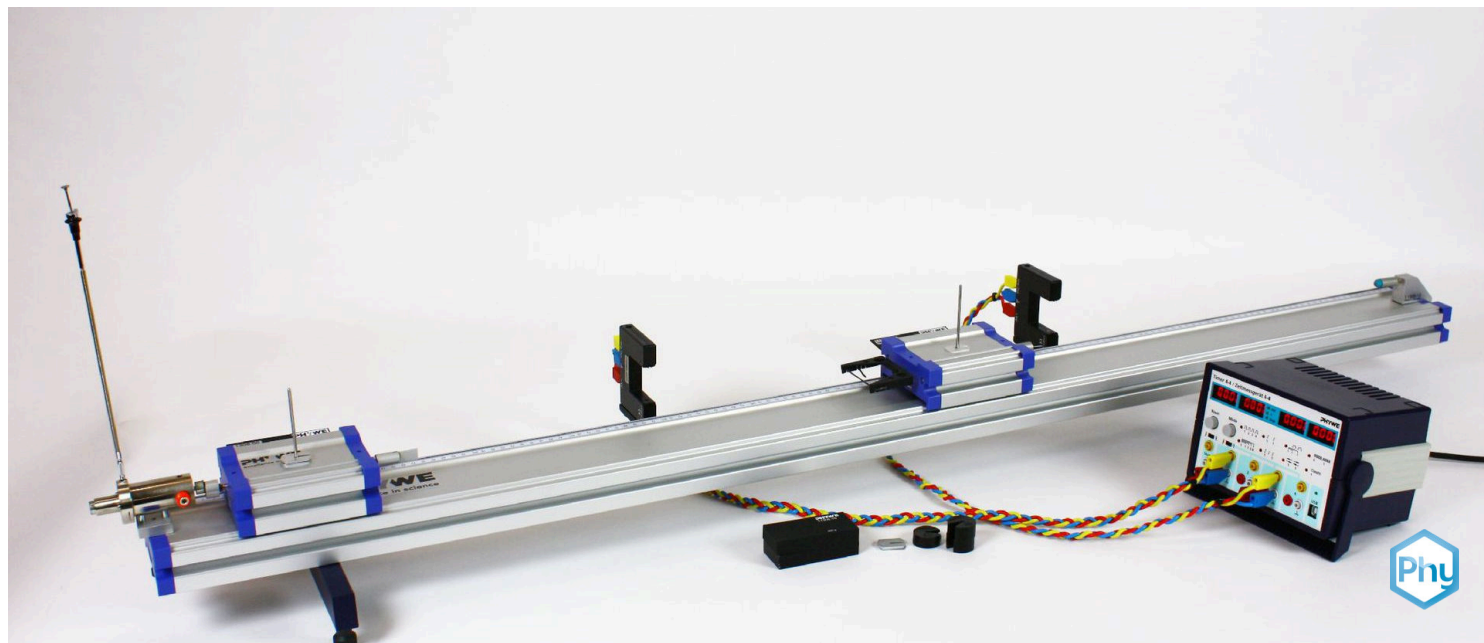


Conservación del momento en colisiones inelásticas con riel de demostración y cronómetro 4-4



Física

Mecánica

Conservación e impulso de la energía



Nivel de dificultad

medio



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

10 minutos



Tiempo de ejecución

20 minutos

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/6326245c684a8400030a2186>

PHYWE



Información para el profesor

Aplicación

PHYWE



Montaje del experimento

El impacto de una fuerza sobre un cuerpo se define como la fuerza ejercida por una fuerza. F es el cambio de momento provocado en un tiempo corto t . El impulso p se define como el producto de la fuerza por el tiempo y se mantiene si no hay pérdidas por fricción y el impacto es elástico.

Esto significa que en un sistema cerrado de cuerpos diferentes, éstos pueden transmitir o absorber momento, pero el momento total del sistema es constante en términos de tiempo y magnitud y la energía es por tanto una cantidad de conservación.

Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE



Conocimiento previo



Principio

El concepto básico de un impacto elástico y la mecánica clásica ya deberían haberse tratado en clase.

Si dos carros chocan elásticamente, se transfieren un impulso el uno al otro y luego siguen adelante con los impulsos cambiados.

