

Equivalencia de la masa inercial y gravitacional con pista de demostración y contador 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:

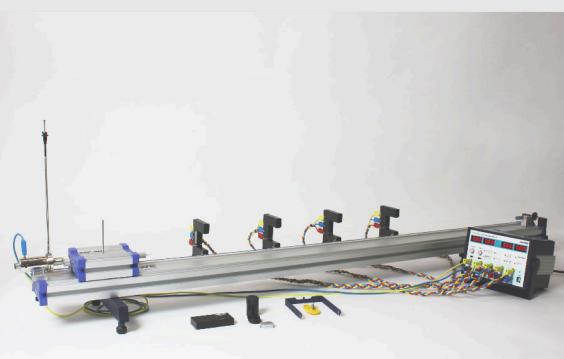


<http://localhost:1337/c/6324d610cdf038000303b6ed>

PHYWE

Información para el profesor

Aplicación

PHYWE

Montaje del experimento

La masa de un cuerpo puede determinarse de diferentes maneras: pesando la masa pesada o midiendo la aceleración con una fuerza de aceleración constante conocida, lo que da como resultado la masa inercial. Se supone que la masa pesada y la masa inercial son equivalentes.

En este experimento, se acelera un carro con diferentes masas pesadas en la pista de rodillos, se determina su masa inercial y se deduce la relación entre la masa pesada y la masa inercial.

Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE



Conocimiento previo

Los alumnos deben conocer bien las ecuaciones clásicas del movimiento y los axiomas de Newton.



Principio

Hasta ahora, el término masa se ha utilizado siempre en relación con el peso de un cuerpo y su movimiento.

En principio, se trata de dos propiedades diferentes, la masa pesada y la masa inercial.

En general, no se distinguen por su equivalencia, pero hay que señalar que son propiedades básicamente independientes.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo

Debería ser posible distinguir entre las dos propiedades físicas de peso y masa de un cuerpo.



Tareas

1. Determinación de la masa pesada total y de la masa motriz mediante pesaje.
2. Determinación de la aceleración del carro y, a partir de ella, de la masa inercial del sistema.
3. Comparación de la masa pesada y la masa inercial.

Instrucciones de seguridad

PHYWE



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

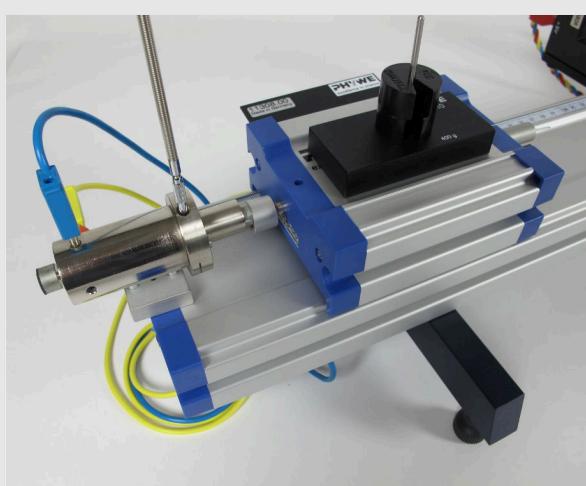
Material

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	AGUJA CON ENCHUFE	11202-06	1
5	TUBITO CON ENCHUFE	11202-05	1
6	Plastilina, 10 barras	03935-03	1
7	SOPORTE FINAL P. 11305-00	11305-12	1
8	ARRANCADOR P.11305-00	11309-00	1
9	IMAN DE RETENCION CON ENCHUFE	11202-14	1
10	Polea para pista de demostración	11305-10	1
11	Soporte para polea	11305-11	1
12	Pesa para carro de baja fricción 400 g	11306-10	1
13	Peso con ranura, 50 g, platado	02206-03	3
14	Peso con ranura, 10 g, plateado	02205-03	4
15	PLATILLO DE PESAS 1 g	02407-00	1
16	PESA DE RANURA 1 G	03916-00	20
17	HILO DE SEDA, L 200 M	02412-00	1
18	Barrera fotoeléctrica compacta	11207-20	4
19	SOPORTE PARA BARRERA FOTOELECTRICA	11307-00	4
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

