

MOMENTO LINEAL

OBJETIVOS

- Comprender el significado físico de momento lineal o cantidad de movimiento como medida de la capacidad de un cuerpo de actuar sobre otros en choques. (movimientos unidimensionales)
- Comprender la relación entre impulso (de una fuerza constante) y momento lineal, así como el principio de conservación del momento lineal de un sistema en ausencia de impulso externo.
- Comprender la noción de choque elástico e inelástico.
- Aplicar la conservación del momento lineal al cálculo de velocidades o masas de partículas que chocan entre sí en choques elásticos e inelásticos unidimensionales.
- Comprender cualitativamente los cambios de dirección que se producen en choques no frontales.
- Aplicar la conservación del momento lineal al cálculo de velocidades o masas de partículas en el caso de desintegración de un cuerpo en fragmentos (sólo en dos o tres fragmentos)

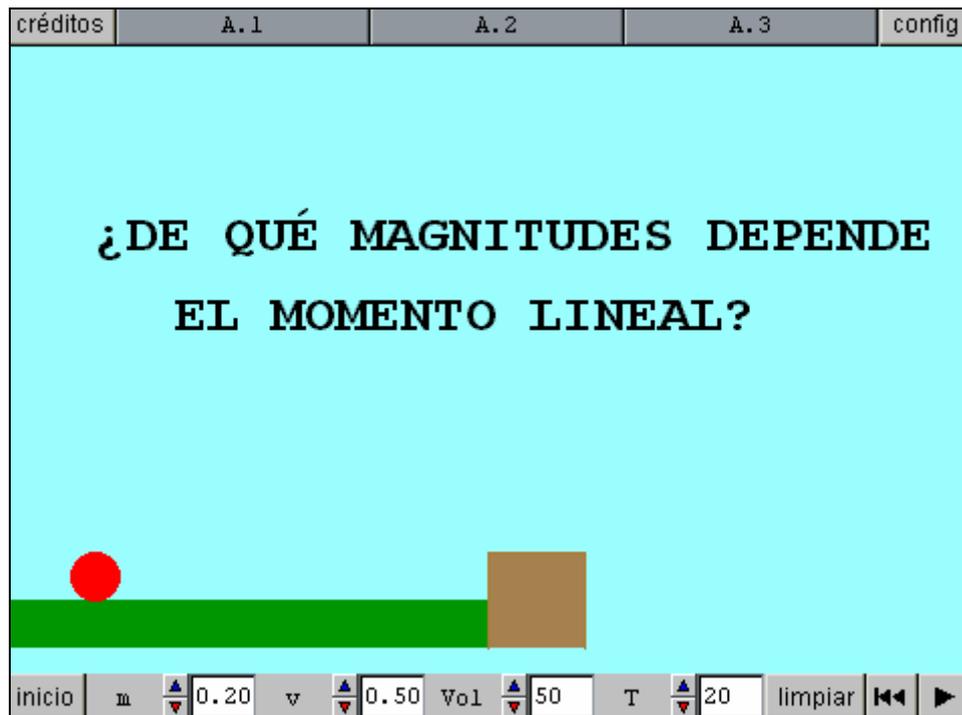
¿QUÉ ES EL MOMENTO LINEAL?

Has oído hablar de posición, velocidad y aceleración para describir el movimiento de un cuerpo; también has oído hablar de fuerza para explicar las interacciones entre cuerpos. Ahora te presentamos otra nueva magnitud que sirve para relacionar el estado de movimiento de un cuerpo y las fuerzas que actúan sobre él.

Todos sabemos que un cuerpo en movimiento tiene la capacidad de ejercer una fuerza sobre otro que se encuentre en su camino. Llamaremos momento lineal o cantidad de movimiento a la magnitud que nos mide esta capacidad.

Ahora trataremos de investigar de qué depende esta magnitud

En la escena siguiente una bola de billar choca contra el borde de la mesa en un lugar donde hemos colocado un medidor de fuerzas para ver la máxima fuerza que hace la bola en su choque. En todos los casos supondremos que el choque dura una décima de segundo.



A.1: Puedes cambiar sucesivamente los valores de masa, volumen, temperatura y velocidad de la bola antes de ponerla en marcha. Anota en cada caso la fuerza que produce cuando impacta con la banda de la masa. ¿Según tu experiencia: ¿qué magnitudes influyen en la fuerza que produce la bola en su choque?

