

Erzwungene Schwingung und Resonanz



Physik

Mechanik

Schwingungen & Wellen



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f1fec40a680cb0003fd1d09>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau zur Ermittlung der Eigenfrequenz des Federpendels

Wird ein schwingungsfähiges System nach einer Anregung sich selbst überlassen, so schwingt es in einer seiner Eigenmoden. Eigenmoden oder Eigenschwingungen sind Schwingungen mit der Eigenfrequenz ω des Systems.

Wirkt weder eine weitere äußere Anregung oder ein Dämpfung, so schwingt das System (idealisiert) unendlich lange, konstant mit seiner Eigenfrequenz.

Mit Hilfe der folgenden Gleichung lässt sich zu jedem Zeitpunkt t die Auslenkung der Schwingung $x(t)$ bestimmen.

$$x(t) = x_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Mit der Anfangsauslenkung x_0 , der Eigenkreisfrequenz ω und der Phasenverschiebung $\varphi_0 =$ zu Beginn der Schwingung.

Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten bereits einige Versuche zum Thema der harmonischen Schwingung durchgeführt haben, um bereits ein fundiertes Wissen über die freie, ungedämpfte und ggf. auch über die gedämpfte Schwingung erlernt zu haben.

Prinzip



Betrachtet man die Bewegungsgleichung des Federpendels (Federkonstante k) unter Vernachlässigung der Dämpfung, so erhält man:

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$$

$$\Rightarrow \frac{c}{m} = \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollen erlernen, dass jeder schwingungsfähige System eine Eigenfrequenz ω besitzt, welche den Zeitverlauf der Schwingung maßgeblich vorgibt.

Aufgaben



Die Schüler sollen die Eigenfrequenz eines Federpendels untersuchen und zu diesem Zweck:

1. Ein Federpendel von Hand anregen und beobachten was passiert.
2. Die Eigenfrequenz des Federpendels experimentell ermitteln.

Sicherheitshinweise

PHYWE



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

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



Barrégriff auf der E-Gitarre

Saiteninstrumente zeichnen sich dadurch aus, dass die verschiedenen Saiten unterschiedliche Töne abgeben. Dies liegt in erster Linie an der Beschaffenheit der jeweiligen Saite (Dicke, Material, etc.) sowie der Spannung mit der sie am Instrument befestigt ist. In zweiter Linie wird der Ton variiert, indem man die Länge der Saite gezielt verkürzt. Die Tonhöhe ist dann bedingt durch die aus den Rahmenparametern resultierenden sogenannten Eigenfrequenzen ω der Saiten.

In diesem Versuch befasst du dich mit der Eigenfrequenz des klassischen Federpendels als einfaches Beispiel für ein schwingendes System.

Aufgaben

PHYWE



Rege ein Federpendel von Hand zu Schwingungen an und beobachte die Wirkung.

Miss die Eigenfrequenz, mit der das Federpendel unbeeinflusst schwingt.

Material

| Position | Material | Art.-Nr. | Menge |
|----------|---|----------|-------|
| 1 | PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, $d \leq 14$ mm | 02001-00 | 1 |
| 2 | Stativstange, Edelstahl, $l = 600$ mm, $d = 10$ mm | 02037-00 | 1 |
| 3 | Doppelmuffe, für Kreuz- oder T-Spannung | 02043-00 | 1 |
| 4 | Haltebolzen | 03949-00 | 1 |
| 5 | Schraubenfeder, 3 N/m | 02220-00 | 1 |
| 6 | Präzisionsgewichtsatz 1 g...50 g, in Etui | 44017-01 | 1 |
| 7 | Digitale Stoppuhr, 24 h, 1/100 s und 1 s | 24025-00 | 1 |

Aufbau (1/2)

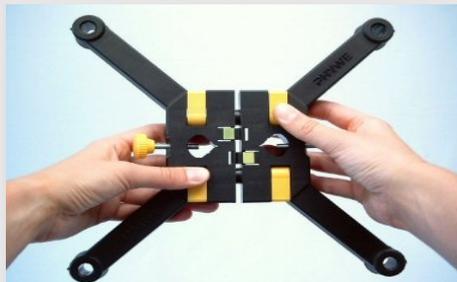
PHYWE

Schraube zunächst die geteilte Stativstange zusammen und setze den Stativfuß zusammen.

