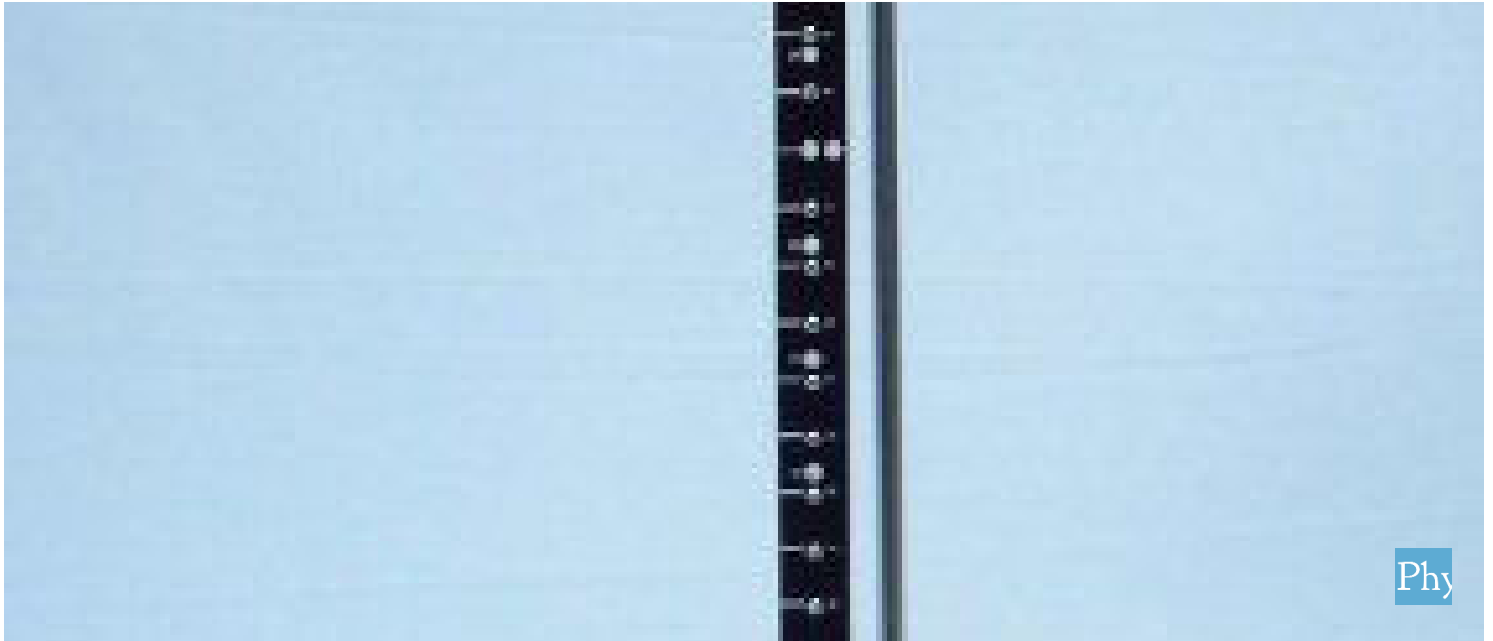


# Péndulo reversible (péndulo físico)



Física

Mecánica

Vibraciones y ondas



Nivel de dificultad

medio



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

10 minutos



Tiempo de ejecución

10 minutos



# Información para el profesor

## Aplicación



Configuración de prueba para la investigación del péndulo de reversión

El péndulo de reversión - o también llamado péndulo físico - se utiliza principalmente para determinar la aceleración dependiente de la localización debido a la gravedad. Generalmente se utiliza un cuerpo rígido para esto y es muy parecido al péndulo de hilo (péndulo matemático).

El nombre de péndulo de reversión se basa en el hecho de que puede ser suspendido en ciertos puntos a una distancia  $s_1$  al centro de gravedad para los que hay otro punto de suspensión opuesto al centro de gravedad a una distancia  $s_2$  que tiene exactamente el mismo período de oscilación. En particular, hay un punto con un período mínimo de oscilación.