A.2: ¿Cómo varía la fuerza si duplicas o triplicas cada una de esas magnitudes? Anota en cada caso los valores que obtienes, alterando en cada experiencia una sólo de las magnitudes que intervienen. Observa la relación que se produce entre estas magnitudes y la fuerza producida. ¿Cómo se llama una relación de este tipo en Matemáticas?

A.3: Observa todos los datos anteriores.

LIMPIAR: Borra los rastros dejados por las gráficas que tienen la opción "rastro" activada.

INICIO: Devuelve la escena a su estado inicial reiniciando los valores de los controles y auxiliares. Si hay animación automática, ésta comienza de nuevo.

RETROCESO: Este es el botón de "reinicio de animación". Reinicia la animación de manera que no continúa donde se detuvo sino que comienza de nuevo.

PLAY: arranca, detiene o continúa la animación. Si la animación no ha comenzado, este botón la arranca. Si la animación está funcionando, el botón la detiene. Si la animación está detenida, el botón la hace continuar. Para hacerla comenzar de nuevo hay que pulsar el botón de "reinicio de animación" ("|<<").

¿QUÉ ES EL IMPULSO?

Para que una bola de billar posea momento lineal, hemos tenido que comunicárselo de alguna forma. Si observamos a un jugador de billar, nos resulta evidente que el momento lineal que adquiere la bola depende del golpe que se la da con el taco.

También observamos que ese momento lineal varía después de un choque con otra bola o con la banda de la mesa.

La magnitud que nos mide la variación del momento lineal de una partícula se llama impulso:

En las dos escenas siguientes medimos el impulso que recibe una bola de billar. Si realizas las actividades que se te proponen en ellas, tú mismo descubrirás cómo medir el impulso que recibe una partícula



A.1: Aplica diferentes fuerzas a la bola sin cambiar el tiempo. ¿Cómo varía el momento lineal entre un caso y otro?

A.2: Prueba ahora a cambiar el tiempo de impacto, manteniendo siempre la misma fuerza entre una experiencia y otra. ¿Qué ocurre con el momento lineal en cada caso?

A.3: Varía ahora la masa, manteniendo la misma fuerza y el mismo tiempo. ¿Obtienes siempre la misma velocidad final? ¿Y el mismo momento lineal?

LIMPIAR: Borra los rastros dejados por las gráficas que tienen la opción "rastro" activada.

INICIO: Devuelve la escena a su estado inicial reiniciando los valores de los controles y auxiliares. Si hay animación automática, ésta comienza de nuevo.

RETROCESO: Este es el botón de "reinicio de animación". Reinicia la animación de manera que no continúa donde se detuvo sino que comienza de nuevo.

PLAY: arranca, detiene o continúa la animación. Si la animación no ha comenzado, este botón la arranca. Si la animación está funcionando, el botón la detiene. Si la animación está detenida, el botón la hace continuar. Para hacerla comenzar de nuevo hay que pulsar el botón de "reinicio de animación" ("|<<").

CONSERVACIÓN DEL MOMENTO LINEAL

En una mesa de billar puede haber varias bolas moviéndose a la vez. **Llamamos momento lineal de un sistema de varias partículas a la suma de los momentos lineales de todas ellas.** Observa que, como el momento lineal es un vector, cuando sumas varios momentos lo deberías hacer como vectores, no como simples números.

Cuando algunas de las bolas chocan sus momentos individuales se alteran: algunas se frenarán, otras se acelerarán... Ahora bien ¿qué ocurrirá con el momento lineal total de todas las bolas?

En la siguiente escena tratamos de averiguar la respuesta a esta pregunta.



A.1: Damos a v_2 el valor 0 y realizamos varias experiencias cambiando solamente las masas de las dos bolas. Calcula en cada caso el momento total antes y después del choque (teniendo en cuenta los signos). ¿Qué observas?

A.2: Daremos diferentes valores a las velocidades, de forma que unas veces las dos bolas tengan sentidos opuestos y otras se produzca un alcance entre dos bolas que tienen la misma dirección. Calcula en todos los casos el momento lineal total antes y después del choque. ¿Puedes corroborar tus observaciones de la actividad anterior?

