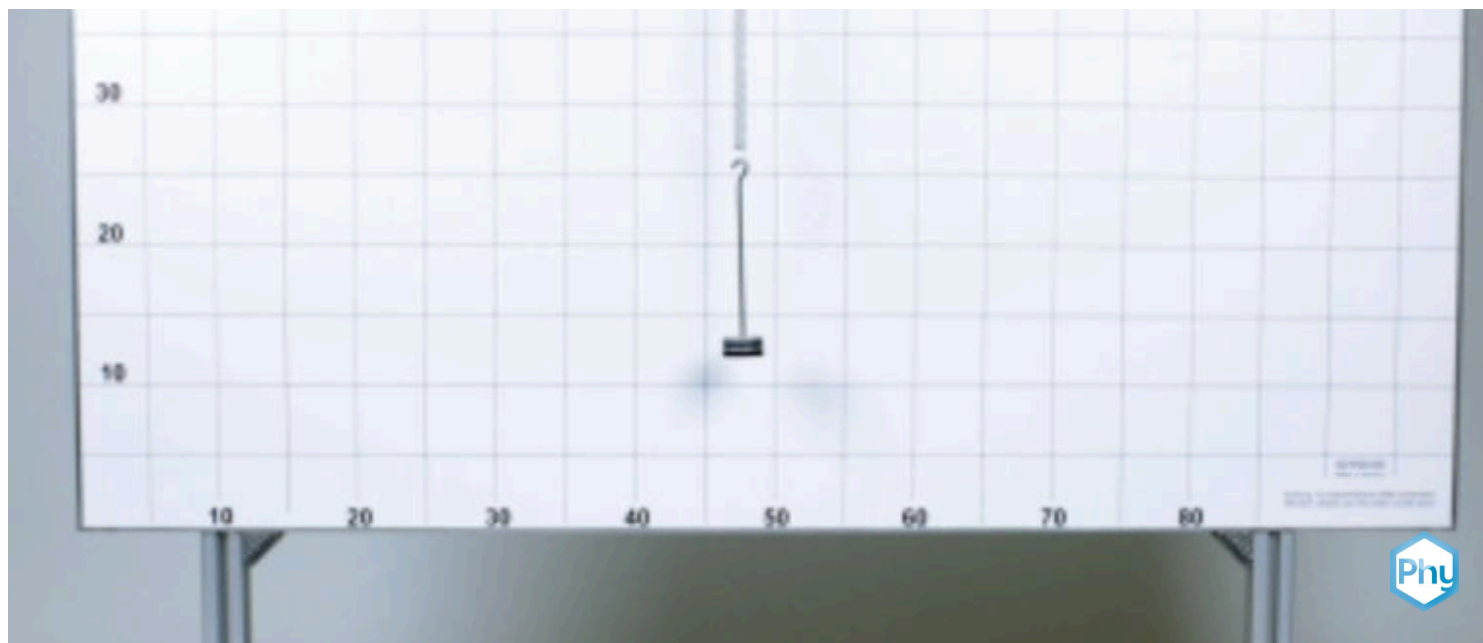


Federpendel



P1254500

Physik

Mechanik

Schwingungen & Wellen



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/6462040cb51c16000222e697>

PHYWE

Allgemeine Informationen



Anwendung

PHYWE

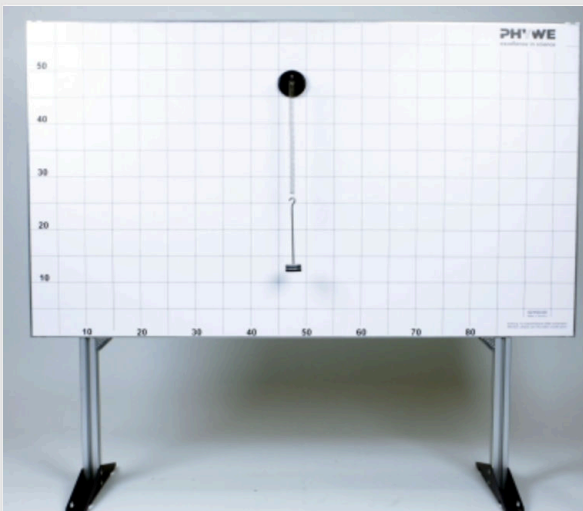


Abb. 1: Versuchsaufbau

Ein Federpendel ist ein einfacher mechanischer Schwinger, der aus einem Pendelkörper besteht, welcher an einer horizontal beweglichen Feder befestigt ist.