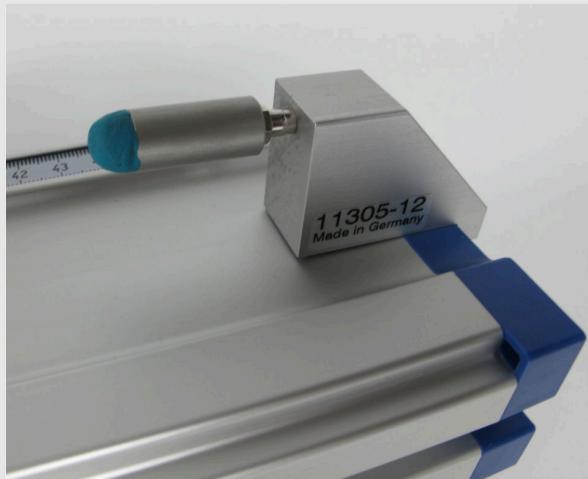
1. Para compensar los pequeños efectos de la fricción, el carril debe ajustarse con una ligera inclinación mediante los tornillos de ajuste de las patas, para que el carro de medición no empiece a rodar hacia la derecha.

2. Se instalará un dispositivo de lanzamiento en el extremo izquierdo de la pista.

Nota; para arrancar el carro con el impulso inicial, el dispositivo de arranque debe montarse de manera que el punzón se aleje del carro de medición cuando se dispare.

Montaje (2/6)

PHYWE



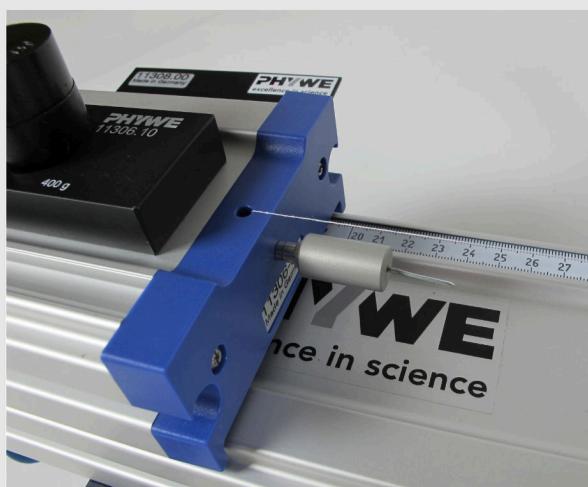
Soporte final con plastilina

3. Un tubo lleno de plastilina se sujeta al soporte final en el extremo derecho de la pista para frenar el carro sin un impacto fuerte.

4. El rodillo de desviación se fija en el extremo derecho de la vía con el soporte para el rodillo de desviación y se inserta la rueda incremental.

Montaje (3/6)

PHYWE



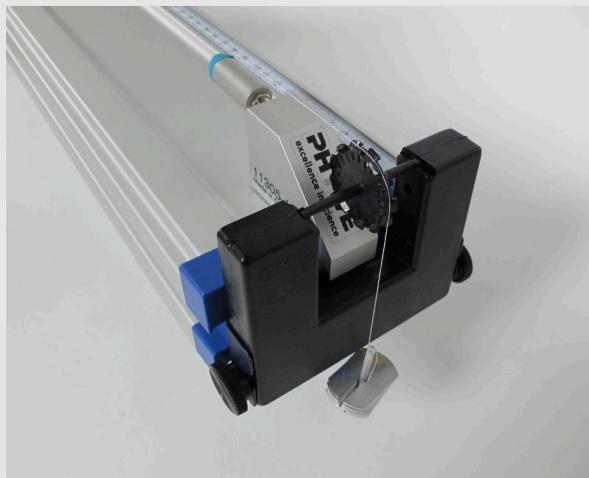
Fijación del hilo al carro

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)

PHYWE



Colocación del plato de pesas

7. El hilo se coloca sobre la rueda incremental de la polea de desviación 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, junto con las 5-20 pesas ranuradas (1g cada una) que se encuentran sobre él, sirven como fuerza de aceleración constante. El hilo debe ir paralelo a la pista.

8. La masa del carro puede variarse mediante los pesos pintados en negro.

Montaje (5/6)

PHYWE



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

9. Los cuatro sensores fotoeléctricos en forma de horquilla se montan en la calzada con los soportes de los sensores fotoeléctricos y se distribuyen uniformemente en la sección de medición.