A.3: Observa que puedes cambiar la velocidad final de una de las partículas. Hazlo varias veces sin cambiar otros datos. Observa cómo la velocidad de la otra partícula cambia de experiencia en experiencia, pero siempre conservando el momento lineal total. Incluso puedes intentar producir algún choque.

INICIO: Devuelve la escena a su estado inicial reiniciando los valores de los controles y auxiliares. Si hay animación automática, ésta comienza de nuevo.

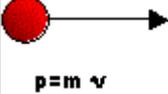
RETROCESO: Este es el botón de "reinicio de animación". Reinicia la animación de manera que no continúa donde se detuvo sino que comienza de nuevo.

PLAY: arranca, detiene o continúa la animación. Si la animación no ha comenzado, este botón la arranca. Si la animación está funcionando, el botón la detiene. Si la animación está detenida, el botón la hace continuar. Para hacerla comenzar de nuevo hay que pulsar el botón de "reinicio de animación" ("|<<").

CONCLUSIONES SOBRE MOMENTO LINEAL E IMPULSO.

Llamamos **momento lineal** a la magnitud que nos mide la capacidad que tiene un cuerpo de producir un efecto sobre otro en una colisión.

Llamamos **impulso** a la variación del momento lineal. Cuando aumentamos el momento lineal de un cuerpo, está recibiendo impulso positivo; cuando disminuimos ese mismo momento lineal, el impulso es negativo.

 <p>$p = m \cdot v$</p>	El valor del momento lineal es el producto: $p = m \cdot v$
 <p>$I = F \cdot t$</p>	El impulso $I = F \cdot t$ puede aumentar el momento lineal.
 <p>$I = F \cdot t$</p>	También es posible que el impulso $I = F \cdot t$ haga decrecer el momento lineal, si tiene sentido contrario a éste.

Principio de conservación del momento lineal: Cuando un sistema de partículas no recibe impulso del exterior, su momento lineal total es constante.

Choques elásticos

Cuando dos cuerpos chocan puede que parte de la energía que llevan se utilice en deformarlos o bien se disipe en forma de calor, o puede que esta pérdida sea despreciable.

Si en un choque se conserva la energía cinética total de las partículas, el choque se considera elástico. En este caso, la conservación del momento lineal y de la energía cinética determinan totalmente la velocidad de cada partícula tras el choque,

Aunque en la Naturaleza no se puede decir que existan choques totalmente elásticos, hay muchos casos en que la variación de energía en un choque es tan pequeña que no se puede detectar. En esas circunstancias diremos que el choque es elástico.

En la siguiente escena observamos un choque frontal de dos bolas de billar que cumplen la condición de choque elástico



A.1: Cambiando los valores de la masa de una de las bolas anota las velocidades que se obtienen. ¿Hay algún caso en que alguna de las bolas tenga más velocidad antes que después del choque?

A.2: Haz que una de las dos bolas esté inicialmente quieta y que las dos bolas tengan la misma masa. ¿Qué ocurre tras el choque?. ¿Y si la masa de la bola en reposo fuera mucho mayor que la de la otra? ¿En qué casos se produce más transferencia de momento y de energía de una bola a la otra? (recuerda que la energía cinética de un cuerpo en movimiento vale $E=1/2 \cdot m \cdot v^2$)

A.3: Prueba ahora a dar a una de las bolas una velocidad pequeña en el mismo sentido que la velocidad de la otra bola. Comprueba ahora si se cumplen las mismas reglas de transferencia de momento y energía.

LIMPIAR: Borra los rastros dejados por las gráficas que tienen la opción "rastro" activada.

INICIO: Devuelve la escena a su estado inicial reiniciando los valores de los controles y auxiliares. Si hay animación automática, ésta comienza de nuevo.

RETROCESO: Este es el botón de "reinicio de animación". Reinicia la animación de manera que no continúa donde se detuvo sino que comienza de nuevo.

PLAY: arranca, detiene o continúa la animación. Si la animación no ha comenzado, este botón la arranca. Si la animación está funcionando, el botón la detiene. Si la animación está detenida, el botón la hace continuar. Para hacerla comenzar de nuevo hay que pulsar el botón de "reinicio de animación" ("|<<").

