

# Fadenpendel (Mathematisches Pendel)



Physik

Mechanik

Schwingungen &amp; Wellen



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

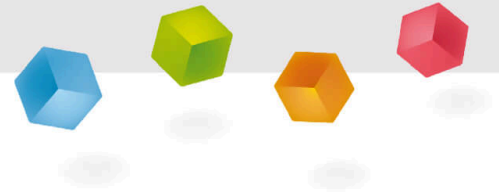
This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/5f1febeea680cb0003fd1cef>

PHYWE

# Lehrerinformationen



## Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau zur  
Untersuchung  
mathematischen Pendels

Das Fadenpendel oder auch "mathematisches Pendel" genannt, ist ein idealisiert betrachtetes Pendel. Das heißt, die angebrachte Masse  $m$  wird als punktförmig angesehen, die Masse der Pendelstange oder des Fadens wird vernachlässigt und das Pendel kann ausschließlich eine Bewegung (Schwingung) in einer vertikalen Ebene ausführen. Zusätzlich werden Reibungseffekte und der Luftwiderstand ebenfalls vernachlässigt.

Die Dauer einer Schwingung  $T$  ist gleich dem Kehrwert der Frequenz der Schwingung  $f$ .

$$T = \frac{1}{f} \text{ [s]}$$

Die Frequenz  $f$  wiederum ergibt sich zum Quotienten von Eigenkreisfrequenz  $\omega$  und  $2\pi$ .

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \left[ \frac{1}{s} \triangleq s^{-1} \triangleq \text{Hz} \right]$$

## Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

### Vorwissen



Die Schüler sollten bereits die Erdbeschleunigung  $g$  und dessen gemittelten Wert  $9,81 \text{ m/s}^2$  kennengelernt haben, da dieser Wert eine große Rolle in Bezug auf das mathematische Pendel spielt.

### Prinzip



Die Schwingungsdauer  $T$  des mathematischen Pendels ist aufgrund der Vereinfachungen nur abhängig von der Fadenlänge  $l$ . Es gilt für die Schwingungsdauer  $T$ :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

## Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

### Lernziel



Die Schüler sollen anhand mehrerer Messungen darauf schließen, dass die Masse keinen Einfluss auf die Schwingungsdauer des mathematischen Pendels hat. Aus dem Diagramm, welches sie erzeugen sollen sie ermitteln, dass  $T$  eine Funktion in Abhängigkeit von  $\sqrt{l}$  ist.

### Aufgaben



Die Schüler sollen das mathematische Pendel untersuchen und zu diesem Zweck:

1. Die Schwingungsdauer eines Fadenpendels bei verschiedenen Massen und Pendellängen ermitteln.
2. Die Länge eines Sekundenpendels berechnen.

## Sicherheitshinweise

PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

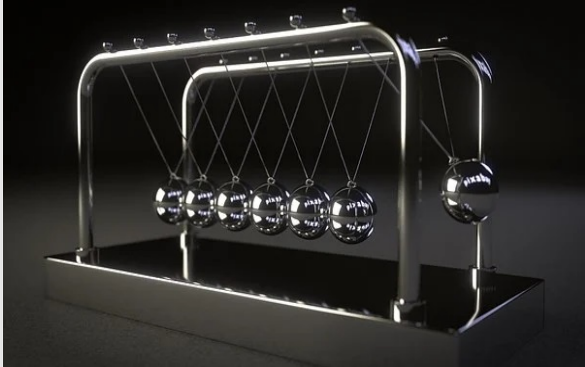
PHYWE

## Schülerinformationen



## Motivation

PHYWE



Newton Pendel zu Veranschaulichung der Energieerhaltung

Auch wenn man sie nicht immer direkt sieht, Pendel kommen in vielen Bereichen unseres täglichen Lebens vor.

