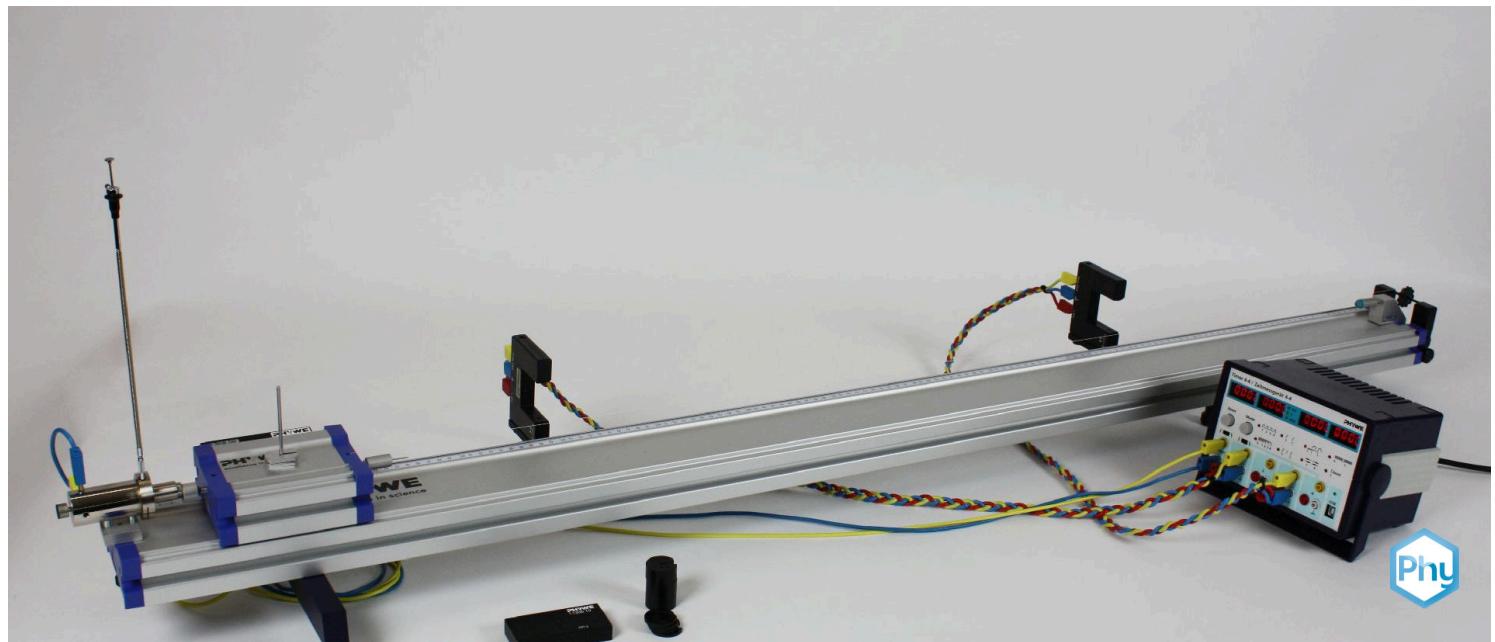


Ley fundamental de la dinámica (segunda ley de Newton) con riel de demostración y cronómetro 4-4



Física

Mecánica

Conservación e impulso de la energía



Nivel de dificultad

medio



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

20 minutos



Tiempo de ejecución

10 minutos

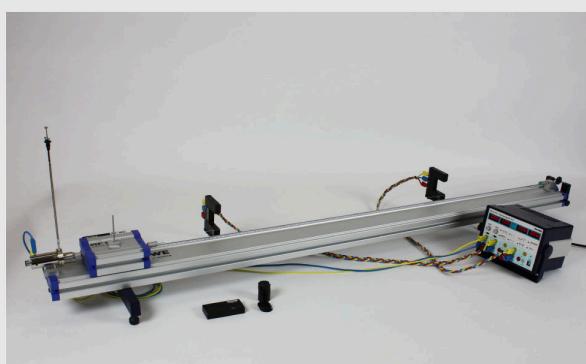
This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/632da94f1eab0500035ce27d>

PHYWE

Información para el profesor

Aplicación

PHYWE

Montaje del experimento

Si una fuerza constante actúa sobre un cuerpo, éste experimenta una aceleración constante. Su cambio de movimiento es proporcional a la fuerza de aceleración.