CHOQUES ABSOLUTAMENTE INELÁSTICOS

Un choque es absolutamente inelástico cuando se produce la mayor pérdida de energía posible, compatible con la conservación del momento lineal total. En el caso de choques frontales, esto supone que ambas partículas quedan adheridas una a otra.

Al contrario que en el caso del choque elástico, existen numerosos casos de choques absolutamente inelásticos.

Esto es lo que sucede, por ejemplo, cuando una bala se incrusta en un bloque de madera, o cuando un núcleo atómico absorbe una partícula en un reactor nuclear.

En la siguiente escena supondremos que se produce un choque de esta especie entre dos bolas de billar.



A.1: 1.- Si variamos la masa de una de las dos bolas ¿cómo varía la proporción de energía perdida? ¿Eres capaz de encontrar algún valor de la masa para el que las dos partículas queden en reposo?

A.2: Varía ahora la velocidad de una de las bolas. ¿Cómo varía la proporción de energía perdida? ¿Eres capaz de encontrar algún valor de la velocidad para el que las dos partículas queden en reposo?

A.3: Si has encontrado en las dos actividades anteriores las condiciones para que las partículas queden en reposo podrás responder a esta pregunta: ¿qué condición deben cumplir sus momentos lineales?.

LIMPIAR: Borra los rastros dejados por las gráficas que tienen la opción "rastro" activada.

INICIO: Devuelve la escena a su estado inicial reiniciando los valores de los controles y auxiliares. Si hay animación automática, ésta comienza de nuevo.

RETROCESO: Este es el botón de "reinicio de animación". Reinicia la animación de manera que no continúa donde se detuvo sino que comienza de nuevo.

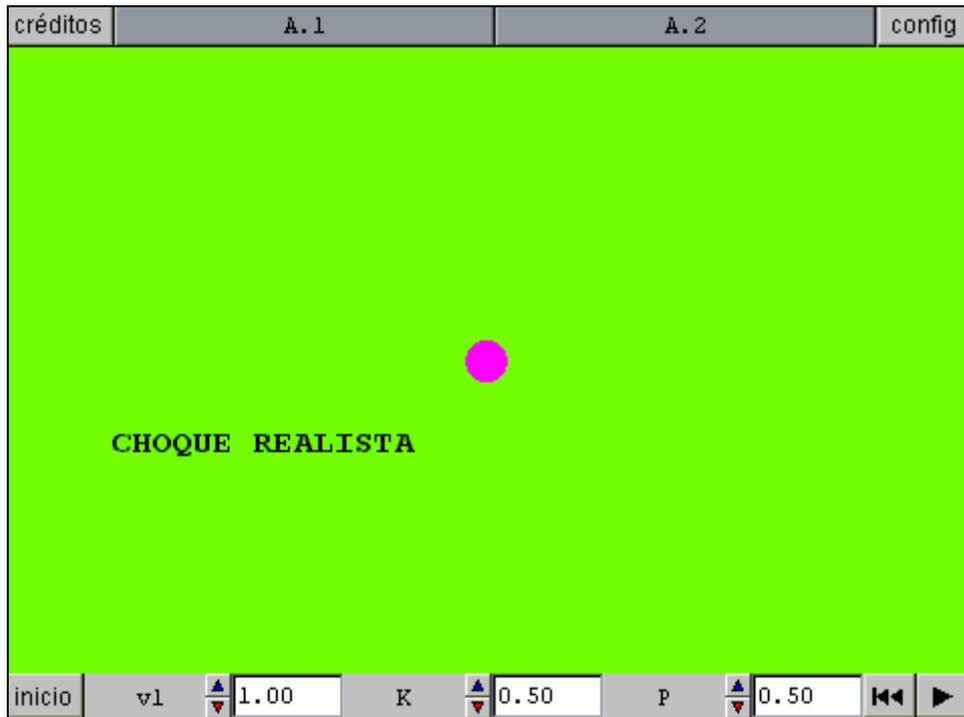
PLAY: arranca, detiene o continúa la animación. Si la animación no ha comenzado, este botón la arranca. Si la animación está funcionando, el botón la detiene. Si la animación está detenida, el botón la hace continuar. Para hacerla comenzar de nuevo hay que pulsar el botón de "reinicio de animación" ("|<<").