El punto de suspensión  $s_2$  y por lo tanto la llamada longitud reducida del péndulo  $\lambda_R := s_1 + s_2$  se obtienen comparando las longitudes de período de los péndulos matemáticos y físicos (véase la derivación).

## Mas información para el profesor (1/4)

**PHYWE**  
excellence in science

### Conocimiento previo



### Principio



Los estudiantes ya deberían haber completado el experimento del péndulo de hilo (péndulo matemático) para comprender su principio funcional y las relaciones físicas que hay detrás de él.

Cualquier cuerpo con masa  $m$  que tiene un momento de inercia  $J_A$  y que está suspendido rotativamente sobre un eje horizontal  $A$  que no pasa por el centro de gravedad (distancia  $s$ , es un péndulo físico y realiza despues de una pequeña desviación  $\varphi$  oscilaciones armónicas alrededor de la posición de reposo. En la aproximación de ángulos pequeños es válida la siguiente ecuación de movimiento con la duración del período resultante  $T$ :

$$J_A \cdot \ddot{\varphi} = -m \cdot g \cdot s \cdot \varphi \quad \Rightarrow \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{J_A}{m \cdot g \cdot s}}$$

## Mas información para el profesor (2/4)

**PHYWE**  
excellence in science

### Objetivo de



### Tareas



En el presente experimento, los estudiantes deben reconocer las características especiales de un péndulo de reversión y, en particular, comprender el significado de la llamada longitud reducida del péndulo sobre la base de sus mediciones.

Los estudiantes deben investigar la frecuencia natural de un péndulo de resorte y para este propósito:

1. Medir el tiempo de 10 oscilaciones del péndulo de reversión y determinar la duración del período resultante.
2. Medir el tiempo para 10 oscilaciones del péndulo del hilo con la longitud reducida del péndulo  $\lambda_R$ .

## Mas información para el profesor (3/4)

La **longitud reducida del péndulo**  $\lambda_R$  resulta, por definición, de la comparación del período de un péndulo de hilo con el del péndulo físico. Para el último, hay que tener en cuenta que es un cuerpo (momento de inercia  $J_S$ , masa  $m$ ), que tiene un eje de pivote  $A$  desplazó al centro de gravedad en la distancia  $s_1$ . Con el teorema de Steiner ( $J_A = J_S + ms_1^2$ ) se obtiene así:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{J_A}{m \cdot g \cdot s_1}} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{J_S}{m \cdot s_1} + s_1\right)} \equiv 2\pi\sqrt{\frac{\lambda_R}{g}} \Rightarrow \lambda_R = \frac{J_S}{m \cdot s_1} + s_1$$

$\lambda_R$  es por definición mayor que  $s_1$ . Insertar el punto de suspensión definido por la longitud reducida del péndulo  $s_2 = \lambda_R - s_1$  con la sucesiva sustitución de la definición de  $\lambda_R$  devuelve la misma duración del período:

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{J_S}{m \cdot (\lambda_R - s_1)} + (\lambda_R - s_1)\right)} = \dots = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{J_S}{m \cdot s_1} + s_1\right)}$$

## Mas información para el profesor (4/4)

Los puntos aparecen así en pares a lo largo del eje del cuerpo.

Si, por ejemplo, se considera el punto de suspensión en el extremo de una varilla con longitud  $L$  y distribución de masa homogénea (aproximadamente lo mismo se aplica a la palanca utilizada en este experimento), es decir  $s_1 = L/2$  el momento efectivo de inercia es aproximado:

$$J_{L/2} = \frac{1}{12}mL^2 + m \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{3}mL^2$$

Esto resulta en la reducción de la longitud  $\lambda_R$ :

$$\lambda_R = \frac{J_S}{m \cdot L/2} + \frac{L}{2} = \frac{L}{6} + \frac{L}{2} = \frac{2}{3} \cdot L$$

## Instrucciones de seguridad



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

**PHYWE**  
excellence in science



## Información para el estudiante

## Motivación

**PHYWE**  
excellence in science



Caída libre durante el salto con un paracaídas

La aceleración debida a la gravedad se suele denominar como una constante  $g = 9,81 m/s^2$ . De hecho, esta variable depende de la ubicación y por lo tanto en diferentes puntos de la superficie terrestre es de diferente tamaño. La aceleración de la gravedad en otros planetas llega desde  $3,70 m/s^2$  en Mercurio hasta  $24,79 m/s^2$  en Júpiter. En la luna es sólo  $1,62 m/s^2$ .