Ob das einfache Newton Pendel, welches die Erhaltung der Energie veranschaulichen soll oder beispielsweise die Sekundenpendel großer Standuhren. In vielen Bereichen kommen Pendel zum Einsatz.

So zum Beispiel auch in Hochhäusern, welche sich in erdbebengefährdeten Gebieten befinden. Hier sorgen die Pendel dafür, dass die Schwingung mit der sich ein Hochhaus aufgrund der Anregung durch das Beben bewegt, austariert wird.

## Aufgaben

PHYWE



In diesem Versuch wirst du dich mit dem Fadenpendel, dem sogenannten mathematischen Pendel, vertraut machen.

Zu diesem Zweck wirst du :

1. Die Schwingungsdauer  $T$  eines Fadenpendels für verschiedene Massen  $m$  und Pendellängen  $l$  messen.
2. Die Länge  $l$  eines Sekundenpendels berechnen.

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	<a href="#">PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, d ≤ 14 mm</a>	02001-00	1
2	<a href="#">Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm</a>	02037-00	1
3	<a href="#">Stativstange, Edelstahl, l = 250 mm, d = 10 mm</a>	02031-00	1
4	<a href="#">Doppelmuffe, für Kreuz- oder T-Spannung</a>	02043-00	2
5	<a href="#">Gewichtsteller für Schlitzgewichte, 10 g Bauart PHY</a>	02204-00	1
6	<a href="#">Schlitzgewicht, schwarzlackiert, 10 g Bauart PHY</a>	02205-01	4
7	<a href="#">Schlitzgewicht, schwarzlackiert, 50 g Bauart PHY</a>	02206-01	1
8	<a href="#">Haltebolzen</a>	03949-00	1
9	<a href="#">Digitale Stoppuhr, 24 h, 1/100 s und 1 s</a>	24025-00	1
10	<a href="#">Maßband, l = 2 m</a>	09936-00	1
11	<a href="#">Angelschnur, auf Röllchen, d = 0,7 mm, 20 m</a>	02089-00	1

## Aufbau (1/4)

PHYWE

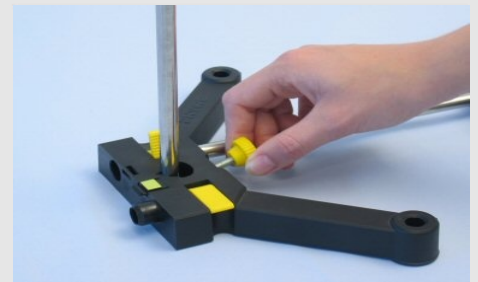
Schraube zunächst die geteilte Stativstange zusammen. Verbinde die zwei Stativfußhälften mit der 25 cm langen Stativstange und befestige sie mit den Verschlusshebeln. Stecke die 60 cm lange Stativstange in den vorderen Stativfuß und fixiere sie mit der Verschlusschraube.



Verschrauben der Stativstangen



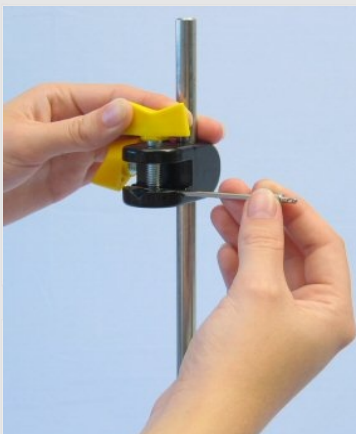
Zusammenbau des Stativfußes



Lange Stativstangen in den Fuß stellen

## Aufbau (2/4)

PHYWE

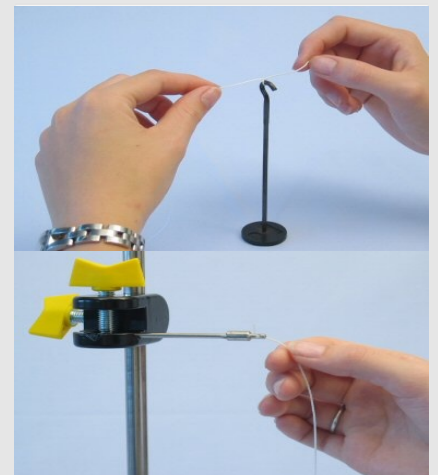


Haltebolzen an Doppelmuffe befestigen

Befestige die erste Doppelmuffe an der Stativstange und daran wiederum den Haltebolzen so, dass die Bohrung an seinem Ende waagrecht ist.

