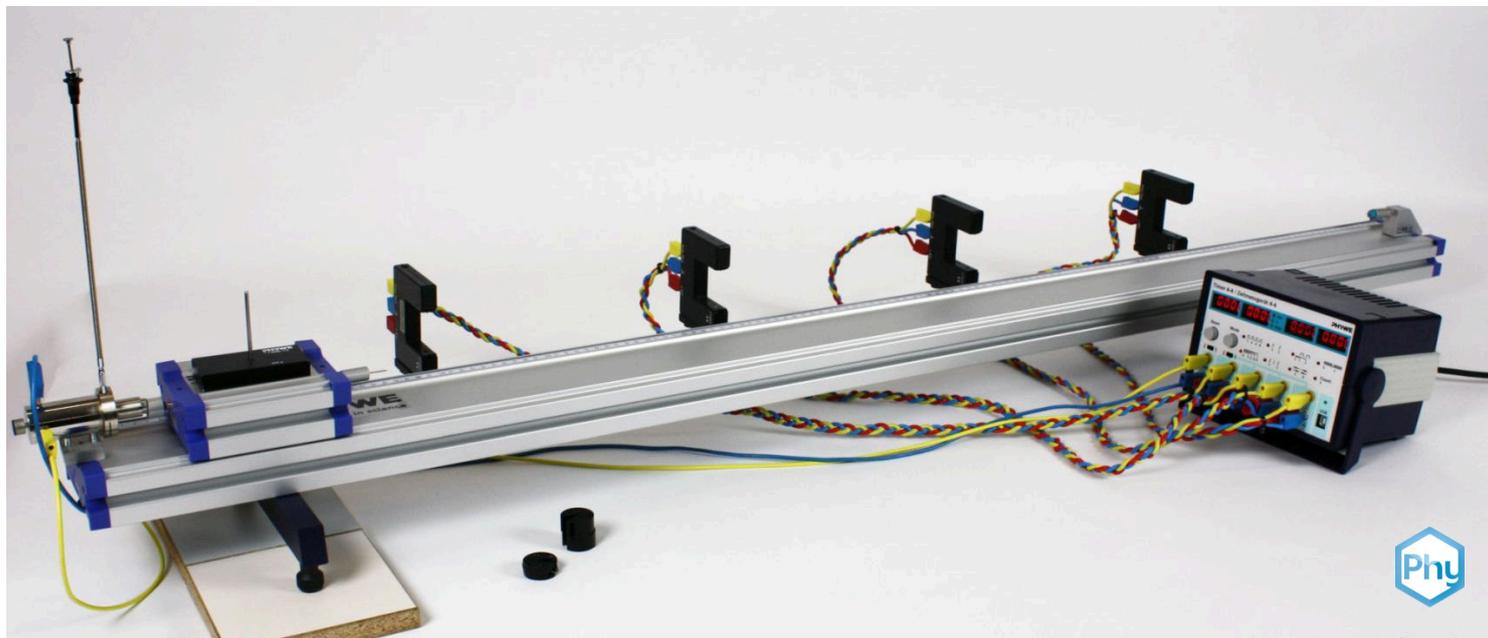


# Movimiento uniformemente acelerado con plano inclinado y timer 4-4



Física

Mecánica

Dinámica y movimiento



Nivel de dificultad

medio



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

10 minutos



Tiempo de ejecución

10 minutos

This content can also be found online at:


<http://localhost:1337/c/632471c44d9b0200035bacd7>

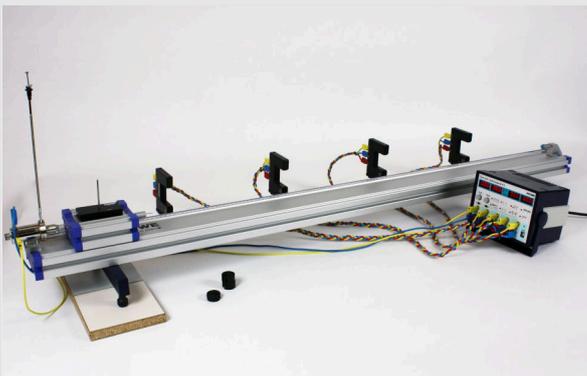
PHYWE



## Información para el profesor

### Aplicación

PHYWE



Montaje del experimento

Un cuerpo experimenta una aceleración constante paralela al plano en un plano inclinado debido a la componente de la gravedad que actúa sobre él.