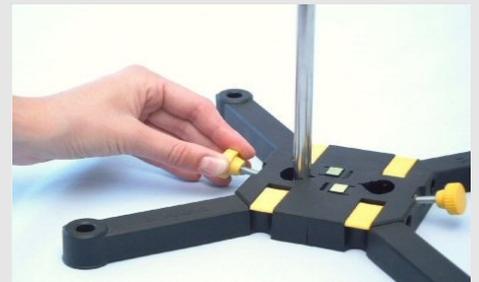
Stelle die Stativstange in den Stativfuß und befestige sie mit der Schraube.



Verschrauben der Stativstange



Stativfuß zusammensetzen



Befestigen der Stativstange

Aufbau (2/2)

PHYWE



Haltebolzen mit Feder
in Doppelmuffe

- Klemme die Doppelmuffe an die lange Stativstange.
- Befestige den Haltebolzen in der Doppelmuffe und hänge die Schraubenfeder (3 N/m) in die Bohrung des Haltebolzens ein.
- Befestige das 50 g-Massestück aus dem Gewichtssatz an der Schraubenfeder.



50g-Massestück befestigen

Durchführung (1/3)

PHYWE

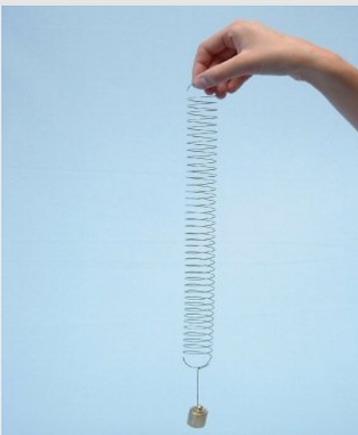


Auslenken des Federpendels

- Lenke das Federpendel nach unten aus und lasse es unbeeinflusst in seiner Eigenschwingung schwingen.
- Starte die Stoppuhr im unteren Umkehrpunkt und miss die Zeit für 10 Schwingungen.
- Wiederhole die Messungen zweimal und notiere die Messwerte in Tabelle 1 im Protokoll.

Durchführung (2/3)

PHYWE



Anregen des Federpendels mit Hilfe der Hand

- Nimm das obere Ende der Schraubenfeder in die Hand.
- Bewege deine Hand mit dem Federpendel ganz langsam auf und ab (niedrige Erregerfrequenz). Beobachte die Bewegung des Federpendels und notiere deine Beobachtungen auf der Ergebnisseite.
- Bewege deine Hand schneller als vorher (mittlere Erregerfrequenz, möglichst mit der Eigenfrequenz anregen) und beobachte wieder das Federpendel.
- Bewege deine Hand noch schneller (hohe Erregerfrequenz, größer als die der Eigenfrequenz) und betrachte erneut das Federpendel.

Durchführung (3/3)

PHYWE



Demontage des Stativfußes

- Um den Stativfuß auseinander zu bauen, drücke die Knöpfe in der Mitte und ziehe beide Hälften auseinander.

PHYWE

Protokoll

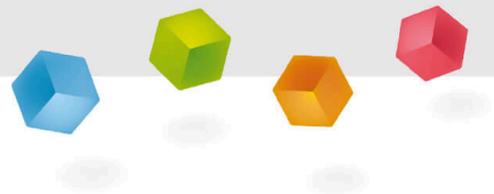


Tabelle 1

PHYWE

Trage deine Messwerte t_{10} für die drei Messungen über 10 Schwingungen in die Tabelle ein.