UN CHOQUE REALISTA

Los choques de partículas reales no tienen por qué ser totalmente elásticos o totalmente inelásticos. Existe un coeficiente K , llamado de restitución, que puede variar de 0 a 1 midiendo el grado de elasticidad.

También puede que los choques no sean frontales, por lo que existe un parámetro de impacto P que varía entre 1 para un choque frontal y 0 para el caso en que un cuerpo pasa rozando al otro.

El cambio de estos dos parámetros permite explicar prácticamente cualquier clase de colisión entre partículas. En la escena siguiente vamos a estudiar los efectos de un choque real entre dos bolas de billar. Para simplificar su comprensión, supondremos en todos los casos que una bola está inicialmente en reposo, mientras otra se dirige a colisionar con ella.



A.1: Si hacemos $P=1$ el choque será frontal. Si manteniendo este valor das a K diferentes valores entre 0 y 1 podrás ver la transición entre un choque totalmente inelástico y uno elástico.

A.2: Para un mismo valor de K , ve cambiando el de P y anotando en cada caso la transferencia de energía de una a otra bola. ¿Qué relación hay entre esta transferencia y el valor de P ?

INICIO: Devuelve la escena a su estado inicial reiniciando los valores de los controles y auxiliares. Si hay animación automática, ésta comienza de nuevo.

RETROCESO: Este es el botón de "reinicio de animación". Reinicia la animación de manera que no continúa donde se detuvo sino que comienza de nuevo.

PLAY: arranca, detiene o continúa la animación. Si la animación no ha comenzado, este botón la arranca. Si la animación está funcionando, el botón la detiene. Si la animación está detenida, el botón la hace continuar. Para hacerla comenzar de nuevo hay que pulsar el botón de "reinicio de animación" ("|<<").

CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO DE LOS CHOQUES ENTRE PARTÍCULAS

- Existen **dos casos ideales en los que es posible determinar totalmente cómo se va a mover cada partícula después de un choque:**
 - **El choque frontal elástico**, donde se conserva tanto la energía cinética como el momento lineal.
 - **El choque frontal absolutamente inelástico**, donde ambas partículas permanecen unidas tras el choque. En este caso se produce la mayor pérdida de energía posible..
- Los choques reales oscilarán entre estos dos extremos según el valor de un coeficiente llamado de restitución. Además, no son necesariamente frontales. Un choque tangencial tiene un parámetro de impacto 0 , mientras que para uno frontal este parámetro vale 1.

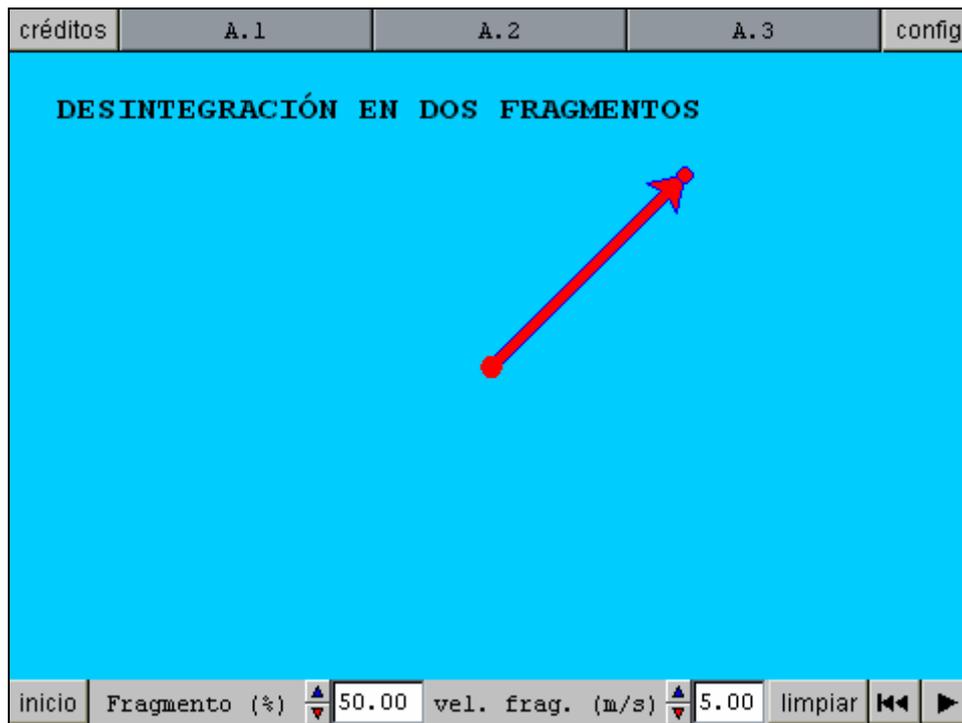
DESINTEGRACIÓN DE PARTÍCULAS EN DOS FRAGMENTOS