En particular, la aceleración de la gravedad disminuye bruscamente al aumentar la distancia de la superficie terrestre. Por el contrario, la aceleración de la gravedad aumenta continuamente durante el paracaidismo.

Un método preciso para determinar la aceleración dependiente de la localización debida a la gravedad es mediante el llamado péndulo de reversión, también conocido como péndulo físico. En este experimento aprenderás sobre las propiedades de este mismo péndulo.

## Tareas

**PHYWE**  
excellence in science



- Mide el tiempo de cada 10 oscilaciones de un péndulo de reversión en diferentes puntos de suspensión y determine su respectiva duración de oscilación.
- Mide el tiempo por cada 10 oscilaciones de un péndulo de hilo con una longitud de péndulo correspondiente a la "longitud de péndulo reducida" del péndulo de varilla.

## Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	Base soporte, variable	02001-00	1
2	Varilla de acero inoxidable 18/8, 600 mm, d=10 mm	02037-00	1
3	Nuez	02043-00	1
4	Palanca	03960-00	1
5	Pasador de sujeción	03949-00	1
6	Soporte para pesas con ranura, 10 g	02204-00	1
7	Peso con ranura, 10 g, negro	02205-01	1
8	Peso con ranura, 50 g, negro	02206-01	1
9	CRONOMETRO DIGITAL, 24 h, 1/100 s y 1 s	24025-00	1
10	Cinta métrica, l = 2 m	09936-00	1
11	Hilo de pescar. Rollo. l =20 m	02089-00	1

## Material adicional

**PHYWE**  
excellence in science

Posición	Material	Cantidad
1	Tijeras	1

## Montaje (1/2)

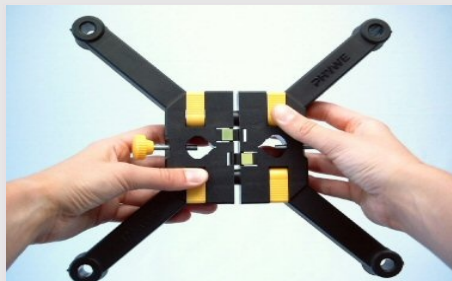
**PHYWE**  
excellence in science

Primero atornilla la barra del soporte separada y junta el pie del soporte.

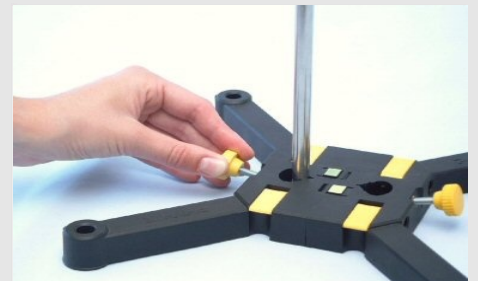
Coloca la barra de soporte en el pie del soporte y sujétalo con el tornillo.



Atornillar la barra de soporte



Montar el pie del trípode



Fijar la barra de soporte

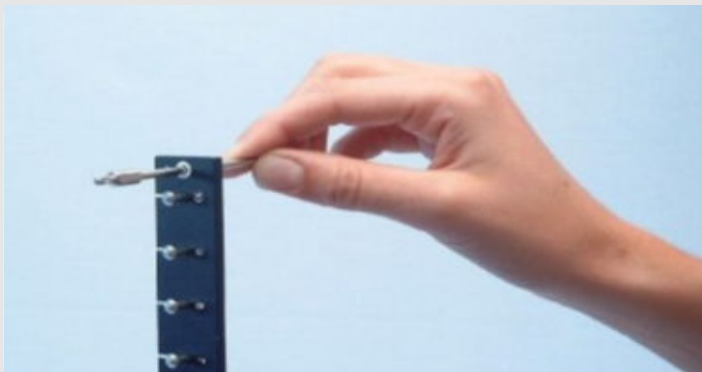


## Montaje (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science

Inserta la clavija de retención en el agujero exterior de la palanca.

