos que salen en sentido contrario no pueden tener igual velocidad.
- E) el momentum de cada trozo dependerá de su masa y su velocidad.

22. Cuando dos partículas que se mueven en una misma línea, viajan en sentido contrario y chocan, es correcto afirmar que

- A) en ambas partículas, la rapidez antes y después del choque es igual.
- B) la magnitud del impulso que reciben es igual.
- C) la masa mayor ejerce una fuerza mayor.
- D) la suma de las velocidades de ambas, es igual antes y después del choque.
- E) las partículas solo pueden rebotar y seguir en la misma línea.

23. Dos cuerpos A y B están viajando en línea recta en el mismo sentido, la masa de A es 20 kg y la de B es 10 kg, las rapidezces de ambos se muestran en la figura. En un instante B golpea al cuerpo A, debido a lo cual B se detiene entonces la rapidez con la que sale A, es

- A) 1,0 m/s
- B) 3,0 m/s
- C) 5,0 m/s
- D) 5,5 m/s
- E) 8,0 m/s



24. Respecto al momentum y al impulso se afirma que
- I) el producto entre la masa y la velocidad es un vector.
  - II) siempre el impulso tiene la dirección del momentum.
  - III) el cociente entre el impulso y el tiempo es una magnitud vectorial.
- Es (son) verdadera(s)
- A) solo I.
  - B) solo II.
  - C) solo III.
  - D) solo I y III.
  - E) I, II y III.

## II. PROBLEMAS DE DESARROLLO

1. En términos de impulso y cantidad de movimiento, ¿por qué los tableros de instrumentos acojinados hacen que los automóviles sean más seguros?

2. En términos de impulso y de cantidad de movimiento, ¿por qué las bolsas de aire de los automóviles reducen las probabilidades de lesiones en los accidentes?

3. ¿Por qué los gimnastas colocan cojines muy gruesos en el piso?

4. En términos de impulso y cantidad de movimiento, ¿por qué los escaladores prefieren las cuerdas de *nailon*, que se estiran bastante bajo tensión?

5. ¿Por qué es una locura para un practicante del salto en bungee utilizar un cable de acero en lugar de una cuerda elástica.

6. Cuando se salta desde una altura considerable, ¿por qué es conveniente caer con las rodillas algo flexionadas?

7. Anteriormente, los automóviles se fabricaban para hacerlos tan rígidos como fuera posible; mientras que en la actualidad los automóviles se diseñan para abollarse con los golpes. ¿Por qué?

8. Si lanzas un huevo crudo contra una pared lo romperás; pero si lo lanzas con la misma rapidez contra una sábana colgante no se romperá. Explica esto usando los conceptos estudiados en este capítulo.

9. ¿Qué ejerce más impulso sobre una placa de acero: balas de ametralladora que rebotan contra ella, o las mismas balas que se aplastan y se pegan a ella?

10. Dos automóviles, cada uno con 1000 kg de masa, se mueven con la misma rapidez, 20 m/s, cuando chocan y se quedan pegados. ¿En qué dirección y qué rapidez se moverá la masa:

a) si uno de ellos iba hacia el norte y el otro hacia el sur?

b) si uno iba hacia el norte y el otro hacia el este?

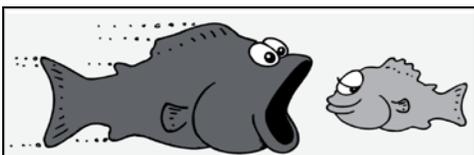
11. Una pelota de fútbol de 0,5Kg se lanza con una velocidad horizontalmente a 15m/s; Un receptor estacionario atrapa la pelota y la detiene en 0,02s.

a) ¿Cuál es el impulso dado a la pelota?

b) ¿Cuál es la fuerza media que ejerció el receptor?

12. Una muchacha de 55 Kg de masa salta hacia fuera de la proa de una canoa de 75Kg que está inicialmente en reposo. Si la velocidad de la chica es de 2,5m/s hacia la derecha. ¿Cuál será la velocidad de la canoa después del salto?