Aquí se deben describir las relaciones entre la aceleración de un carro y su masa o la fuerza de aceleración en la pista de rodillos.

Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE



**Conocimiento
previo**

Los estudiantes deben estar familiarizados con el concepto básico y la terminología de los axiomas de Newton y las ecuaciones clásicas del movimiento.



Principio

La relación entre la masa y la aceleración se considera para diferentes masas inerciales y diferentes fuerzas de aceleración.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo

El 2º axioma de Newton establece que el cambio de movimiento de un cuerpo es proporcional a la fuerza actuante:

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



Tareas

1. Determinación de la aceleración en función de la masa acelerada.
2. Determinación de la aceleración en función de la fuerza.

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	1
3	PANTALLA PARA CARRITO DE MEDICION	11308-00	1
4	ARRANCADOR P.11305-00	11309-00	1
5	IMAN DE RETENCION CON ENCHUFE	11202-14	1
6	AGUJA CON ENCHUFE	11202-06	1
7	TUBITO CON ENCHUFE	11202-05	1
8	SOPORTE FINAL P. 11305-00	11305-12	1
9	Plastilina, 10 barras	03935-03	1
10	Polea para pista de demostración	11305-10	1
11	Soporte para polea	11305-11	1
12	HILO DE SEDA, L 200 M	02412-00	1
13	Peso con ranura, 10 g, plateado	02205-03	8
14	Peso con ranura, 50 g, platado	02206-03	4
15	Pesa para carro de baja fricción 400 g	11306-10	1
16	PESA DE RANURA 1 G	03916-00	20
17	PLATILLO DE PESAS 1 g	02407-00	1
18	Barrera fotoeléctrica compacta	11207-20	2
19	SOPORTE PARA BARRERA FOTOELECTRICA	11307-00	2
20	PHYWE CRONOMETRO 4-4	13604-99	1
21	Cable de conexión, 32 A, 1000 mm, rojo	07363-01	4
22	CABLE DE CONEX., 32 A, 1000 mm, AMARILLO	07363-02	5
23	Cable de conexión, 32 A, 1000mm, AZUL	07363-04	5
24	BALANZA PORTATIL, OHAUS CR2200	48914-00	1

PHYWE

Montaje y ejecución

Montaje (1/6)

PHYWE

Dispositivo de lanzamiento sin choque

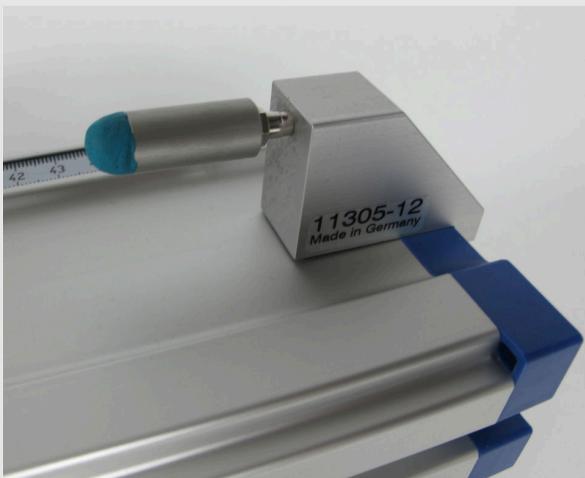
1. Para compensar los pequeños efectos de la fricción, el carro debe ajustarse con una ligera inclinación mediante los tornillos de ajuste de las patas, de modo que el carro de medición no empiece a rodar hacia la derecha.

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 montarse de forma que el sello se aleje del carro de medición cuando se dispare.

Montaje (2/6)

PHYWE



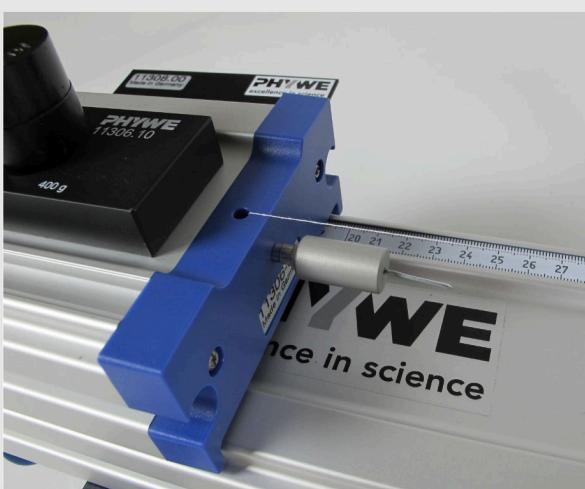
Soporte de extremo con plastilina

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. La polea de desviación se fija en el extremo derecho de la pista con el soporte de la polea de desviación y se inserta la rueda incremental.