Knote ein Stück Angelschnur (ca. 80 cm) an den Haken des Gewichtstellers.

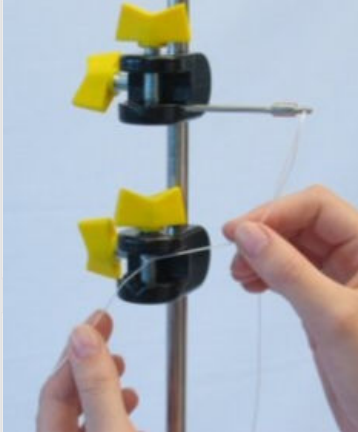
Ziehe das zweite Ende der Angelschnur anschließend durch die Öse am Haltebolzen.



Schnur an Gewichtsteller und Haltebolzen befestigen

## Aufbau (3/4)

PHYWE



Angelschnur in der zweiten Doppelmuffe befestigen

Klemme die zweite Doppelmuffe an die Stativstange und befestige an ihr das zweite Ende der Angelschnur.

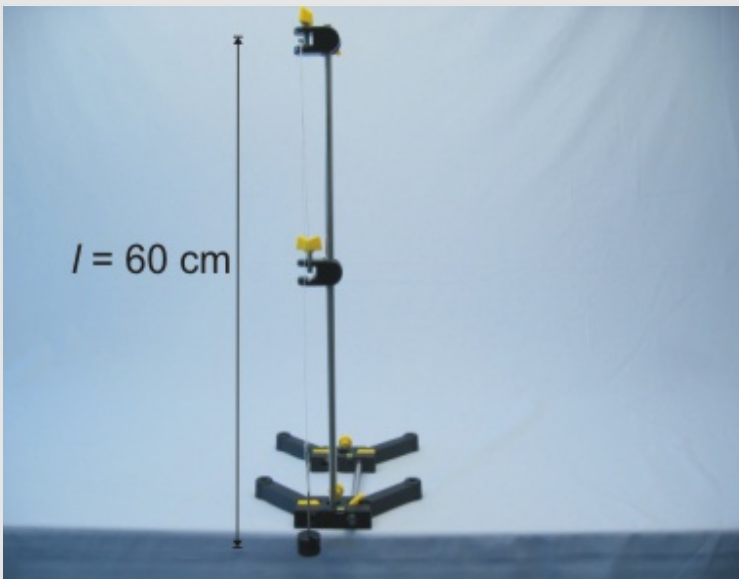
Platziere so viele Massestücke auf dem Gewichtsteller, dass die Gesamtmasse 50 g beträgt. Um die Schlitzgewichte am Gewichtsteller anzubringen, schiebe sie über das obere Ende des Gewichtstellers.



Masse auf Gewichtsteller

## Aufbau (4/4)

PHYWE

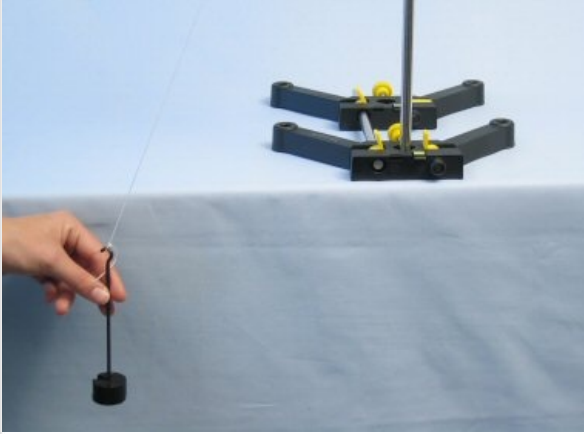


Verstelle die untere Doppelmuffe in der Höhe so, dass die gesamte Länge vom Aufhängepunkt am oberen Ende bis zum Mittelpunkt der Massen möglichst genau  $l = 60 \text{ cm}$  beträgt.