Aquí, las leyes del movimiento para un movimiento uniformemente acelerado deben ser confirmadas por las mediciones del tiempo de viaje de un carro en la pista de rodillos inclinada.

Además, teniendo en cuenta el segundo axioma de Newton, se puede comprobar la magnitud de la aceleración debida a la gravedad.

## Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE



### Conocimiento previo

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



### Principio

Si un objeto se desplaza a lo largo de un plano inclinado, experimenta una aceleración constante debida al campo gravitatorio terrestre, que actúa en paralelo a dicho plano.

## Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



### Objetivo

Si un cuerpo se acelera uniformemente, la distancia recorrida aumenta cuadráticamente con el tiempo según la ley distancia-tiempo.



### Tareas

1. Determinación de la dependencia del tiempo de la trayectoria a partir de varios tiempos de medición tras diferentes distancias recorridas.
2. Determinación de la dependencia velocidad-tiempo a partir de la medición del tiempo de sombreado de las barreras de luz en diferentes posiciones.
3. Determinación de la aceleración debida a la gravedad utilizando la masa del carro y el ángulo de inclinación de la vía.

## Instrucciones de seguridad

PHYWE



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

## Principio

PHYWE

La velocidad es lineal según la ley de velocidad-tiempo:

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2, v(t) = a \cdot t$$

En función del ángulo de inclinación de la vía, la fuerza de gravedad que actúa sobre el carro da lugar a un movimiento uniformemente acelerado y proporcional a la aceleración debida a la gravedad:

$$a = g \cdot \sin(\alpha)$$

## 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	Pesa para carro de baja fricción 400 g	11306-10	1
8	Peso con ranura, 50 g, platado	02206-03	2
9	Peso con ranura, 10 g, plateado	02205-03	4
10	SOPORTE FINAL P. 11305-00	11305-12	1
11	Barrera fotoeléctrica compacta	11207-20	4
12	SOPORTE PARA BARRERA FOTOELECTRICA	11307-00	4
13	ARRANCADOR P.11305-00	11309-00	1
14	IMAN DE RETENCION CON ENCHUFE	11202-14	1
15	PHYWE CRONOMETRO 4-4	13604-99	1
16	Cable de conexión, 32 A, 1000 mm, rojo	07363-01	4
17	CABLE DE CONEX., 32 A, 1000 mm, AMARILLO	07363-02	5
18	Cable de conexión, 32 A, 1000mm, AZUL	07363-04	5
19	Bloques para soporte	02070-00	1
20	Cinta métrica, l = 2 m	09936-00	1
21	BALANZA PORTATIL, OHAUS CR2200	48914-00	1

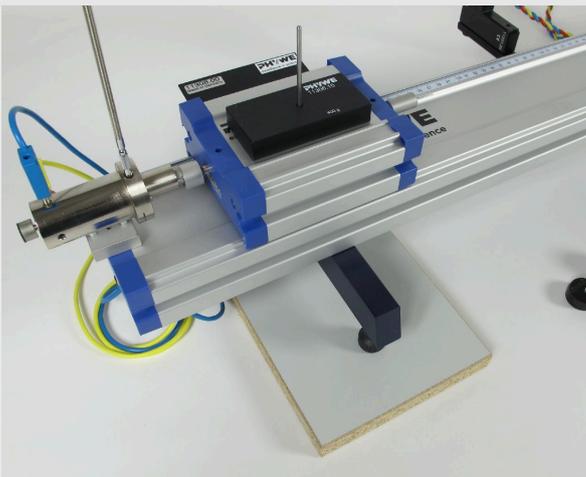
PHYWE



## Montaje y ejecución

### Montaje (1/6)

PHYWE



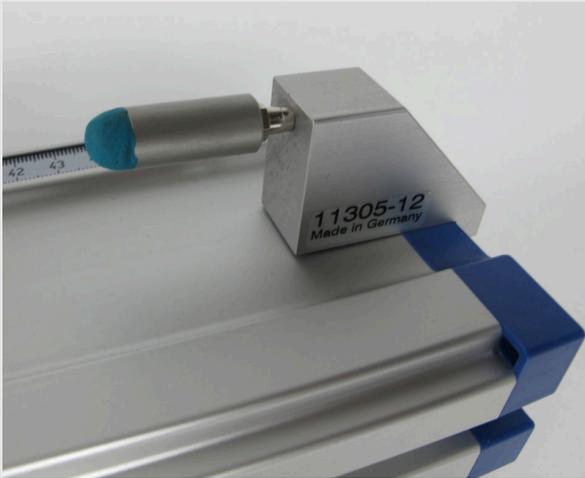
Dispositivo de lanzamiento elevado sin choque

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.