La dirección de los movimientos también puede invertirse, pero el momento total del sistema antes del impacto sigue siendo el mismo después del impacto:

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$$

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo



Tareas

Si el impacto es completamente elástico, la energía cinética del sistema también se conserva:

$$E_{kin} = E'_{kin}.$$

1. Determinación de los impulsos antes y después del impacto elástico de un carro en movimiento con un carro parado.
2. Determinación de los impulsos antes y después del impacto elástico de dos carros en movimiento con la misma dirección de desplazamiento.
3. Determinación de los impulsos antes y después del impacto elástico de dos carros en movimiento con direcciones opuestas.

Instrucciones de seguridad

PHYWE

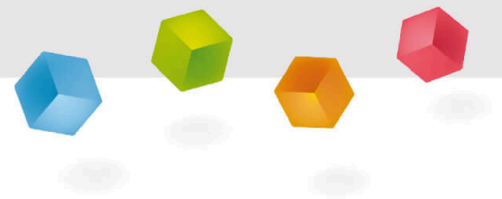


Las instrucciones generales para la experimentación segura en las clases de ciencias se aplican a este experimento.

Material

| Posición | Material | Artículo No. | Cantidad |
|----------|---|--------------|----------|
| 1 | Riel de aluminio, l=1.5 m | 11305-00 | 1 |
| 2 | Carro con cojinete de baja fricción de zafiro | 11306-00 | 2 |
| 3 | PANTALLA PARA CARRITO DE MEDICION | 11308-00 | 2 |
| 4 | HORQUILLA CON ENCHUFE | 11202-08 | 1 |
| 5 | CINTAS DE GOMA P.HORQUILLA,10 UN. | 11202-09 | 1 |
| 6 | PLACA CON ENCHUFE | 11202-10 | 1 |
| 7 | AGUJA CON ENCHUFE | 11202-06 | 1 |
| 8 | TUBITO CON ENCHUFE | 11202-05 | 1 |
| 9 | Plastilina, 10 barras | 03935-03 | 1 |
| 10 | Pesa para carro de baja fricción 400 g | 11306-10 | 2 |
| 11 | SOPORTE FINAL P. 11305-00 | 11305-12 | 1 |
| 12 | ARRANCADOR P.11305-00 | 11309-00 | 1 |
| 13 | IMAN DE RETENCION CON ENCHUFE | 11202-14 | 1 |
| 14 | Barrera fotoeléctrica compacta | 11207-20 | 2 |
| 15 | SOPORTE PARA BARRERA FOTOELECTRICA | 11307-00 | 2 |
| 16 | PHYWE CRONOMETRO 4-4 | 13604-99 | 1 |
| 17 | Cable de conexión, 32 A, 1000 mm, rojo | 07363-01 | 2 |
| 18 | CABLE DE CONEX., 32 A, 1000 mm, AMARILLO | 07363-02 | 2 |
| 19 | Cable de conexión, 32 A, 1000mm, AZUL | 07363-04 | 2 |
| 20 | BALANZA PORTATIL, OHAUS CR2200 | 48914-00 | 1 |
| 21 | PESA DE RANURA 1 G | 03916-00 | 10 |
| 22 | Peso con ranura, 10 g, plateado | 02205-03 | 4 |
| 23 | Peso con ranura, 10 g, plateado | 02205-03 | 4 |
| 24 | Peso con ranura, 50 g, platado | 02206-03 | 3 |
| 25 | Peso con ranura, 50 g, platado | 02206-03 | 3 |

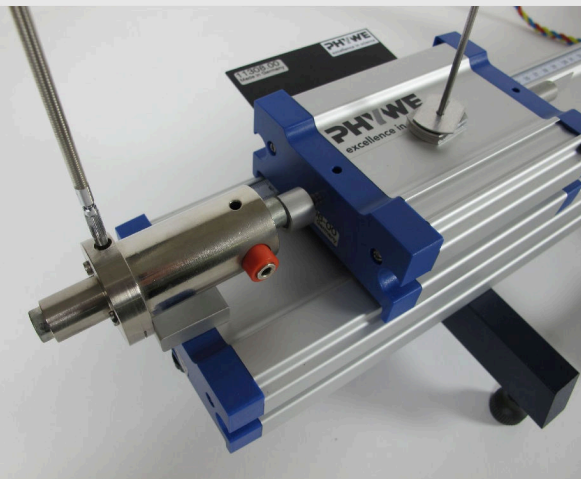
PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje (1/5)