Berechne dann den Mittelwert für die drei Messungen $\langle t \rangle$ und daraus die Periodendauer T für eine Schwingung.

Berechne zu letzt die Frequenz der Eigenschwingung f_0 aus dem Kehrwert der Periodendauer:

$$f_0 = \frac{1}{T} = T^{-1} \quad \left[Hz \hat{=} \frac{1}{s} \right]$$

Messung Nr. t_{10} [s]

| | |
|---|--|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |

 $\langle t \rangle$ [s] T [s] f_0 [Hz]

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

Aufgabe 1

PHYWE

Welche Aussagen stimmen für deine Beobachtungen mit niedriger Erregerfrequenz ($f_e < f_0$)?

- Die Amplitude der Schwingung nimmt zu.
- Die Amplitude der Schwingung bleibt konstant.
- Das Massestück bewegt sich.
- Die Masse schwingt mit der Eigenfrequenz f_0 .
- Die Masse schwingt mit der Frequenz des Erregers f_e .

 Überprüfen

Aufgabe 2

PHYWE

Welche Aussagen stimmen für deine Beobachtungen mit mittlerer Erregerfrequenz ($f_e \approx f_0$)?

- Die Amplitude der Schwingung bleibt konstant.
- Die Masse schwingt mit der Eigenfrequenz f_0 .
- Das Massestück bewegt sich.
- Die Masse schwingt mit der Frequenz des Erregers f_e .
- Die Amplitude der Schwingung nimmt zu (Resonanzfall).

✓ Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE

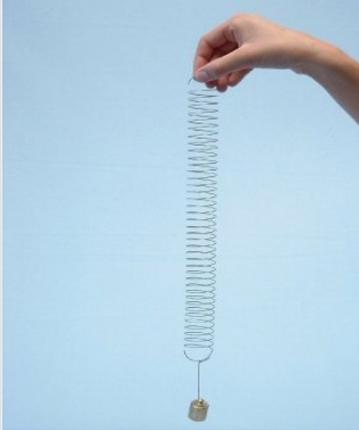
Welche Aussagen stimmen für deine Beobachtungen mit hoher Erregerfrequenz ($f_e > f_0$)?

- Das Massestück bewegt sich wenig.
- Die Amplitude der Schwingung nimmt zu.
- Die Amplitude der Schwingung bleibt konstant.
- Die Masse schwingt mit der Eigenfrequenz f_0 .
- Die Masse schwingt mit der Frequenz des Erregers f_e .

✓ Überprüfen

Aufgabe 4

PHYWE



Anregen des Federpendels
mit Hilfe der Hand

Wie verhält sich die Amplitude bzw. die Frequenz des Federpendels bei

1. Niedrige Erregerfrequenz:
2. Mittlere Erregerfrequenz:
3. Hohe Erregerfrequenz:

Das Pendel folgt dem Erreger (Amplitude & Frequenz).

Das Pendel ist nahezu in Ruhe.

Das Pendel schwingt mit maximaler Amplitude.

Überprüfen

Aufgabe 5

PHYWE

Welche Parameter beeinflussen die Eigenfrequenz ω

Die Federkonstante k .

Die angehängte Masse m .

Der Umgebungsluftdruck p_0 .

Die Erregerfrequenz f_e (Handbewegung).

Überprüfen

| Folie | Punktzahl/Summe |
|---|-----------------|
| Folie 17: Beobachtung bei niedriger Erregerfrequenz | 0/3 |
| Folie 18: Beobachtung bei mittlerer Erregerfrequenz | 0/4 |
| Folie 19: Beobachtung bei hoher Erregerfrequenz | 0/3 |
| Folie 20: Verhalten der Amplitude | 0/3 |
| Folie 21: Parameter der Eigenfrequenz | 0/2 |

Gesamtsumme  0/15 Lösungen Wiederholen Text exportieren