Si un cuerpo está en reposo y, por causas internas, se separa en fragmentos, se seguirá cumpliendo la conservación del momento lineal porque sigue sin haber fuerzas externas que lo modifiquen.

Gracias a este principio de conservación, por ejemplo, si una persona situada sobre una pista de hielo lanza una bola de nieve en una dirección, no puede evitar desplazarse en sentido opuesto. Del mismo modo, si un fusil dispara un proyectil, el fusil sale despedido en sentido opuesto (a menos que lo sujetemos fuertemente y resistamos el impulso de retroceso).

Dentro del mundo atómico, el principio de conservación del momento lineal es también el responsable de que, si un núcleo atómico se desintegra emitiendo una partícula, el resto del núcleo debe moverse en sentido opuesto.

En la siguiente escena vemos las normas que rigen la separación de un cuerpo en dos fragmentos.



A.1: Varía la posición de la flecha. ¿Qué observas en todos los casos de la dirección y sentido del movimiento de los dos fragmentos?

A.2: Varía la masa del primer fragmento entre los extremos que ofrece el programa. ¿Cómo se porta la velocidad del segundo fragmento? Calcula en cada caso el momento lineal de las dos partículas. Si tenemos en cuenta que las dos se mueven en sentidos opuestos ¿cuánto vale el momento lineal total?

A.3: Un caso particularmente interesante es el que obtenemos cuando uno de los dos fragmentos es lo más ligero y rápido posible. Estamos ante una aproximación del movimiento de retroceso que se da cuando un fusil dispara una bala. Calcula en este caso el momento lineal y la energía cinética para los dos fragmentos. Verás cómo, aunque la bala y el fusil adquieren momentos idénticos, su energía no lo es.

LIMPIAR: Borra los rastros dejados por las gráficas que tienen la opción "rastro" activada.

INICIO: Devuelve la escena a su estado inicial reiniciando los valores de los controles y auxiliares. Si hay animación automática, ésta comienza de nuevo.

RETROCESO: Este es el botón de "reinicio de animación". Reinicia la animación de manera que no continúa donde se detuvo sino que comienza de nuevo.

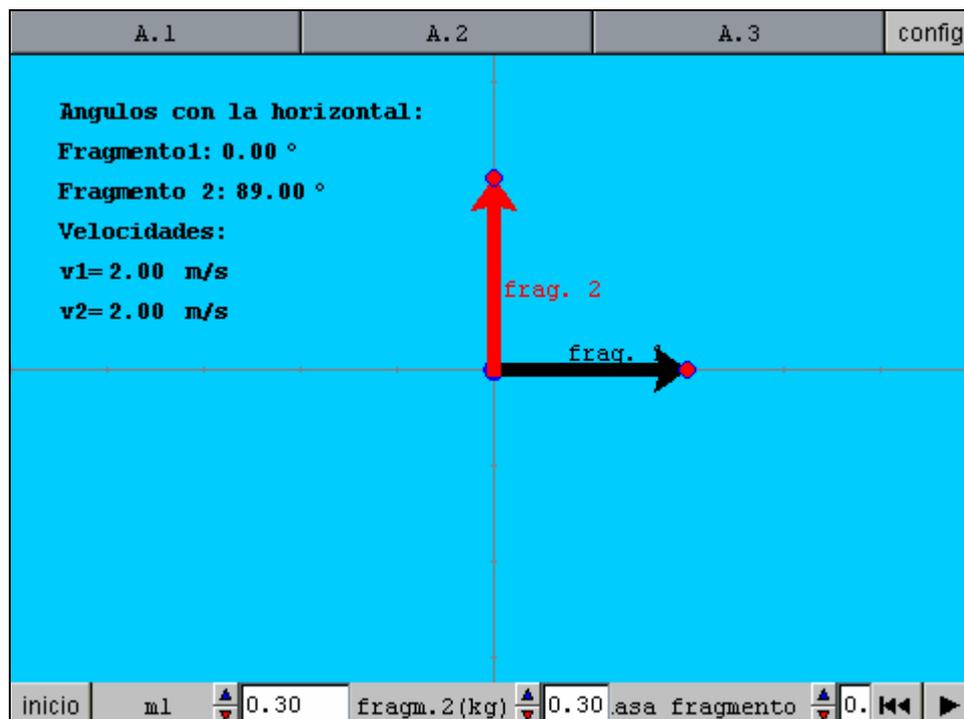
PLAY: arranca, detiene o continúa la animación. Si la animación no ha comenzado, este botón la arranca. Si la animación está funcionando, el botón la detiene. Si la animación está detenida, el botón la hace continuar. Para hacerla comenzar de nuevo hay que pulsar el botón de "reinicio de animación" ("|<<").