PHYWE



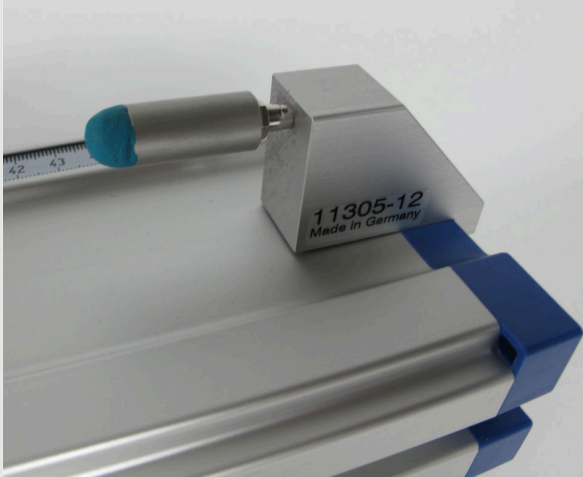
Dispositivo de lanzamiento para el choque

1. El carril debe estar alineado horizontalmente con la mayor precisión posible mediante los tres tornillos de ajuste de las patas.
2. Se instalará un dispositivo de lanzamiento en el extremo izquierdo de la pista.

Tener en cuenta que para arrancar el carro con impulso inicial, el dispositivo de arranque debe estar montado de forma que el carro reciba un impulso de fuerza del ariete.

Montaje (2/5)

PHYWE



Soporte de extremo con plastilina

3. Un tubo lleno de plastilina se introduce en el soporte del extremo derecho de la vía para frenar el carro sin que se produzca un impacto fuerte.

4. Las dos barreras luminosas bifurcadas se montan con los soportes de las barreras luminosas en la calzada y se colocan aproximadamente en las marcas de 50 cm y 100 cm. La barrera de luz que está más cerca del dispositivo de inicio se llama barrera de luz 1, la otra barrera de luz 2.


Montaje (3/5)

PHYWE



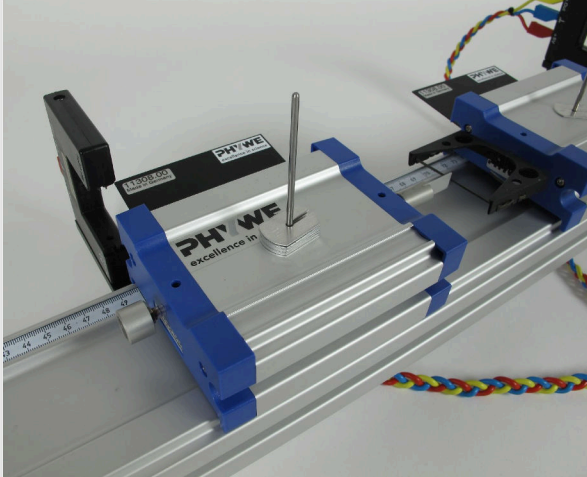
Conexión de las barreras de luz

5. La barrera de luz 1 se conecta a las tomas del campo "1", la barrera de luz 2 a las tomas del campo "3" del aparato de medición del tiempo. Las tomas amarillas de las barreras luminosas se conectan a las tomas amarillas del aparato de medición, las tomas rojas a las tomas rojas y las tomas azules de las barreras luminosas a las tomas blancas del aparato de medición del tiempo.

6. Los dos interruptores deslizantes del temporizador se colocan en la posición derecha "flanco descendente" () para seleccionar el flanco de disparo.

Montaje (4/5)

PHYWE



Impacto elástico tras la barrera de luz

7. Los dos carros de medición se colocan en la calzada.

- El carro izquierdo, que está más cerca del dispositivo de lanzamiento (en adelante denominado carro 1 con velocidad v_1) se monta con el imán de sujeción con clavija en el sentido del dispositivo de arranque y con la placa con clavija en el sentido de la marcha.

Montaje (5/5)

PHYWE




Empuje completado

- En los laterales del carro derecho (carro 2 con v_2), la horquilla con la banda de goma se inserta en la dirección del carro 1 y la aguja con el tapón se inserta de cara al soporte del extremo.
- En ambos carros, los paneles de medición de los carros ($b=100\text{ mm}$) van encajados en el lado en el que se van a situar las barreras luminosas en forma de horquilla.

Ejecución (1/6)

PHYWE

1. Para realizar todas las mediciones, el aparato de medición del tiempo debe estar en el modo de funcionamiento 6 "Choque" (). Sólo las entradas de control 1 y 3 están activas.

Medir hasta dos tiempos de sombreado en cada barrera luminosa.

Los tiempos de interrupción en la barrera de luz 1 se emiten en las dos primeras pantallas, los tiempos de la barrera de luz 2 en las dos pantallas posteriores.