Al hacer rodar el carro, asegurarse de que todas las barreras de luz puedan pasar por la parte trasera de la pantalla antes de que el plato de pesas toque el suelo.

10. Las barreras luminosas en forma de horquilla se conectan de izquierda a derecha en secuencia a las tomas de los campos "1" a "4" 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.

Ejecución (1/2)

PHYWE

1. El carro de medición es liberado por el motor de arranque y experimenta una aceleración constante hasta que el plato de pesas toca el suelo. A continuación, continúa rodando a una velocidad constante.
2. Primero los tiempos $t_1 \dots t_4$ se miden en el modo 2 (), que son los tiempos necesarios desde la salida hasta que se alcanzan las respectivas barreras luminosas. Posteriormente, se realiza una medición en el modo 1 () para determinar las velocidades correspondientes.

Al realizar esta medición, los tiempos de sombreado son $\Delta t_1 \dots \Delta t_4$ de las cuatro barreras luminosas bifurcadas; a partir de ellas se calcula posteriormente la velocidad media durante el paso correspondiente a través de la longitud de apertura (100 mm).

Ejecución (2/2)

3. Los tiempos de medición se registran hasta cinco veces para diferentes masas de carro con masa constante del plato de pesas. Antes de cada medición, pulsar la tecla "Reset" para restablecer las pantallas. Antes de iniciar una nueva serie de mediciones, medir la masa pesada total con una balanza.
 $m_s = m_W + m_A$ (masa del carro y masa de aceleración del cuerpo conductor).

4. La masa pesada de un cuerpo es proporcional a la fuerza del peso F_g actuando sobre él. El cuerpo motriz (m_A (plato con pesas) se puede determinar con una balanza.

Resultados (1/8)

Ejemplo de medición para la barrera de luz 1

F_g in N	m_s in kg	t_{1m} in s	Δt_{1m} in s	v_1 in m/s	a_1 in m/s ²
0,0981	0,41	1,235	0,293	0,341	0,276
0,0981	0,55	1,436	0,344	0,291	0,202
0,0981	0,81	1,781	0,43	0,233	0,131

Ejemplo de medición de la barrera de luz 2

F_g in N	m_s in kg	t_{2m} in s	Δt_{2m} in s	v_2 in m/s	a_2 in m/s ²
0,0981	0,41	1,776	0,22	0,454	0,256
0,0981	0,55	2,067	0,258	0,387	0,187
0,0981	0,81	2,573	0,323	0,309	0,12

Resultados (2/8)

PHYWE

Ejemplo de medición de la barrera de luz 3

F_g in N	m_s in kg	t_{3m} in s	Δt_{3m} in s	v_3 in m/s	a_3 in m/s ²
0,0981	0,41	2,202	0,185	0,541	0,245
0,0981	0,55	2,566	0,217	0,46	0,179
0,0981	0,81	3,2	0,273	0,367	0,115

Ejemplo de medición de la barrera de luz 4

F_g in N	m_s in kg	t_{3m} in s	Δt_{3m} in s	v_3 in m/s	a_3 in m/s ²
0,0981	0,41	2,555	0,163	0,613	0,24
0,0981	0,55	2,98	0,192	0,52	0,175
0,0981	0,81	3,722	0,243	0,412	0,111

Resultados (3/8)

PHYWE

Valores medios de los ejemplos de medición

F_g in N	m_s in kg	a_m in m/s ²	$1/a$ in s ² /m
0,0981	0,41	0,254	3,94
0,0981	0,55	0,186	5,38
0,0981	0,81	0,119	8,4

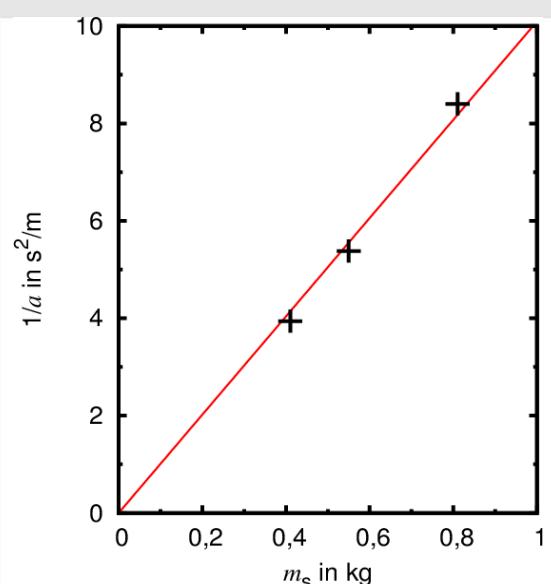
Resultados (4/8)