Ata el perno de sujeción y la palanca con la nuez doble a la barra de soporte.



## Ejecución (1/5)

**PHYWE**  
excellence in science



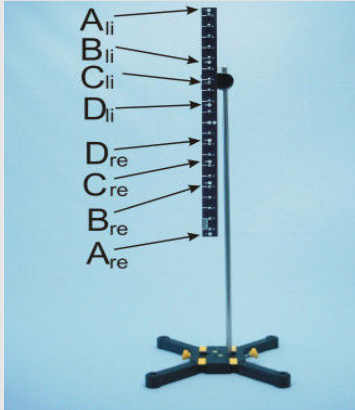
Péndulo de reversión

- Tira de la palanca y suéltala.
- Mide el tiempo  $t$  para cada una de las 10 oscilaciones.
- Cuelga la palanca una tras otra en los agujeros A, B, C y D del lado izquierdo de la palanca y repite la medida.
- Anota todos los valores medidos resultantes en la tabla 1 del protocolo.



Desviación de la palanca

## Ejecución (2/5)

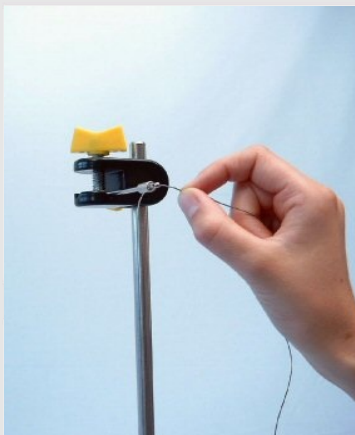
PHYWE  
excellence in science

Ejecución de la vibración en diferentes puntos de suspensión

Los péndulos de inversión tienen una propiedad especial, la llamada longitud reducida del péndulo  $\lambda_R$ . La palanca utilizada para esto tiene los agujeros A y C en los lugares previstos.

- Mide la distancia  $\lambda_R$  entre los puntos de suspensión  $A_{li}$  (derecha) y  $C_{re}$  (izquierda) e introduce este valor en la tabla.
- Ahora cuelga la palanca en el punto  $C_{re}$  (a la derecha) y mide el tiempo para 10 oscilaciones de nuevo.
- Anote el valor en la tabla 1.

## Ejecución (3/5)

PHYWE  
excellence in science

Fijar el perno de sujeción junto con el hilo de pescar y la nuez doble

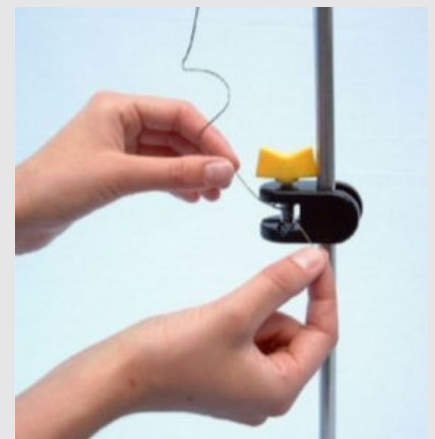
Quita la palanca.

Conecta la segunda nuez doble a la barra de soporte.

Asegura el perno de retención con la nuez doble superior para que el agujero sea horizontal en el extremo.

Ata el sedal al anzuelo del plato de pesas y tira de él a través del agujero del pasador de sujeción.

Ata este extremo libre del sedal a la segunda nuez doble.



Fijar el sedal en el segundo enchufe doble...

## Ejecución (4/5)

PHYWE  
excellence in science

Fijación de las pesas

- Cuelga las pesas en el plato de pesas para que la masa total sea de 70 g.
- Ajusta la altura de la nuez doble inferior de modo que la longitud total de la rosca del perno de sujeción superior al centro de las pesas sea igual a la longitud reducida del péndulo  $\lambda_R$  del péndulo de reversión.
- Mide el tiempo  $t$  para cada una de las 10 oscilaciones y anota el valor en la tabla 2 del protocolo.



Desviación del péndulo del hilo

## Ejecución (5/5)

PHYWE  
excellence in science

Desmontando la base del trípode

- Para desmontar la base del trípode, presiona los botones del medio y separe ambas mitades.