La primera interrupción de una barrera de luz se emite en la pantalla izquierda, la segunda en la pantalla derecha.

2. Al principio de la medición, determinar siempre las masas de los carros mediante la balanza.

Para correcciones pequeñas (especialmente cuando se desean masas de igual tamaño), las pesas de 1 g con ranura son adecuadas.

Ejecución (2/6)

PHYWE

3. Antes de iniciar cualquier prueba de impacto, pulsar el botón "Reset" para restablecer las pantallas.

4. Las velocidades $v_i = b/t_i$ deben determinarse siempre a partir de todos los tiempos de sombreado t_i con la longitud de apertura $b = 100$ mm.

Como las velocidades son cantidades vectoriales, hay que prestar atención al signo de las cantidades. Todas las velocidades opuestas a v_1 tienen un signo opuesto a v_1 .

5. Para distinguir los diferentes datos de medición de los carros, los tiempos de sombreado antes del impacto se designarán como t_1 y t_2 y después del impacto como t_1' y t_2' respectivamente.

Se utilizará la misma nomenclatura para las velocidades e impulsos calculados a partir de ellas.

Ejecución (3/6)

PHYWE

a) Carro 1 en movimiento, carro 2 en reposo:

1. La barrera luminosa 1 debe colocarse aproximadamente a la altura de la marca del carril 50 cm, la barrera luminosa 2 a 100 cm.
2. El carro 1 se coloca en el dispositivo de salida, el carro 2 se sitúa entre las dos barreras luminosas. Asegurarse de que el carro 1 haya atravesado completamente la barrera de luz cuando toque el carro 2. Además, el impacto debe estar completamente terminado antes de que la abertura del carro 2 alcance la barrera de luz 2.

Ejecución (4/6)

PHYWE

3. El carro 1 se acelera con el dispositivo de arranque en dirección al carro 2. En el proceso se le da una velocidad inicial v_1 y empuja al carro 2, que viaja a la velocidad de v_2 .

Si las masas de los carros son diferentes, el carro 1 viaja a la velocidad v'_1 detrás o se refleja. Las pantallas del dispositivo de cronometraje entregan de izquierda a derecha: $(t_1/-/t'_2/t'_1)$ respuesta. $(t_1/t'_1/t'_2/-)$.

4. La medición se repite para diferentes masas de carros y relaciones de masas.

Ejecución (5/6)

PHYWE

b) Carro 1 y carro 2 en movimiento, en la misma dirección:

1. La barrera luminosa 1 debe estar a unos 30 cm de la marca del carril, la barrera luminosa 2 a 100 cm.
2. El carro 1 se coloca en el dispositivo de salida, el carro 2 se coloca entre las dos barreras de luz.
3. El carro 2 recibe un pequeño empujón con la mano en dirección al soporte del extremo antes de que el carro 1 se ponga en movimiento con el motor de arranque. El empuje debe completarse antes de que el carro 2 haya alcanzado la barrera de luz 2. ($v_1 > v_2$). Las pantallas del dispositivo de cronometraje proporcionan de izquierda a derecha: $(t_1/-/t'_2/t'_1)$.
4. Repetir la medición para diferentes masas y relaciones de los carros.

Ejecución (6/6)

PHYWE

c) Carro 1 y carro 2 en movimiento, sentido contrario:

1. La barrera luminosa 1 debe colocarse aproximadamente a la altura de la marca del carril 40 cm, la barrera luminosa 2 a 100 cm.
2. Los carros se colocan en lados opuestos fuera de las barreras luminosas y se les da a ambos una velocidad inicial. Para ello, los dos carros pueden ser empujados a mano o se acelera el carro 1 con el dispositivo de arranque.

Alternativamente, el soporte del extremo puede ser sustituido por un segundo dispositivo de inicio para que la prueba pueda llevarse a cabo en condiciones reproducibles.

3. El empuje entre los dos carros sólo puede tener lugar cuando hayan atravesado completamente las barreras de luz. A continuación, los carros se alejan unos de otros y vuelven a atravesar las barreras de luz. Las pantallas del dispositivo de cronometraje proporcionan de izquierda a derecha: $(t_1/t'_1/t_2/t'_2)$.
4. Repetir la medición para diferentes masas y relaciones de los carros.