1. De las cinco mediciones, cada una de $t_1 \dots t_4$ y $\Delta t_1 \dots \Delta t_4$ los valores medios se puede determinar $t_{1m} \dots t_{4m}$ y $\Delta t_{1m} \dots \Delta t_{4m}$.
2. Calcular las velocidades a partir de los tiempos de sombreado $v_{im}(t_{im}) = b/\Delta t_{im}$ y las aceleraciones $a_i = v_{im}(t_{im})/t_{im}$ con la longitud de apertura $b = 0.1$ m.
3. Las cuatro aceleraciones pertenecientes a una serie de mediciones a_i se promedian. A partir de los valores resultantes a_m los valores recíprocos de la aceleración $1/a_m$ se determina (ver el ejemplo de medición 1).

Resultados (5/8)

4. Por último, se llevan las aceleraciones recíprocas $1/a_m$ contra la masa pesada total m_s del carro y de la masa motriz en un sistema de coordenadas y se determina la pendiente de la recta que pasa por estos puntos.

Para comparar, los valores del ejemplo de medición se muestran en la figura.



Resultados (6/8)

PHYWE

5. Todo cuerpo tiene la propiedad de la gravedad. Debido a la gravedad de la tierra, experimenta una fuerza de aceleración, la fuerza del peso F_g que es proporcional a su masa pesada m_s (Ley de la gravedad de Newton).

En este experimento, la masa pesada consiste en $m_s = m_W + m_A$ de la masa del carro y de la masa del cuerpo conductor.

6. Si no actúa ninguna fuerza sobre un cuerpo, éste permanece en su estado de movimiento (primer axioma de Newton). Cuando una fuerza externa actúa sobre el cuerpo, se opone al cambio de su estado de movimiento con una resistencia, la propiedad de la inercia.

Cuanto mayor sea su masa inercial m_t más fuerza hay que aplicar para acelerar el cuerpo hasta un determinado valor (2º axioma de Newton).

Resultados (7/8)

PHYWE

7. A partir de los valores del sistema de coordenadas ($1/a$, m_s) mostrados en la Fig. 8, se obtiene una línea recta que pasa por el origen. Con una fuerza de aceleración constante, la masa pesada del sistema es inversamente proporcional a la aceleración del carro:

$$m : s \propto \frac{1}{a} \text{ para } F_g = \text{const.}$$

Con una masa pesada mayor M_s la aceleración disminuye a .

8. Según el segundo axioma de Newton $F_g = m_t \cdot a$ la masa m_t de un cuerpo es inversamente proporcional a su aceleración a .

Si tanto la masa pesada como la inercial son inversamente proporcionales a la aceleración, entonces la masa pesada y la inercial deben ser proporcionales entre sí:

$$m_s = k \cdot m_t.$$

Resultados (8/8)

PHYWE

9. La determinación del factor de proporcionalidad k se realiza mediante un triángulo de gradiente en el gráfico de la diapositiva 20.

El gradiente da un valor de $10,1 \text{ s}^2/(\text{kg}\cdot\text{m})$, cuyo recíproco es $0,0990 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ de la fuerza del peso

$F_g = 0,0981 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ (ver el ejemplo de medición 1). Por tanto, la masa pesada y la masa inercial deben ser idénticas:

$$m_s = m_t.$$

Observaciones

PHYWE

1. Para reducir la distancia entre el regulador de peso y la rueda incremental, se puede acortar la longitud del hilo girando la aguja con el tapón varias veces en el carro, enrollando así el hilo.

2. Las velocidades calculadas v_i a partir de Δt_i no son, estrictamente hablando, velocidades instantáneas, ya que la aceleración sigue actuando sobre el carro mientras atraviesa la barrera de luz.

Las velocidades surgen así de una pendiente secante, pero no de una pendiente tangente, de la gráfica de $s(t)$. Utilizando $\Delta s = 0,1 \text{ m}$, cabe esperar un error sistemático de aproximadamente el 2 %.