## Durchführung (1/2)

PHYWE

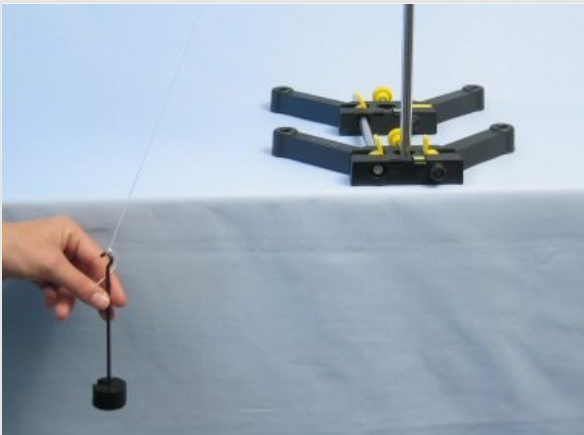


Auslenken des Pendels

- Bewege das Ende des Pendels ca. 20 cm seitwärts.
- Lass das Pendel vorsichtig los und starte gleichzeitig die Stoppuhr.
- Bestimme jeweils die Zeit für 10 Schwingungen des Pendels.
- Wiederhole die Messung für 10 Schwingungen mit einer Gesamtmasse von  $m = 100\text{ g}$ .
- Notiere die Messergebnisse in Tabelle 1 im Protokoll.

## Durchführung (2/2)

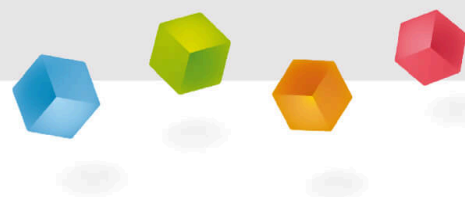
PHYWE



Auslenken des Pendels

- Entferne wieder so viele Massestücke von dem Gewichtsteller, bis die Gesamtmasse wieder  $m_{ges} = 50\text{ g}$  beträgt.
- Miss nun jeweils nacheinander die Zeit für 10 Schwingungen bei Pendellängen von 5, 10, 20, 30, 40 und 50 cm.
- Hinweis: Knoten bei den kurzen Pendellängen 5 und 10 cm als Pendelmasse nur ein 50 g Massestück ohne Gewichtsteller an die Angelschnur.
- Notiere die resultierenden Messergebnisse in Tabelle 2 im Protokoll.

PHYWE



# Protokoll

## Tabelle 1

PHYWE

Berechne die Wurzel aus der  
Pendellänge  $l = 60 \text{ cm}$ .

$$\sqrt{l} = \boxed{\phantom{000}} \sqrt{\text{cm}}$$

Trage deine Messwerte für die masseabhängige Messung in  
die Tabelle ein und berechne aus der Zeit  $t$  für 10  
Schwingungen die Schwingungsdauer  $T$  für eine Schwingung.

$m \text{ [g]}$	$t \text{ [s]}$	$T \text{ [s]}$
50	<input type="text"/>	<input type="text"/>
100	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## Tabelle 2

PHYWE

Trage deine Messwerte aus Durchführung 2 in die Tabelle ein und berechne die Quadratwurzel aus der Länge.