Resultados (1/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 1 con la misma dirección, $m_1 = m_2, v_1 \neq, v_2=0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s |
|------------------------|------------|--|---|---|-------------|---------------|------------------|
| 0,4 | 0,166 | 0,602 | 0,241 | 0,4 | 0,175 | 0,571 | 0,229 |
| 0,54 | 0,198 | 0,505 | 0,273 | 0,54 | 0,211 | 0,474 | 0,256 |
| 0,8 | 0,242 | 0,413 | 0,331 | 0,8 | 0,265 | 0,377 | 0,302 |
| $p_2' - p_1$ in kg·m/s | | E_{kin} in kg·m ² /s ² | E_{kin}' in kg·m ² /s ² | $E_{kin}' - E_{kin}$ in kg·m ² /s ² | | δ | |
| -0,012 | | 0,0726 | 0,0653 | -0,0073 | | 0,949 | |
| -0,017 | | 0,0689 | 0,0606 | -0,0082 | | 0,938 | |
| -0,029 | | 0,0683 | 0,057 | -0,0113 | | 0,913 | |

Resultados (2/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 1 con la misma dirección, $m_1 > m_2, v_1 \neq, v_2=0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s |
|-------------|---------------|------------------|---------------------------------|--|---|---|------------------|
| 0,8 | 0,174 | 0,575 | 0,46 | 0,4 | 0,135 | 0,741 | 0,296 |
| 1 | 0,172 | 0,581 | 0,581 | 0,4 | 0,126 | 0,794 | 0,317 |
| 1,2 | 0,159 | 0,629 | 0,755 | 0,4 | 0,111 | 0,901 | 0,36 |
| t_1' in s | v_1' in m/s | p_1' in kg·m/s | $(p_1' + p_2') - p_1$ in kg·m/s | E_{kin} in kg·m ² /s ² | E_{kin}' in kg·m ² /s ² | $E_{kin}' - E_{kin}$ in kg·m ² /s ² | δ |
| 0,535 | 0,187 | 0,15 | -0,014 | 0,132 | 0,124 | -0,008 | 0,964 |
| 0,411 | 0,243 | 0,243 | -0,021 | 0,169 | 0,156 | -0,013 | 0,947 |
| 0,327 | 0,306 | 0,367 | -0,027 | 0,237 | 0,218 | -0,019 | 0,946 |

Resultados (3/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 1 con la misma dirección, $m_1 < m_2$, $v_1 \neq v_2=0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s |
|-------------|------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|------------------|
| 0,4 | 0,16 | 0,625 | 0,25 | 0,8 | 0,252 | 0,397 | 0,317 |
| 0,4 | 0,161 | 0,621 | 0,248 | 1 | 0,299 | 0,334 | 0,334 |
| 0,4 | 0,162 | 0,617 | 0,247 | 1,2 | 0,342 | 0,292 | 0,351 |

| t_1' in s | v_1' in m/s | p_1' in kg·m/s | $(p_1'+p_2')-p_1$ in kg·m/s | E_{kin} in kg·m ² /s ² | E_{kin}' in kg·m ² /s ² | $E_{kin}'-E_{kin}$ in kg·m ² /s ² | δ |
|-------------|---------------|------------------|-----------------------------|--|---|---|----------|
| 0,697 | -0,143 | -0,057 | 0,01 | 0,078 | 0,067 | -0,011 | 0,864 |
| 0,462 | -0,216 | -0,087 | -0,001 | 0,077 | 0,065 | -0,012 | 0,887 |
| 0,392 | -0,255 | -0,102 | 0,002 | 0,076 | 0,064 | -0,012 | 0,887 |

Resultados (4/18)

PHYWE

El momento p de un cuerpo de masa m puede calcularse con la ayuda de su velocidad v :

$$p = m \cdot v. \quad (1)$$

En el caso de una colisión central de dos masas m_1 y m_2 con los impulsos $p_1 = m_1 \cdot v_1$ y $p_2 = m_2 \cdot v_2$ antes del impacto y $p_1' = m_1' \cdot v_1'$ y $p_2' = m_2' \cdot v_2'$ después del impacto, se aplica la ley de conservación del momento:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'. \quad (2)$$

¿Es la velocidad v_2 no se conoce antes del impacto, se puede calcular a partir de las otras velocidades y masas:

$$v_2 = \frac{m_1 v_1' + m_2 v_2' - m_1 v_1}{m_2}. \quad (3)$$

Resultados (5/18)

PHYWE

En el caso de los impactos elásticos, además del impulso total, queda p también se obtiene la energía cinética E_{kin} del sistema total. La ley de conservación de la energía para la energía cinética antes y después del impacto es:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2. \quad (4)$$

Las dos leyes de conservación (2) y (4) pueden utilizarse para determinar las velocidades después del impacto v_1' y v_2' a partir de las velocidades iniciales v_1 y v_2 :

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}, \quad (5)$$

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}. \quad (6)$$

De las ecuaciones (5) y (6) se deduce para la diferencia de las velocidades:

$$v_2' - v_1' = v_1 - v_2 \quad (7)$$

Resultados (6/18)

PHYWE

La diferencia puede entenderse como una velocidad relativa con la que el carro 1 y el carro 2 se acercan o se alejan el uno del otro. La velocidad relativa antes y después del impacto es la misma. Como los impactos en el experimento nunca son completamente elásticos, se viola la ley de conservación de la energía cinética.