DESINTEGRACIÓN DE PARTÍCULAS EN TRES FRAGMENTOS

Cuando un cuerpo se desintegra, no tiene que hacerlo forzosamente en dos partes; puede que la desintegración se produzca en tres, cuatro o infinidad de fragmentos.

La explosión de un cohete de feria, por ejemplo, conlleva su desintegración en multitud de fragmentos. ¿Pueden tener los fragmentos cualquier dirección y velocidad? Pues casi, casi; salvo que la conservación del momento lineal limita las posibilidades de, por lo menos, alguno de ellos.

En la siguiente escena vemos las normas que rigen la separación de un cuerpo en tres fragmentos, aunque las conclusiones que extraigamos pueden tener una validez general.



A.1: Observa la simulación con los datos iniciales. El tercer fragmento, el azul, debe compensar el momento lineal de los otros dos. Fíjate que su velocidad y su momento lineal en cada uno de los dos ejes corresponde con el de cada uno de los otros fragmentos. Puedes confirmarlo alterando la velocidad (no la dirección) de cualquiera de ellos o sus masas.

A.2: Si haces que los dos primeros fragmentos tengan la misma dirección y sentido, podrás comprobar que el momento lineal del tercero es igual a la suma de los otros dos. Obsérvalo para varios valores de masas y velocidades.

A.3: Si haces que los dos primeros fragmentos tengan la misma dirección y sentidos opuestos, podrás comprobar que el momento lineal del tercero es igual a la diferencia de los otros dos. Obsérvalo para varios valores de masas y velocidades.

INICIO: Devuelve la escena a su estado inicial reiniciando los valores de los controles y auxiliares. Si hay animación automática, ésta comienza de nuevo.

RETROCESO: Este es el botón de "reinicio de animación". Reinicia la animación de manera que no continúa donde se detuvo sino que comienza de nuevo.

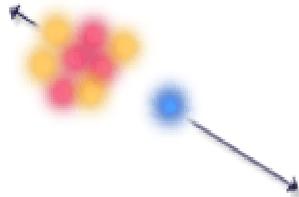
PLAY: arranca, detiene o continúa la animación. Si la animación no ha comenzado, este botón la arranca. Si la animación está funcionando, el botón la detiene. Si la animación está detenida, el botón la hace continuar. Para hacerla comenzar de nuevo hay que pulsar el botón de "reinicio de animación" ("|<<").

CONCLUSIONES SOBRE DESINTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE PARTÍCULAS

Cuando un sistema se desintegra en dos, tres o cualquier número de partículas, bajo la única acción de fuerzas internas, el momento lineal se debe conservar.

Esta condición hace que, en todos los casos, uno de los fragmentos tiene una velocidad y dirección de movimiento determinada únicamente por la conservación del momento lineal.

Veamos un par de ejemplos:



Cuando un átomo se desintegra radiactivamente, el núcleo debe moverse en dirección opuesta a la partícula emitida, para conservar el momento lineal



Al lanzar un cohete, la masa y velocidad de los gases que escapan determina la velocidad que puede alcanzar el cohete en sentido opuesto, debido a la conservación del momento lineal.