Federpendel werden in vielen Bereichen eingesetzt, z.B. Federschwinger sind Federungen von Autos und Motorrädern, eine Stimmgabel oder ein Trampolin mit Springer.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten Vorkenntnisse über "Federpendel" haben. Es ist notwendig, dass die Schüler schon mit dem Begriff von Federkonstanten der Feder vertraut sein.

Prinzip



Es soll untersucht werden, von welchen physikalischen Größen die Schwingungsdauer eines Federpendels abhängig ist.

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollen bei diesem Experiment exemplarisch die Funktionsweise von Federpendeln verstehen. Die Schüler sollen auch lernen, welche physikalischen Größen die Schwingungsdauer eines Federpendels beeinflussen können.

Aufgaben



Die Schüler sollen die Schwingungsdauer eines Federpendels bei unterschiedlichen Belastung messen und beobachten. Abschließend sollen die Schüler den Zusammenhang zwischen die Schwingungsdauer und die Belastung entdecken.

Sicherheitshinweise

PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie

PHYWE

Ein Federpendel ist ein einfacher mechanischer Schwinger, der aus einem Pendelkörper besteht, welcher an einer horizontal beweglichen Feder befestigt ist.

Die Schwingungsdauer berechnet sich durch:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{m/D}$$

m = Masse des schwingenden Körpers

D = Federkonstante der Feder

Dadurch kann man schließen, dass die Schwingungsdauer von der Masse des Pendelkörper und den elastischen Eigenschaften der Feder abhängig ist.

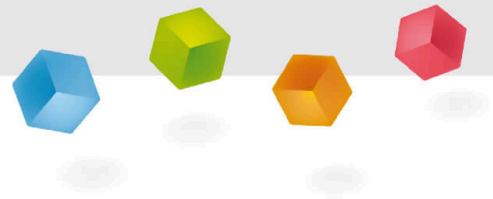
Die Federkonstante beschreibt das Verhältnis der auf eine Feder wirkenden Kraft und der dadurch bedingten Längenänderung der Feder.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Hafttafel mit Gestell, Demo Physik	02150-00	1
2	Haken auf Haftmagnet	02151-03	1
3	Schraubenfeder, 3 N/m	02220-00	1
4	Schraubenfeder, 20 N/m	02222-00	1
5	Gewichtsteller für Schlitzgewichte	02204-01	1
6	Schlitzgewicht, silberbronziert, 10 g	02205-03	2
7	Schlitzgewicht, silberbronziert, 10 g	02205-03	2
8	Schlitzgewicht, silberbronziert, 50 g	02206-03	2
9	Schlitzgewicht, silberbronziert, 50 g	02206-03	2
10	Labor-Marker, abwaschbar, schwarz	46402-01	1
11	Schraubzwinge	02014-01	2

PHYWE

Aufbau und Durchführung



Aufbau

PHYWE

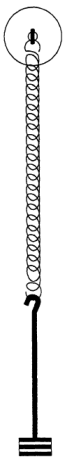


Abb. 2

- Setze den Haken auf das Haftmagnet auf die Demo-Tafel auf.
- Hänge die Schraubenfeder mit 20 N/m an den Haken.
- Belaste den Gewichtsteller mit vier 10-g-Schlitzgewichten (Abb. 2).

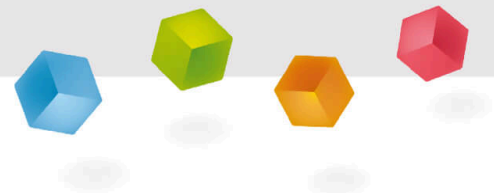
Durchführung

PHYWE

- Ziehe den Gewichtsteller einige cm nach unten und lasse ihn los; messe die Zeit 10 T, die für 10 volle Schwingungen erforderlich ist, und trage den Messwert für 10 T in Tabelle 1 ein (Hinweis: Bei sehr schnellen Schwingungen empfiehlt es sich, 20 T oder 30 T zu messen und den daraus resultierenden Wert für 10 T weiterzuverwenden.)
- Erhöhe die Belastung des Gewichtstellers schrittweise um 50 g und ermittle den jeweiligen Wert für 10 T und notiere ihn in Tabelle 1.
- Hänge anstatt der Schraubenfeder 20 N/m die Schraubenfeder 3 N/m an den Haken.
- Belaste den Gewichtsteller mit einem 10-g-Schlitzgewicht, löse die Schwingung aus, messe 10 T und notiere es in Tabelle 2.
- Erhöhe die Belastung des Gewichtstellers schrittweise um je 20 g und verfahre in gleicher Weise wie vorher.