Montaje (3/6)

PHYWE

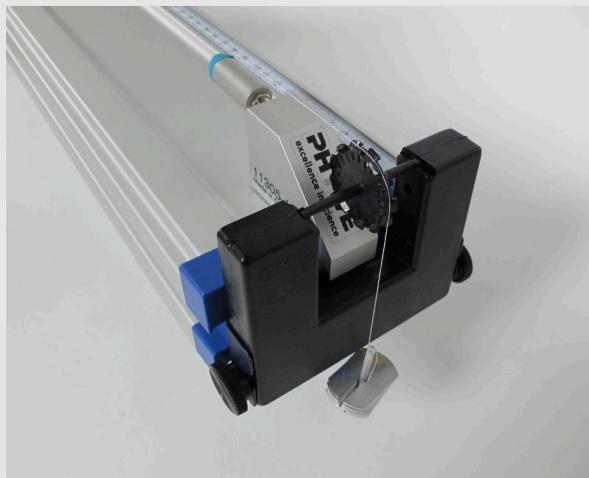


Fijación del hilo al carro

5. El carro de medición está equipado con el imán de sujeción con tapón, así como con la cubierta para el carro de medición ($b = 100$ mm).

6. El principio del hilo se introduce desde arriba en el orificio vertical de la tapa del carro y se fija introduciendo la aguja con el tapón desde delante.

Montaje (4/6)



Colocación del plato de pesas

7. El hilo se coloca sobre la rueda incremental de la polea y se anuda en el extremo al plato de pesas de manera que cuelgue libremente directamente debajo de la rueda, como se muestra en la ilustración. El plato de pesas y las pesas con ranuras de 5-20 (1g cada una) que hay en él sirven como fuerza de aceleración constante. Asegurarse de que el hilo corre paralelo a la carretera.

8. La masa del carro puede variarse mediante las pesas.

Montaje (5/6)



Liberación de las barreras de luz tras el paso de la apertura

9. Dos barreras luminosas en forma de horquilla se montan en la calzada con los soportes de las barreras luminosas y se distribuyen por la sección de medición. Asegurarse de que todas las barreras de luz puedan pasar por la parte trasera del salpicadero cuando el carro esté rodando.

10. Las barreras luminosas en forma de horquilla se conectan a los enchufes de los campos "1" y "3" del dispositivo de cronometraje.

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.

Montaje (6/6)

PHYWE



Conexión de las barreras de luz y del dispositivo de arranque

11. El dispositivo de arranque debe conectarse a las dos tomas de conexión "Start" del dispositivo de cronometraje.

Asegurarse de que la polaridad es correcta. La toma roja del dispositivo de arranque se conecta a la toma amarilla del dispositivo de cronometraje.

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

Montaje (6/6)

PHYWE



Conexión de las barreras de luz y del dispositivo de arranque

11. El dispositivo de arranque debe conectarse a las dos tomas de conexión "Start" del dispositivo de cronometraje.

Asegurarse de que la polaridad es correcta. La toma roja del dispositivo de arranque se conecta a la toma amarilla del dispositivo de cronometraje.

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

Ejecución (1/3)

PHYWE

1. El carro debe realizar un movimiento uniformemente acelerado a través del plato de pesas.

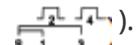
Su aceleración se determina en función de la masa inercial total, por un lado, y de la masa aceleradora, por otro.

Para ello, determinar primero la masa del carro sin los pesos adicionales pintados de negro utilizando una balanza.

2. El carro de medición es liberado por el arrancador y experimenta una aceleración constante hasta que el plato de pesas toca el suelo.

Ejecución (2/3)

PHYWE

3. Para determinar la aceleración del carro, se realiza una medición en el modo 5 ().

En este caso, se atraviesan dos de las barreras de luz y, simultáneamente, el tiempo requerido t_i para alcanzar la respectiva barrera de luz, así como el tiempo de sombreado Δt_i se determina para la duración de la interrupción de la barrera de luz.