Así, las ecuaciones (5)-(7) pierden su validez estricta. Ahora se puede introducir un número de impacto δ (también llamado coeficiente de restitución), que es una medida de la elasticidad del impacto:

$$\delta = \frac{v_1' - v_2'}{v_2 - v_1}. \quad (8)$$

Este número de impacto asume el valor 1 en el caso de un impacto completamente elástico y el valor 0 en el caso de un impacto inelástico. Con esto, las ecuaciones (5) y (6) pueden transformarse en

$$v_1' = \frac{(m_1 - \delta m_2)v_1 + (1 + \delta)m_2v_2}{m_1 + m_2}, \quad (9)$$

$$v_2' = \frac{(m_2 - \delta m_1)v_2 + (1 + \delta)m_1v_1}{m_1 + m_2}. \quad (10)$$

Resultados (7/18)

PHYWE

Si se comparan las velocidades calculadas con los valores medidos en los ejemplos de medición 1 y 3, se puede ver claramente que coinciden muy bien cuando se incluyen los efectos inelásticos debidos al número de impactos.

a) Carro 1 en movimiento, carro 2 en reposo:

$m_1 = m_2$ Si las masas de los dos carros son iguales, el carro 1 que impacta transfiere su momento p_1 completamente al carro 2 y se detiene.

$m_1 > m_2$ Si la masa del carro 1 que impacta es mayor que la masa del carro parado, sólo se transfiere una parte del impulso. El carro 1 sigue moviéndose después del impacto, pero a menor velocidad que antes del mismo.

$m_1 < m_2$ Si la masa del carro 1 que impacta es menor que la masa del carro parado, se transmite un impulso mayor que el del carro 1 antes del impacto. De la conservación del momento se deduce que el carro 1 se refleja cuando choca con el carro 2.

Resultados (8/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 2 con la misma dirección, $m_1 = m_2, v_1 \neq v_2 \neq 0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | t_1' in s | v_1' in m/s | p_1' in kg·m/s |
|-------------|-------------|---------------|------------------|-------------|---------------|------------------|
| 0,4 | 0,114 | 0,877 | 0,351 | 0,286 | 0,35 | 0,14 |
| 0,54 | 0,114 | 0,877 | 0,474 | 0,283 | 0,353 | 0,191 |
| 0,8 | 0,108 | 0,926 | 0,741 | 0,233 | 0,429 | 0,343 |
| | | | | | | |
| m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s | t_2 in s | v_2 in m/s | p_2 in kg·m/s |
| 0,4 | 0,117 | 0,855 | 0,342 | — | 0,327 | 0,131 |
| 0,54 | 0,116 | 0,862 | 0,466 | — | 0,338 | 0,183 |
| 0,8 | 0,11 | 0,909 | 0,727 | — | 0,412 | 0,33 |

Resultados (9/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 2 con la misma dirección $m_1 > m_2, v_1 \neq, v_2 \neq 0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | t_1' in s | v_1' in m/s | p_1' in kg·m/s |
|-------------|-------------|---------------|------------------|-------------|---------------|------------------|
| 0,6 | 0,175 | 0,571 | 0,343 | 0,33 | 0,303 | 0,182 |
| 0,8 | 0,239 | 0,418 | 0,335 | 0,424 | 0,236 | 0,189 |
| 1,2 | 0,186 | 0,538 | 0,645 | 0,28 | 0,357 | 0,429 |
| | | | | | | |
| m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s | t_2 in s | v_2 in m/s | p_2 in kg·m/s |
| 0,4 | 0,163 | 0,613 | 0,245 | — | 0,211 | 0,084 |
| 0,4 | 0,21 | 0,476 | 0,19 | — | 0,111 | 0,044 |
| 0,4 | 0,15 | 0,667 | 0,267 | — | 0,125 | 0,05 |