A continuación, colocar un objeto (opcionalmente, bloques, libros, pilas de papel, etc.) bajo el soporte de dos patas del riel para elevarlo unos 1-5 cm.

## Montaje (2/6)

PHYWE



Soporte de extremo con plastilina

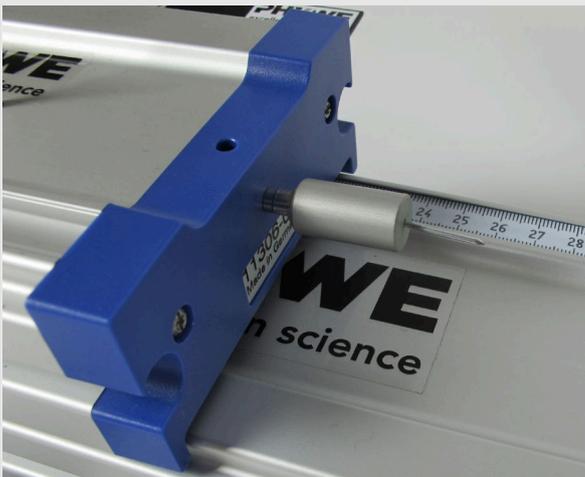
2. Se instalará un dispositivo de lanzamiento en el extremo izquierdo de la pista.

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.

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.

## Montaje (3/6)

PHYWE



Parte delantera del carro de medición

4. El carro de medición está equipado con el imán de sujeción con tapón, una aguja con tapón y la tapa para el carro de medición ( $b = 100 \text{ mm}$ ).

5. La masa del carro puede variar mediante las pesas.

## Montaje (4/6)

PHYWE



Montaje de las barreras luminosas

6. Las cuatro barreras luminosas bifurcadas se montan en la calzada con los soportes de las barreras luminosas. Colocar las barreras ópticas en forma de horquilla de manera que la sección de medición quede dividida en segmentos de tamaño aproximadamente igual.

7. La masa del carro puede variar mediante las pesas pintadas de negro.

## Montaje (5/6)

PHYWE



Conexión al dispositivo de cronometraje

8. Las cuatro barreras luminosas bifurcadas se conectan en secuencia de izquierda a derecha a las tomas de los campos "1" a "4" del dispositivo de cronometraje, como se muestra en la ilustración.

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



Comprobar los ajustes

9. 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.

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

## Ejecución (1/4)

PHYWE

1. Las distancias  $s_1 \dots s_4$  de las barreras luminosas a la posición inicial del carro se miden.

Hay que tener en cuenta que las barreras de luz sólo se interrumpen por el borde delantero del panel montado en el carro.

Para determinar con exactitud las distancias, se puede seguir el siguiente procedimiento:

- Colocar el carro en la posición inicial y ajustar el valor ( $x_0$ ) en la cinta métrica del extremo derecho del carro.
- Mover el carro hasta una posición en la que el extremo derecho de la apertura interrumpa justo el haz de luz de la barrera luminosa en horquilla  $i$  y el valor ( $x_i$ ) en la cinta métrica en el extremo derecho del carro.
- $s_i = x_i - x_0$  es la distancia que el carro ha recorrido desde el inicio hasta la barrera luminosa correspondiente.

## Ejecución (2/4)

PHYWE



Interrupción de la barrera de luz

2. El carro de medición es liberado por el arrancador y experimenta una aceleración constante debido a la componente gravitatoria que actúa sobre él.

3. Estos son los tiempos  $t_1 \dots t_4$  que se utilizan para cubrir las distancias  $s_1 \dots s_4$  desde la posición inicial hasta la respectiva barrera luminosa se determinan en el modo 2 (  ). Posteriormente, se realiza una medición en el modo 1 (  ) para determinar las velocidades correspondientes. Al realizar esta medición, los tiempos de sombra  $\Delta t_1 \dots \Delta t_4$  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 (3/4)

PHYWE

4. Los tiempos de medición se registran para un máximo de cinco repeticiones. Antes de cada ejecución, pulsar el botón "Reset" para reiniciar las pantallas.