13. Un pez que nada hacia otro más pequeño, que está en reposo, y se lo almuerza. Si el pez mayor tiene 5 kg de masa y nada a 1 m/s hacia el otro, cuya masa es de 1 kg, ¿cuál será la velocidad del pez mayor inmediatamente después de su bocado? No tendremos en cuenta los efectos de la resistencia del agua.



14. Un tirador sostiene un rifle de masa  $m=3\text{kg}$ , dispara una bala de  $5\text{g}$  con una velocidad relativa al suelo de  $300\text{m/s}$ .

a) ¿Qué velocidad de retroceso tiene el rifle?

b) ¿Qué cantidad de movimiento final tiene la bala?

c) ¿Qué cantidad de movimiento tiene el rifle?

15. En una mesa horizontal sin fricción, un disco A ( $m_A=0,250\text{Kg}$ ) se mueve hacia B ( $m_B=0,350\text{Kg}$ ) que está en reposo. Después del choque, A se mueve a  $0,120\text{ m/s}$  a la izquierda y B lo hace a  $0,650\text{ m/s}$  a la derecha. ¿Qué rapidez tenía A antes del choque

16. Una esfera de  $5\text{kg}$  se está moviendo a  $6\text{m/s}$  golpea a otra de  $4\text{kg}$  que está en reposo y continúa en la misma dirección a  $2\text{m/s}$ .

Encontrar la velocidad de la esfera de  $4\text{kg}$  después del choque.

17. Un auto de  $1200\text{ Kg}$  que viaja inicialmente con una velocidad de  $25\text{m/s}$  con rumbo al este, choca con la parte trasera de una camioneta de  $9000\text{Kg}$  que se mueve en el mismo sentido a  $20\text{m/s}$ . La velocidad del auto justo después del choque es de  $18\text{m/s}$  en sentido al este.

18. Un cañón de masa  $4000\text{ kg}$  lanza un proyectil de  $20\text{ kg}$  con una velocidad de  $1000\text{ m/s}$ . ¿Cuál es la velocidad (vector) de retroceso del cañón?

19. Un mortero de 50 kg dispara un proyectil de 2 kg con una rapidez de 720 km/h. ¿Cuál es la velocidad de retroceso del mortero?

20. Dos jugadores de hockey sobre patines se mueven uno hacia el otro. Sus masas son  $m_A=70$  kg y  $m_B=80$  kg, y sus velocidades al chocar,  $v_A=5$  m/s y  $v_B=1$  m/s, respectivamente. Calcular la velocidad de B después del choque, si A sigue con el mismo sentido que tenía y con un velocidad de 1 m/s.

21. Dos balones se mueven el uno hacia el otro. Sus masas son 600 g y 900 g, y sus velocidades al chocar 36 km/h y 5 m/s respectivamente. Calcula la velocidad (módulo, dirección y sentido) del segundo después del choque, sabiendo que el primero sale rebotado hacia atrás con una rapidez de 5 m/s.

22. Un hombre de masa 80 kg está patinando a una velocidad de 6 m/s y choca con un niño de 40 kg que va patinando en sentido contrario con una velocidad de 9 m/s. ¿Cuál es la velocidad resultante de los dos juntos?

23. Un pez de 8 kg está nadando a 0,5 m/s hacia la derecha cuando se traga otro pez de 250 g que nada hacia él a 1,5 m/s. Calcula la velocidad del pez grande inmediatamente después de tragarse al pequeño.

24. Se dispara horizontalmente un proyectil de 8 gramos y penetra en un bloque de madera de 9 kg que puede moverse libremente. La velocidad del sistema formado por el bloque y el proyectil después del impacto es de 30 cm/s. Deducir la velocidad inicial del proyectil.

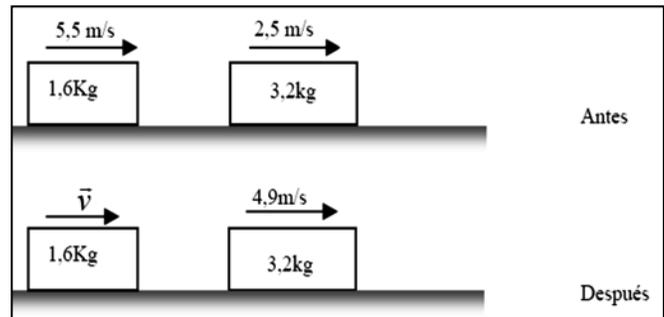
25. Un niño, cuya masa es de 40 kg, está encima de un monopatín de 3kg de masa. En un instante, el niño salta hacia la derecha con una velocidad de 1 m/s. ¿Hacia dónde y con qué velocidad se moverá el monopatín?