Resultados (10/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 2 con $m_1 < m_2, v_1 \neq, v_2 \neq 0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | t_1' in s | v_1' in m/s | p_1' in kg·m/s |
|-------------|-------------|---------------|------------------|-------------|---------------|------------------|
| 0,4 | 0,161 | 0,621 | 0,248 | 0,3 | 0,333 | 0,133 |
| 0,4 | 0,16 | 0,625 | 0,25 | 0,383 | 0,261 | 0,104 |
| 0,4 | 0,161 | 0,621 | 0,248 | 0,537 | 0,186 | 0,074 |
| | | | | | | |
| m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s | t_2 in s | v_2 in m/s | p_2 in kg·m/s |
| 0,6 | 0,179 | 0,559 | 0,335 | — | 0,367 | 0,22 |
| 0,8 | 0,191 | 0,524 | 0,419 | — | 0,342 | 0,273 |
| 1 | 0,211 | 0,474 | 0,474 | — | 0,3 | 0,3 |

Resultados (11/18)

PHYWE

b) Carro 1 y carro 2 en movimiento, en la misma dirección:

1. Si las velocidades de los dos carros tienen la misma dirección, el carro más rápido 1 da un impulso al carro más lento 2.

2. $m_1 = m_2$ Si las masas de los dos carros son iguales, habrán intercambiado sus velocidades tras la colisión:

$$v'_2 = v_1 \text{ y } v'_1 = v_2 \quad (11)$$

3. $m_1 > m_2$ y $m_1 < m_2$ Durante el impacto, el carro 1 transfiere parte de su impulso. El carro 2 sigue avanzando con mayor velocidad, el carro 1 reduce su velocidad o incluso invierte el sentido de la marcha.

4. A partir de las mediciones, el impulso p_2 y la velocidad inicial v_2 según las ecuaciones (2) y (3).

Resultados (12/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 3 con dirección opuesta $m_1 = m_2, v_1 > 0, v_2 < 0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | t_1' in s | v_1' in m/s | p_1' in kg·m/s |
|-------------|-------------|---------------|------------------|-------------|---------------|------------------|
| 0,4 | 0,218 | 0,459 | 0,183 | 0,238 | -0,420 | -0,168 |
| 0,54 | 0,253 | 0,395 | 0,213 | 0,31 | -0,323 | -0,174 |
| 0,8 | 0,241 | 0,415 | 0,332 | 0,279 | -0,358 | -0,287 |
| m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s | t_2 in s | v_2 in m/s | p_2 in kg·m/s |
| 0,4 | 0,202 | -0,495 | -0,198 | 0,241 | 0,415 | 0,166 |
| 0,54 | 0,248 | -0,403 | -0,218 | 0,285 | 0,351 | 0,189 |
| 0,8 | 0,208 | -0,481 | -0,385 | 0,313 | 0,319 | 0,256 |

Resultados (13/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 3 con dirección opuesta $m_1 = m_2, v_1 > 0, v_2 < 0$

| $(p_1' + p_2') - (p_1 + p_2)$ in kg·m/s | E_{kin} in kg·m ² /s ² | E_{kin}' in kg·m ² /s ² | $E_{kin}' - E_{kin}$ in kg·m ² /s ² | δ |
|---|--|---|---|----------|
| 0,012 | 0,091 | 0,07 | -0,021 | 0,876 |
| 0,02 | 0,086 | 0,061 | -0,025 | 0,843 |
| 0,022 | 0,161 | 0,092 | -0,069 | 0,757 |

Resultados (14/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 3 con dirección opuesta $m_1 > m_2, v_1 > 0, v_2 < 0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | t_1' in s | v_1' in m/s | p_1' in kg·m/s |
|-------------|-------------|---------------|------------------|-------------|---------------|------------------|
| 0,54 | 0,188 | 0,532 | 0,287 | 0,437 | -0,229 | -0,124 |
| 0,8 | 0,238 | 0,42 | 0,336 | 0,648 | -0,154 | -0,123 |
| 0,8 | 0,234 | 0,427 | 0,342 | 0,527 | -0,190 | -0,152 |
| | | | | | | |
| m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s | t_2 in s | v_2 in m/s | p_2 in kg·m/s |
| 0,4 | 0,209 | -0,478 | -0,191 | 0,16 | 0,625 | 0,25 |
| 0,4 | 0,177 | -0,565 | -0,226 | 0,15 | 0,667 | 0,267 |
| 0,54 | 0,22 | -0,455 | -0,245 | 0,185 | 0,541 | 0,292 |