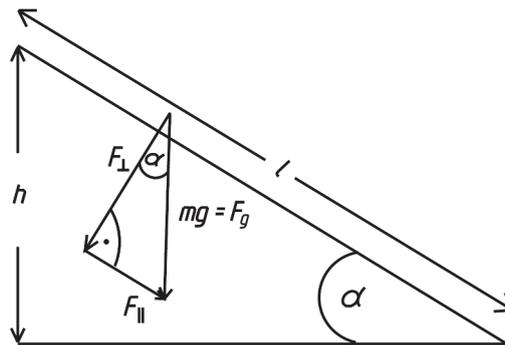
5. Para obtener un mayor número de puntos de medición, es posible volver a colocar las barreras de luz y realizar otra serie de mediciones como se ha descrito anteriormente.

6. Utilizar una balanza para determinar la masa del carro.

## Ejecución (4/4)

PHYWE

7. Para la determinación del ángulo de inclinación  $\alpha$  la pista, medir la distancia entre los soportes de la pista.  $l$  y la altura  $h$  del objeto colocado bajo la vía. Comparar con la ilustración.



## Resultados (1/7)

PHYWE

### Observación

Si se eligen distancias aproximadamente iguales entre las barreras luminosas, se puede observar que las diferencias en los tiempos de recorrido  $t_i$  y los tiempos de sombreado  $\Delta t_i$  debido a la aceleración del carro son cada vez más pequeños a medida que aumenta la distancia.

## Resultados (2/7)

PHYWE

## Valores medidos

s in m	$t_m$ in s	$\Delta t_m$ in s	v in m/s	$a = v/t_m$ in m/s <sup>2</sup>	$(t_m)^2$ in s <sup>2</sup>	$a=2s/(t_m)^2$ in m/s <sup>2</sup>
0,2	1,724	0,394	0,254	0,147	2,97	0,135
0,5	2,74	0,263	0,38	0,139	7,51	0,133
0,8	3,474	0,214	0,468	0,135	12,07	0,133
1,1	4,075	0,184	0,542	0,133	16,61	0,132
0,05	0,817	0,661	0,151	0,185	0,67	0,15
0,35	2,282	0,308	0,325	0,142	5,21	0,134
0,65	3,132	0,234	0,427	0,136	9,81	0,132
0,95	3,788	0,196	0,509	0,134	14,35	0,132

## Resultados (3/7)

PHYWE

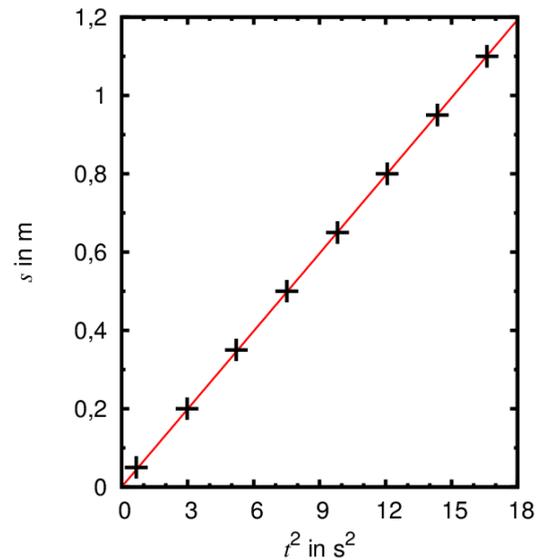
## a) Las leyes de desplazamiento-tiempo y velocidad-tiempo

1. De las cinco mediciones, cada una de  $t_1 \dots t_8$  y  $\Delta t_1 \dots \Delta t_8$  son los valores medios  $t_{1m} \dots t_{8m}$  y  $\Delta t_{1m} \dots \Delta t_{8m}$  por determinar.
2. Las velocidades se calculan a partir de los tiempos de sombreado.  $v_i(t_{im}) = b/\Delta t_{im}$  con la longitud de apertura  $b = 0,1$  m.
3. Para el movimiento uniformemente acelerado, la aceleración puede ser  $a$  con dos métodos diferentes. Ya sea a través de la ley del tiempo de la trayectoria  $s(t) = 0,5 \cdot a \cdot t^2$  a partir del tiempo de recorrido y de la posición respectiva de las barreras luminosas o mediante la ley de velocidad-tiempo  $v(t) = a(t) \cdot t$  a partir del tiempo de funcionamiento y la velocidad correspondiente.