Los tiempos para cubrir las distancias se muestran en las pantallas digitales 1 y 3, los tiempos de sombreado en las pantallas 2 y 4.

4. La aceleración del carro resulta de la ley velocidad-tiempo a

$$v(t) = a \cdot t \Leftrightarrow a = \frac{v(t)}{t} = \frac{b/\Delta t}{t}$$

con la longitud de apertura $b = 100\text{mm}$.

Ejecución (3/3)

PHYWE



Pesas adicionales para la medición de la fuerza

5. Para determinar la aceleración en función de la masa, se realiza una serie de mediciones en las que la masa del carro se incrementa en pasos de unos 10-50 g, mientras que la masa de aceleración en el plato de pesas permanece constante.

6. Al medir la aceleración en función de la fuerza, la masa total debe permanecer constante y la fuerza de aceleración debe ser F_g . Esto se consigue mediante una transferencia de masa del carro al plato de pesas.

Es conveniente empezar colocando unas diez pesas con ranura de 1 g en el carro (ver la ilustración) y desplazar gradualmente una de ellas al plato de pesas para cada medición. La masa de aceleración no debe superar los 20 g.

Resultados (1/9)

PHYWE

Observación

El aumento de la masa de inercia manteniendo constante la fuerza de aceleración hará que el carro se mueva más despacio.

Una redistribución de la masa provoca cambios en la aceleración, porque aunque la masa total sigue siendo la misma, sólo la masa del ajustador de peso contribuye a la aceleración del carro.

Resultados (2/9)

PHYWE

Ejemplo de medición 1

M_z in kg	$M+m$ in kg	t_1 in s	Δt_1 in s	t_2 in s	Δt_2 in s	$1/(M+m)$ in kg	a_m in m/s ²
0,01	0,417	2,085	0,208	2,758	0,16	2,4	0,229
0,03	0,437	2,143	0,213	2,831	0,165	2,29	0,217
0,05	0,457	2,21	0,218	2,904	0,168	2,19	0,206
0,07	0,477	2,237	0,224	2,958	0,172	2,1	0,198
0,09	0,497	2,29	0,228	3,025	0,175	2,01	0,19
0,11	0,517	2,318	0,232	3,067	0,179	1,93	0,184
0,15	0,557	2,41	0,242	3,19	0,186	1,8	0,17
0,19	0,597	2,479	0,251	3,288	0,193	1,68	0,159
0,4	0,807	2,922	0,292	3,866	0,226	1,24	0,116
0,5	0,907	3,068	0,312	4,074	0,241	1,1	0,103
0,56	0,967	3,225	0,324	4,271	0,25	1,03	0,095

Resultados (3/9)

PHYWE

a) Aceleración en función de la masa inercial

1. Un ejemplo de medición para determinar la dependencia de la masa y la aceleración se muestra en el ejemplo de medición 1.

La masa total resulta de la masa del carro M que consiste en su peso en vacío M_0 y las ponderaciones adicionales aplicadas M_z y de la masa constante m del plato de pesas.

2. Los tiempos medidos t_i y Δt_i , junto con la longitud de apertura b , dan como resultado directo la aceleración a_i que actúa sobre el carro a través de la ley de velocidad-tiempo, que puede considerarse constante dentro del ámbito de la precisión de medición en ambas barreras de luz y, por tanto, puede promediarse para

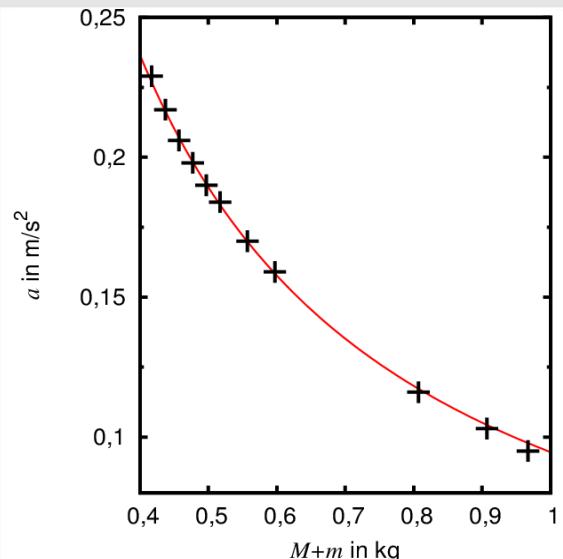
$$a_m = \frac{a_1 + a_2}{2}.$$

Resultados (4/9)

PHYWE

- 3.** La figura muestra la aceleración a_m causada por la masa $m = 10 \text{ g}$, en función de la masa inercial $M + m$.