Resultados (15/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 3 con dirección opuesta $m_1 > m_2, v_1 > 0, v_2 < 0$

| $(p_1' + p_2') - (p_1 + p_2)$ in kg·m/s | E_{kin} in kg·m ² /s ² | E_{kin}' in kg·m ² /s ² | $E_{kin}' - E_{kin}$ in kg·m ² /s ² | δ |
|---|--|---|---|----------|
| 0,031 | 0,122 | 0,092 | -0,030 | 0,845 |
| 0,033 | 0,134 | 0,098 | -0,036 | 0,833 |
| 0,044 | 0,129 | 0,093 | -0,036 | 0,828 |

Resultados (16/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 3 con dirección opuesta $m_1 < m_2, v_1 > 0, v_2 < 0$

| m_1 in kg | t_1 in s | v_1 in m/s | p_1 in kg·m/s | t_1' in s | v_1' in m/s | p_1' in kg·m/s |
|-------------|-------------|---------------|------------------|-------------|---------------|------------------|
| 0,4 | 0,217 | 0,461 | 0,184 | 0,168 | -0,595 | -0,238 |
| 0,4 | 0,216 | 0,463 | 0,185 | 0,188 | -0,532 | -0,213 |
| 0,54 | 0,249 | 0,402 | 0,217 | 0,184 | -0,543 | -0,293 |
| m_2 in kg | t_2' in s | v_2' in m/s | p_2' in kg·m/s | t_2 in s | v_2 in m/s | p_2 in kg·m/s |
| 0,54 | 0,189 | -0,529 | -0,286 | 0,365 | 0,274 | 0,148 |
| 0,8 | 0,287 | -0,348 | -0,279 | 0,594 | 0,168 | 0,135 |
| 0,8 | 0,217 | -0,461 | -0,369 | 0,508 | 0,197 | 0,157 |

Resultados (17/18)

PHYWE

Ejemplo de medición 3 con dirección opuesta $m_1 < m_2, v_1 > 0, v_2 < 0$

| $(p_1' + p_2') - (p_1 + p_2)$ in kg·m/s | E_{kin} in kg·m ² /s ² | E_{kin}' in kg·m ² /s ² | $E_{kin}' - E_{kin}$ in kg·m ² /s ² | δ |
|---|--|---|---|----------|
| 0,011 | 0,118 | 0,091 | -0,027 | 0,878 |
| 0,015 | 0,091 | 0,068 | -0,024 | 0,863 |
| 0,016 | 0,128 | 0,095 | -0,033 | 0,858 |

Resultados (18/18)

PHYWE

c) Carro 1 y carro 2 en movimiento, sentido contrario:

$m_1 = m_2$ Con direcciones de movimiento opuestas y masas iguales, los carros invierten su dirección de movimiento durante la colisión y sus cantidades de velocidad se invierten después de la colisión.

$m_1 > m_2$ y $m_1 < m_2$: Para masas desiguales de los carros, se reflejan e invierten sus direcciones de movimiento.

Observaciones (1/2)

PHYWE

1. Para acelerar el carro 1 con el dispositivo de arranque, se empuja el ariete hasta que se bloquea en un pestillo. Como el dispositivo de arranque proporciona tres pasos de diferente tamaño, se debe tener cuidado de utilizar el mismo retén para cada intento, de modo que se transmita la misma fuerza cuando se libere el dispositivo de arranque.
2. Hay que tener cuidado de que la banda elástica no sea empujada hacia atrás tanto durante el empuje que la placa de un carro toque la horquilla del otro carro.
3. Las velocidades demasiado bajas provocan mayores pérdidas de energía, especialmente cuando se utilizan gomas más antiguas que ya no tienen mucha fuerza de resorte.

Observaciones (2/2)

PHYWE

4. Antes de cada medición debe comprobarse el correcto ajuste de ambos paneles en los carros, ya que pueden deslizarse debido a un frenado brusco.
 5. La plastilina debe ser remodelada en el medio si es necesario para que el impacto del carro sea siempre amortiguado de la mejor manera posible.
 6. Los carros no se mueven completamente sin fricción, sigue habiendo una fricción residual y el momento total disminuye ligeramente en un 6 % aproximadamente. Otra razón para la disminución del impulso total después del impacto puede ser también que el impacto no sea exactamente central.
- Esto da lugar a componentes del momento que son perpendiculares a la dirección de la trayectoria, pero no se tienen en cuenta en la evaluación. El impacto tampoco es completamente elástico: la energía cinética disminuye aquí hasta un 25 %.