## Resultados (4/7)

PHYWE

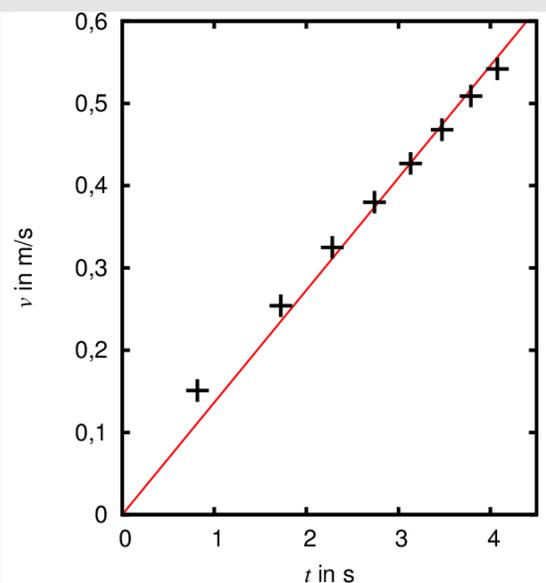
- Para verificar la ley de desplazamiento-tiempo, introducir los valores medidos en un sistema de coordenadas  $(s, t^2)$ . La aceleración  $a$  puede calcularse gráficamente a partir de la pendiente de la recta que pasa por el punto cero.  $(0, 5 \cdot a)$  así como por cálculo.



## Resultados (5/7)

PHYWE

- En un sistema de coordenadas  $(v, t)$ , graficar las velocidades determinadas contra el tiempo medido. La ley velocidad-tiempo se obtiene gráficamente a partir de la pendiente de la recta que pasa por el punto cero o por cálculo.



## Resultados (6/7)

PHYWE

### b) Determinación de la aceleración debida a la gravedad

La fuerza del peso que actúa sobre el carro de medición  $F_g$  puede dividirse en dos partes, un componente  $F_{||}$  en la dirección de la vía y un componente  $F_{\perp}$  perpendicular a la trayectoria. A medida que aumenta el ángulo de inclinación  $\alpha$ , la componente de la aceleración en la dirección de la trayectoria también aumenta.  $F_{||}$  provoca un movimiento uniformemente acelerado. La figura de la diapositiva 18 muestra la descomposición vectorial de la fuerza con un paralelogramo de fuerzas. Se aplica lo siguiente

$$F_{||} = F_g \cdot \sin(\alpha).$$

El ángulo de inclinación  $\alpha$  resulta de la altura  $h$  del objeto colocado bajo la vía y de la distancia  $l$  de los dos soportes de la vía a  $\sin(\alpha) = h/l$ . En el ejemplo de medición aquí expuesto,  $h = 1,9 \text{ cm}$  y  $l = 139 \text{ cm}$ , es decir  $\alpha = 0,78^\circ$ .

## Resultados (7/7)

PHYWE

Según el segundo axioma de Newton

$$F_{||} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = m \cdot a$$

y la aceleración determinada a partir de la figura de la diapositiva 22

$$a = 0,133 \text{ m/s}^2$$

resulta el siguiente valor para la aceleración debida a la gravedad

$$g_s = \frac{a}{\sin(\alpha)} = 9,73 \text{ m/s}^2$$

La siguiente aceleración debida a la gravedad resulta de las mediciones de velocidad según la figura de la diapositiva 23:

$$g_v = 9,95 \text{ m/s}^2$$

## Observaciones

PHYWE

1. Las velocidades  $v_i$  a partir de  $\Delta t_i$  calculadas no son estrictamente hablando, velocidades instantáneas, ya que el carro sigue siendo acelerado al pasar por la barrera de luz. Las velocidades se derivan así de una pendiente secante, pero no de una pendiente tangente de la gráfica de  $s(t)$  con  $\Delta s = 0,1$  m, cabe esperar un error sistemático de aproximadamente el 2 %.
2. Aumentando aún más la posición inicial, se puede demostrar la proporcionalidad entre la aceleración y el seno del ángulo de inclinación. Repitiendo las mediciones con diferentes pesos de ranura en el carro, se puede demostrar que la aceleración y la velocidad del carro (suponiendo que no hay fricción) no se ven afectadas por la masa. Esta correlación también puede demostrarse bien en el contexto del experimento sobre la caída libre.