EVALUACIÓN

1. Una partícula de 0,3 kg. y 1 m/s de velocidad choca frontalmente con otra de la misma masa que se mueve en sentido opuesto a 2 m/s. El choque es elástico. Calcula la velocidad de cada una tras el choque.

[choque elástico](#)

A La primera a 0,5 m/s y la segunda a 1,5 m/s. Ambas en el mismo sentido que tenían antes de chocar..

B La primera a 2 m/s y la segunda a 1 m/s. Ambas en el mismo sentido que tenían antes de chocar.

C La primera a 0,5 m/s y la segunda a 1,5 m/s. Ambas en el sentido opuesto al que tenían antes de chocar..

D La primera a 2 m/s y la segunda a 1 m/s. Ambas en el sentido opuesto al que tenían antes de chocar.

2. El momento lineal de una partícula depende

[momento lineal](#)

A De la fuerza que lleva la partícula

B De la masa, velocidad y densidad de una partícula

C De la masa, la aceleración y la temperatura de la partícula

D De la masa de la partícula y su velocidad

2. El momento lineal de una partícula depende

[momento lineal](#)

A De la fuerza que lleva la partícula

B De la masa, velocidad y densidad de una partícula

C De la masa, la aceleración y la temperatura de la partícula

D De la masa de la partícula y su velocidad

4. Después de un choque, puede cambiar la cantidad de velocidad de cada partícula, pero no puede cambiar la dirección.

[choque real](#)

A Falso, sólo en los choques elásticos permanece la misma dirección para cada partícula

B Falso, sólo en los choques absolutamente inelásticos permanece la misma dirección para cada partícula

C Cierto, si cambiaran de dirección no se conservaría el momento lineal total

D Falso, sólo en los choques frontales permanece la misma dirección para cada partícula

5. Los choques elásticos son aquellos en que...

[choque elástico](#)

- A Se pierde aproximadamente la mitad de la energía cinética
- B Se conservan momento lineal y energía cinética
- C Se conserva la energía cinética, pero no el momento lineal
- D Se conserva el momento lineal, pero no la energía cinética
- E Las partículas permanecen unidas tras el choque

6. ¿Es correcto decir que el impulso y el momento lineal son dos nombres diferentes para la misma magnitud o son magnitudes diferentes?

[impulso1](#) [impulso2](#)

- A El momento lineal mide la variación del impulso de un cuerpo
- B Son magnitudes totalmente independientes entre sí
- C El impulso mide la variación del momento lineal de un cuerpo
- D Sí, son palabras sinónimas, por lo tanto tienen el mismo significado
- E En realidad son conceptos opuestos

7. Cuando en un sistema formado por varias partículas no se ejercen fuerzas externas...

- A Se conserva el momento lineal total del sistema
- B Se conservan el momento lineal y la energía del sistema
- C Se conservan la masa y la velocidad de cada partícula
- D Se conserva la energía cinética del sistema
- E Se conserva el momento lineal de cada partícula

8. Cuando un sistema se desintegra en varios fragmentos, se conserva

- A El momento lineal que tenía cada partícula
- B La energía cinética total del sistema
- C El momento lineal total y la energía cinética total del sistema
- D El momento lineal total del sistema

9. Dos partículas A y B tienen 0,2 y 0,3 kg. de masa respectivamente. Ambas experimentan fuerzas de 2 N durante 3 s. ¿Cuál de las dos adquiere mayor velocidad? ¿Cuál de las dos adquiere mayor momento lineal?

[impulso y momento](#)

- A La menor, para que ambas posean el mismo incremento de momento lineal
- B Las dos igual, porque han recibido el mismo impulso
- C La mayor, para que ambas posean el mismo incremento de momento lineal

10. Una partícula en reposo se desintegra en otras dos. El primer fragmento, con el 20% de la masa, adquiere una velocidad de 3 m/s. ¿Qué velocidad adquirirá el segundo?

[Desintegración](#)

- A 0,75 m/s en el mismo sentido
- B 3 m/s en sentido opuesto
- C 1 m/s en sentido opuesto
- D 0,75 m/s en sentido opuesto
- E 3 m/s en sentido opuesto