PHYWE

Protokoll



Beobachtung (1/2)

PHYWE

m/g	10 T/s	T/s	T^2/s^2
50	3,3	0,33	0,109
100	4,6	0,46	0,212
150	5,6	0,56	0,314
200	6,5	0,65	0,422
250	7,1	0,71	0,504

Tab. 1 (Schraubenfeder 20 N/m)

Beobachtung (1/2)

PHYWE

m/g	10 T/s	T/s	T^2/s^2
50	3,3	0,33	0,109
100	4,6	0,46	0,212
150	5,6	0,56	0,314
200	6,5	0,65	0,422
250	7,1	0,71	0,504

Tab. 1 (Schraubenfeder 20 N/m)

Beobachtung (2/2)

PHYWE

m/g	10 T/s	T/s	T^2/s^2
20	5,8	0,58	0,336
40	7,8	0,78	0,608
60	9,4	0,94	0,884
80	10,7	1,07	1,145
100	11,8	1,18	1,392
120	13,0	1,30	1,690
140	13,9	1,39	1,932

Tab. 2 (Schraubenfeder 3 N/m)

Auswertung (1/7)

PHYWE

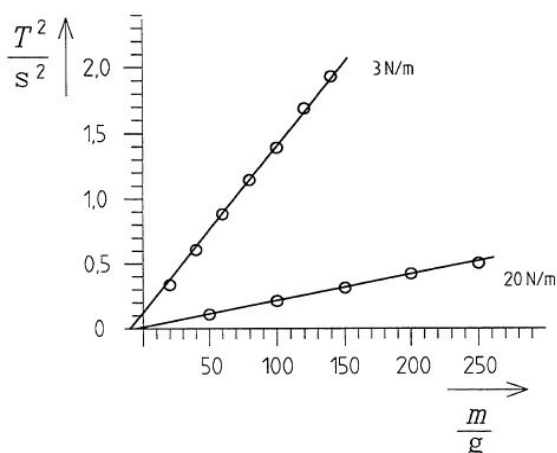


Abb. 3

Zunächst werden die Werte für T und T^2 berechnet und in die Tabellen 1 und 2 eingetragen. In Abb. 3 ist das Quadrat der Schwingungsdauer über der Masse m aufgetragen. Es ergibt sich in beiden Fällen ein linearer Zusammenhang. Besonders bei der weichen Feder (3 N/m) ist deutlich zu sehen, dass die Gerade nicht durch den Koordinatennullpunkt geht. Die Ursache hierfür ist, dass die Massen der Federn im Vergleich zu den Massen des unterschiedlich belasteten Gewichtstellers nicht vernachlässigbar klein sind (vgl. insbesondere in Tabelle 2 die niedrigsten m -Werte mit der Masse der Feder).

Masse m_F der Schraubenfedern:

20 N/m: $m_F = 5,7\text{g}$; 3 N/m: $m_F = 15,8\text{g}$

Auswertung (2/7)

PHYWE

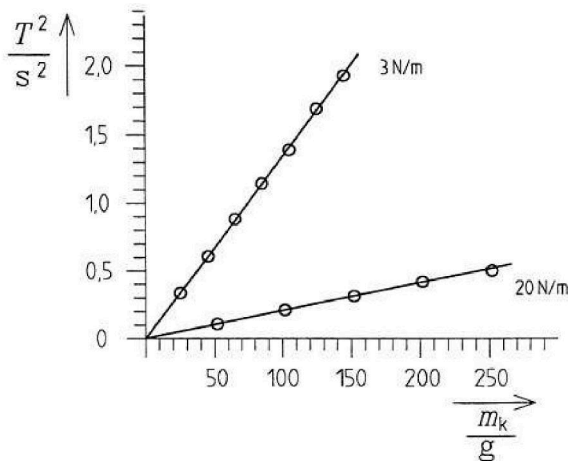


Abb. 4

Um einen proportionalen Zusammenhang zu erhalten (d.h. eine Darstellung, bei der die Geraden durch den Koordinatenursprung verlaufen, siehe Abb. 4), muß die Masse des schwingenden Systems korrigiert werden: zur Masse m wird jeweils ein Drittel der Masse der Feder addiert. Die in die weitere Rechnung eingehende korrigierte Masse ist somit

$$m_k = m + \delta m \text{ mit}$$

$$\delta m = 1,9g \text{ bei der Feder mit } 20 \text{ N/m und}$$

$$\delta m = 5,3g \text{ bei der Feder mit } 3 \text{ N/m.}$$

Auswertung (3/7)