26. Una persona de 60 kg corre, con una rapidez de 36 km/h, tras una vagoneta de 200 kg que se desplaza a 7 m/s. Cuando alcanza a la vagoneta salta encima, continuando los dos juntos el movimiento. Calcula con qué velocidad se mueve ahora la vagoneta.

27. Un artefacto explosivo de 10 kg de masa estalla dividiéndose en 2 trozos. Si el primero, de 6 kg de masa, sale despedido hacia la izquierda con una rapidez de 360 km/h... ¿con qué rapidez y dirección sale despedido el segundo?

28. Un auto de 1200 Kg que viaja inicialmente con una velocidad de 25m/s con rumbo al este, choca con la parte trasera de una camioneta de 9000Kg que se mueve en el mismo sentido a 20m/s. La velocidad del auto justo después del choque es de 18m/s en sentido al este.

29. Los bloques de la figura se deslizan sin fricción. ¿Cuál es la velocidad  $v$  del bloque de 1,6Kg después de la colisión?



30. Un auto de 1800 Kg detenido en un semáforo es golpeado por atrás por otro auto de 900 Kg. Después del choque los autos quedan enganchados. Si el auto más pequeño se movía a 20 m/s antes del choque.

a) ¿Cuál es la velocidad de ambos autos después del choque?

b) Si el auto estacionado hubiera sido el de 900 Kg y es golpeado por el de 1800 kg moviéndose a 20m/s ¿Será igual la rapidez final?

31. Una pelota de béisbol de 0,15 kg de masa se está moviendo con una velocidad de 40 m/s cuando es golpeada por un bate que invierte su dirección adquiriendo una velocidad de 60 m/s, ¿qué fuerza promedio ejerció el bate sobre la pelota si estuvo en contacto con ella 0,005 s?

32. Un taco golpea a una bola de billar ejerciendo una fuerza promedio de 50 N durante un tiempo de 0,01 s, si la bola tiene una masa de 0,2 kg, ¿qué velocidad adquirió la bola luego del impacto?

33. ¿Qué impulso se le imprime a un cuerpo de masa 3 kg si se mueve de 30 a 40 m/s en un determinado tiempo?

34. ¿Cuál será el momentum de un cuerpo de masa 5 kg que cambia su velocidad de 20 a 40 m/seg en 5 s? ¿Qué fuerza ha sido aplicada?

35. Se necesita una fuerza 825N para empujar un auto a través de un terreno ¿Cuánto tiempo se necesita para cambiar su rapidez de 60 m/s a 80m/s, si la masa del auto es 800 kg

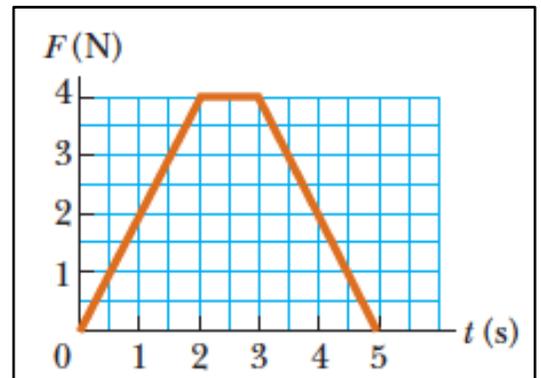
36. Qué masa posee un cuerpo si durante 3 s actúa una fuerza de 12N, si cambia su velocidad de 45 a 60 m/s

37. La magnitud de la fuerza neta que se ejerce en la dirección x sobre una partícula de 2.50 kg varía en el tiempo como se muestra en la figura. Encuentre:

a) el impulso de la fuerza

b) la velocidad final que logra la partícula si originalmente está en reposo

c) su velocidad final si su velocidad original es 2.00 m/s



d) la fuerza promedio ejercida sobre la partícula durante el intervalo de tiempo entre 0 y 5.00 s.