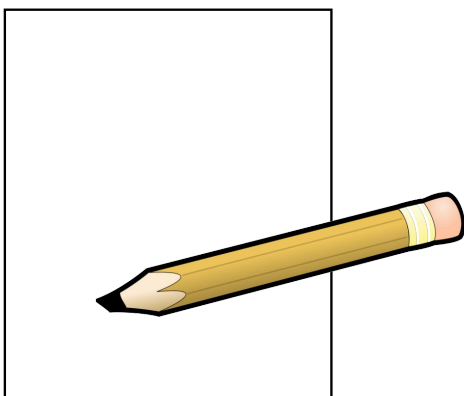
Trage ebenfalls deine Messwerte für die Dauer  $t$  der 10 Schwingungen ein und berechne daraus die Schwingungsdauer  $T$  für eine Schwingung.

Ergänze die Tabelle um die berechneten Werte.

$l [cm]$	$\sqrt{l} [cm^{1/2}]$	$t [s]$	$T [s]$
50			
40			
30			
20			
10			
5			

## Aufgabe 1

PHYWE

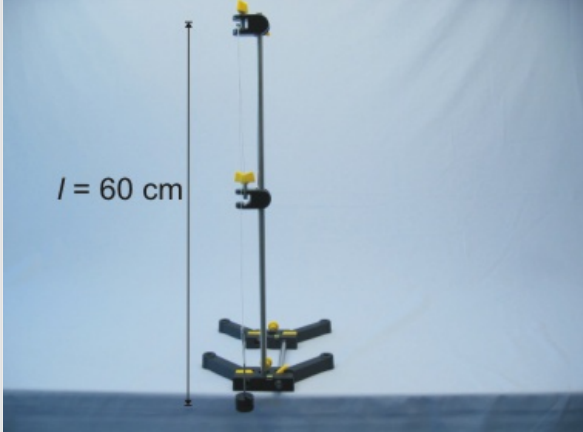


Nimm Dir nun ein Blatt Papier zur Hand, auf dem du ein Diagramm erzeugst. In diesem Diagramm stellst du die Schwingungsdauer  $T$  ( $y$ -Achse) in Abhängigkeit der Pendellänge  $l$  ( $x$ -Achse) dar.

Zeichne dann ein zweites Diagramm, in dem du die Schwingungsdauer  $T$  ( $y$ -Achse) in Abhängigkeit der Wurzel der Pendellänge  $\sqrt{l}$  ( $x$ -Achse) darstellst.

## Aufgabe 2

PHYWE

Pendellänge  $l = 60 \text{ cm}$ 

Ist die Schwingungsdauer  $T$  von der Masse  $m$  abhängig?

- ☐ Ja, die Schwingungsdauer  $T$  ist abhängig von der Masse  $m$ .
- ☐ Nein, die Schwingungsdauer  $T$  ist unabhängig von der Masse  $m$ .

[✓ Überprüfen](#)

## Aufgabe 3

PHYWE



Versuchsaufbau zur  
Untersuchung  
mathematischen Pendels

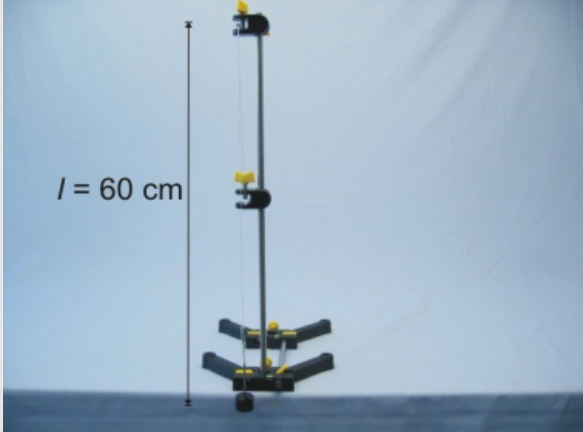
Wirf einen Blick auf das von dir erzeugte Diagramm. Die Kurve stellt das Verhalten der Schwingungsdauer  $T$  gegenüber der Pendellänge  $l$  dar. Wie wirkt sich die Pendellänge auf die Schwingungsdauer aus?