En consecuencia, a medida que la masa inercial aumenta, la aceleración del carro disminuye.



Resultados (5/9)

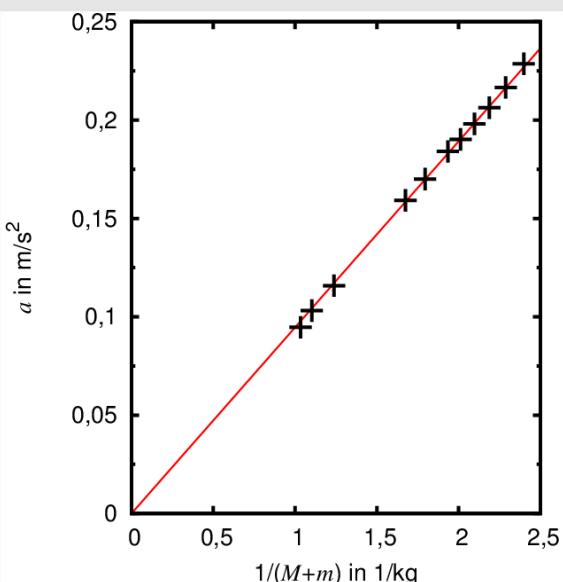
PHYWE

- 4.** En la figura, los mismos valores medidos se representan ahora frente al recíproco de la masa inercial $1 / (M + m)$. Esto da lugar a una dependencia lineal, que se deriva de la ecuación de movimiento de Newton.

En este caso, se trata de un movimiento unidimensional, que es causado por la fuerza

$$F_g = m \cdot g$$

, compuesto por la masa m del plato de pesas y la aceleración debida a la gravedad g .



Resultados (6/9)

PHYWE

5. Como esta masa está directamente conectada al carro, el equilibrio de fuerzas es el siguiente

$$F - g = m \cdot g = (M + m) \cdot a = F_B$$

entre la fuerza del peso F_g y la fuerza que resulta en el movimiento del sistema global F_B . Esto da lugar a la linealidad entre la aceleración y la masa inercial recíproca que se muestra en la figura 2:

$$a = \frac{m \cdot g}{M+m} \propto \frac{1}{M+m}.$$

La evaluación del ejemplo de medición que se muestra proporciona una pendiente de $0,0946 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2 = 0,0946 \text{ N}$, que está en buena concordancia con el valor teórico es de $m \cdot g = 0,0981 \text{ N}$.

Resultados (7/9)

PHYWE

Ejemplo de medición 2

m in kg	t_1 in s	Δt_1 in s	t_2 in s	Δt_2 in s	$F_g = m \cdot g$ in $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$	a_m in m/s^2
0,01	3,225	0,324	4,271	0,25	0,098	0,095
0,011	3,025	0,309	4,022	0,239	0,108	0,106
0,012	2,847	0,295	3,799	0,228	0,118	0,117
0,013	2,766	0,284	3,681	0,219	0,128	0,126
0,014	2,677	0,273	3,558	0,21	0,137	0,135
0,015	2,555	0,265	3,406	0,203	0,147	0,146
0,016	2,481	0,258	3,31	0,198	0,157	0,154
0,017	2,386	0,249	3,188	0,191	0,167	0,166
0,018	2,35	0,242	3,129	0,185	0,177	0,174
0,019	2,281	0,234	3,055	0,18	0,186	0,185
0,02	2,237	0,23	2,976	0,177	0,196	0,192

Resultados (8/9)

PHYWE

b) Aceleración en función de la fuerza

1. El ejemplo de medición 2 muestra los valores para una medición de la dependencia de la aceleración y la masa aceleradora. Mientras que la masa total $M + m$ se mantuvo constante, la masa m del plato de pesas se incrementó paso a paso.

Resultados (9/9)

PHYWE

2. La dependencia lineal, que también resulta del equilibrio de fuerzas, se muestra en la figura.

La pendiente del ejemplo de medición proporciona un factor de proporcionalidad de $0,986 \frac{1}{kg}$ que corresponde a una masa inercial de $1,014 kg$ y, por tanto, aproximadamente la masa total real corresponde a $0,967 kg$.