## Tarea 1

**PHYWE**  
excellence in science

Compara las duraciones de vibración entre sí, ¿qué notas?

$T(C_{li}) = T(C_{re})$

  $T(D_{li})$  es la más grande.

  $T(A_{li})$  es la más grande.

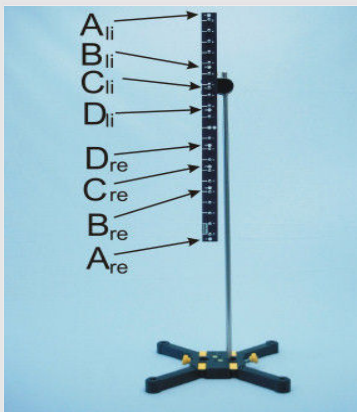
  $T(B_{li})$  es el más pequeño.

$T(A_{li}) = T(C_{re})$

✓ Revisa

## Tarea 2

**PHYWE**  
excellence in science



Configuración de la prueba con diferentes puntos de suspensión

Según los resultados de la medición, es de esperar que la duración de la vibración para los mismos puntos de suspensión  $X_{li}$  (izquierda) y  $X_{re}$  (derecha) son idénticos en cada caso?

No, los tiempos de oscilación difieren igualmente a la izquierda y a la derecha a la misma distancia del centro de gravedad.

Sí, los períodos de oscilación son los mismos en el lado izquierdo y derecho a la misma distancia del centro de gravedad.

✓ Revisa

## Tarea 3

¿Por qué las duraciones de oscilación a la izquierda y a la derecha a la misma distancia del centro son iguales?

- La palanca utilizada tiene una forma regular y una distribución de masa aproximadamente homogénea.
- La duración de la oscilación no es la misma a la izquierda y a la derecha a la misma distancia del centro.
- Los puntos de suspensión están todos situados en el eje central de la palanca. Según el teorema de Steiner, sólo la distancia al centro de gravedad del cuerpo es importante para la vibración.

✓ Revisa

## Tarea 4

Compara el período de oscilación del péndulo de hilo con el período de oscilación del péndulo de reversión para los puntos de suspensión  $A_{re}$ ,  $C_{li}$  y  $C_{re}$ . ¿Qué declaración puedes hacer sobre esto?

- El péndulo del hilo con la longitud del péndulo  $l = \lambda_R$  tiene un período de oscilación dos veces más largo que el péndulo de reversión cuando está suspendido en los puntos  $A_{re}$ ,  $C_{li}$  y  $C_{re}$ .
- Las duraciones de las oscilaciones no tienen una relación reconocible entre sí.
- El péndulo del hilo con la longitud del péndulo  $l = \lambda_R$  tiene el mismo período de oscilación que el péndulo de reversión cuando está suspendido en los puntos  $A_{re}$ ,  $C_{li}$  y  $C_{re}$ .

✓ Revisa

## Tarea 5

Compara la longitud reducida del péndulo medida  $\lambda_R$  con la longitud  $L$  de la palanca.

$\lambda_R \approx 3/4 \cdot L$

$\lambda_R \approx 2/3 \cdot L$

$\lambda_R \approx 1/2 \cdot L$

 Revisa

## Tarea 6

Completa el texto.

Si cuelgas un [ ] en el punto A, hay un segundo punto C donde la [ ] es la misma. La [ ] entre estos dos puntos se llama [ ]. Un [ ] con esta longitud de péndulo tiene el mismo período de oscilación que el péndulo de reversión.

 Revisa

Diapositiva	Puntuación/Total
Diapositiva 22: Observación sobre los períodos de oscilación	0/4
Diapositiva 23: Diferencia en los períodos de oscilación	0/1
Diapositiva 24: Períodos de oscilación simétrica	0/2
Diapositiva 25: Comparación con el péndulo del hilo	0/1
Diapositiva 26: el asentamiento de $\lambda_R$ con la longitud $L$ de...	0/1
Diapositiva 27: Péndulo de reversión de resumen	0/5

La cantidad total  0/14 Soluciones Repita Exportar el texto