PHYWE

Die m_k -Werte werden nun in g und in kg berechnet und in die Tabellen 3 und 4 eingetragen.

Zuletzt werden die Quotienten T^2/m_k berechnet. Diese Quotienten sind im Rahmen der Messgenauigkeit konstant und haben für die Feder 20 N/m den Mittelwert $2,07 \text{ s}^2/\text{kg}$ und für die Feder 3 N/m den Mittelwert $13,4 \text{ s}^2/\text{kg}$.

In beiden Fällen gilt also

$$T^2/m = \text{konstant oder } T^2 \sim m.$$

Dieser proportionale Zusammenhang ergibt sich auch aus Abb. 4. Die Gerade für die weiche Feder mit 3 N/m verläuft sehr viel steiler als die Gerade für die harte Feder mit 20 N/m.

Auswertung (4/7)

PHYWE

m/g	T^2 / s^2	m_k / g	m_k / kg	$\frac{T^2 / m_k}{s^2 / kg}$
50	0,109	51,9	0,0519	2,10
100	0,212	101,9	0,1019	2,08
150	0,314	151,9	0,1519	2,07
200	0,422	201,9	0,2019	2,09
250	0,504	251,9	0,2519	2,00

Tab. 3 (Schraubenfeder 20 N/m m_F 5,7 g)

Auswertung (5/7)

PHYWE
excellence in science

m/g	T^2 / s^2	m_k / g	m_k / kg	$\frac{T^2 / m_k}{s^2 / kg}$
20	0,336	25,3	0,0253	13,3
40	0,608	45,3	0,0453	13,4
60	0,884	65,3	0,0653	13,5
80	1,145	85,3	0,0853	13,4
100	1,392	105,3	0,1053	13,2
120	1,690	125,3	0,1253	13,5
140	1,932	145,3	0,1453	13,3

Tab. 4 (Schraubenfeder 3 N/m m_F 15,8 g)

Den Schülern wird nun mitgeteilt, dass man die Schwingungsdauer eines Federschwingers mit der Gleichung

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{m/D}$$

berechnen kann.

Auswertung (6/7)

PHYWE

Dann ist

$$T^2/m = 4\pi^2/D$$

oder

$$D = 4\pi^2/(T^2/m).$$

Für die zuerst eingesetzte Schraubenfeder folgt daraus:

$$D = 4\pi^2/(2,07s^2/kg) = 19,1kg/s^2 = 19,1N/m$$

und für die zweite

$$D = 4\pi^2/(13,4s^2/kg) = 2,95N/m$$

Auswertung (7/7)

PHYWE

Diese Werte stimmen gut mit den in der Materialliste angegebenen Werten für die Federkonstanten überein, die ihrerseits eine durch die Fertigung bedingte Toleranz besitzen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Schwingungsdauer T eines Federpendels um so größer ist, je größer die Masse m des schwingenden Körpers (Systems) und je kleiner die Federkonstante $D = F/s$ der Feder ist.

$$\text{Es gilt: } T = 2\pi \cdot \sqrt{m/D}$$

$$\text{und somit } T \sim \sqrt{m}$$

$$\text{sowie } T \sim \sqrt{1/D}.$$

Anmerkungen

PHYWE

Will man zur Vereinfachung auf die Berücksichtigung der Federmasse verzichten, weil die Anrechnung von nur einem Drittel der Federmasse für die Schüler nicht einsichtig ist, so sollte die Feder mit 3 N/m nicht verwendet werden, weil der Massefehler erheblich über dem durch die Messungenauigkeit verursachten läge.

Aufgabe

PHYWE

Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse des Pendelkörpers.

☐ Wahr☐ Falsch☒ Überprüfen

Die Schwingungsdauer ist unabhängig von Pendellänge

☐ Wahr☐ Falsch☒ Überprüfen