- ☐ Je länger die Pendellänge, desto größer die Schwingungsdauer.
- ☐ Je kürzer die Pendellänge, desto größer die Schwingungsdauer.
- ☐ Die Pendellänge hat keinen Einfluss auf die Schwingungsdauer.

[✓ Überprüfen](#)

## Aufgabe 4

PHYWE

Pendellänge  $l = 60 \text{ cm}$ 

Schließe aus den von dir erstellten Diagrammen auf die richtige Abhängigkeit für die Schwingungsdauer von der Pendellänge:

☐  $T \sim \sqrt{l}$

☐  $\sqrt{T} \sim l$

☐  $T \sim l$

☒ Überprüfen

## Aufgabe 5

PHYWE

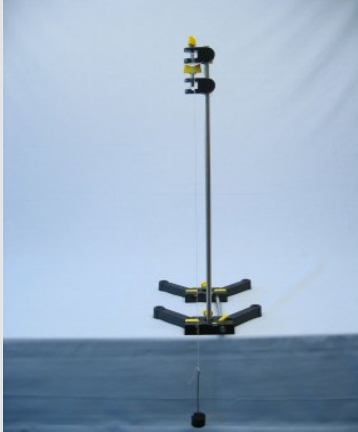
Versuchsaufbau zur  
Untersuchung  
mathematischen Pendels

Berechne aus dem Diagramm den Proportionalitätsfaktor  $K$  und vergleiche ihn mit dem Wert, den Du erhältst, wenn du  $2\pi/\sqrt{g}$  rechnest. Stimmen die beiden Werte überein?

☐ Ja, die beiden Werte stimmen sehr gut überein.☐ Nein, der Wert für  $K$  ist wesentlich größer.☐ Nein, der Wert für  $K$  ist wesentlich kleiner.☒ Überprüfen

## Aufgabe 6

PHYWE



Versuchsaufbau zur  
Untersuchung  
mathematischen Pendels

Welche Dimension hat  $K$ ?

☐  $s/\sqrt{m}$

☐  $\sqrt{s/m}$

☐  $s/m$

☐  $\sqrt{m}/s$

☒ Überprüfen

## Aufgabe 7

PHYWE

Stelle mit den gegebenen und berechneten Größen die Schwingungsgleichung für das Fadenpendel auf. Welche ist die richtige Formel?

☐  $T = \sqrt{2\pi} \cdot \frac{l}{g}$

☐  $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{g}{l}}$

☐  $T = 2\pi \cdot \frac{l}{g}$

☐  $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$

☒ Überprüfen

## Aufgabe 8

PHYWE

Berechne die Pendellänge für ein Fadenpendel, das eine Schwingungsdauer von 2 s besitzt (Sekundenpendel, Zeit für eine halbe Schwingung = 1 s):

 $l =$    $cm$ 


Berechne die Erdbeschleunigung  $g$  aus deinen Messdaten mit Hilfe des ermittelten Proportionalitätsfaktors:


$$g = \left( \frac{2\pi}{K} \right)^2$$


 $g =$    $m/s^2$ 

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 20: Unabhängigkeit $\backslash(T\backslash)$ von $\backslash(m\backslash)$	0/1
Folie 21: Abhängigkeit $\backslash(T\backslash)$ von $\backslash(l\backslash)$ (1)	0/1
Folie 22: Abhängigkeit $\backslash(T\backslash)$ von $\backslash(l\backslash)$ (2)	0/1
Folie 23: Vergleich von $\backslash(K\backslash)$ und $\backslash(K''\backslash)$	0/1
Folie 24: Dimension von $\backslash(K\backslash)$	0/1
Folie 25: Formel des Fadenpendels	0/1

Gesamtsumme  ★ 0/6

 Lösungen

 Wiederholen

 Text exportieren