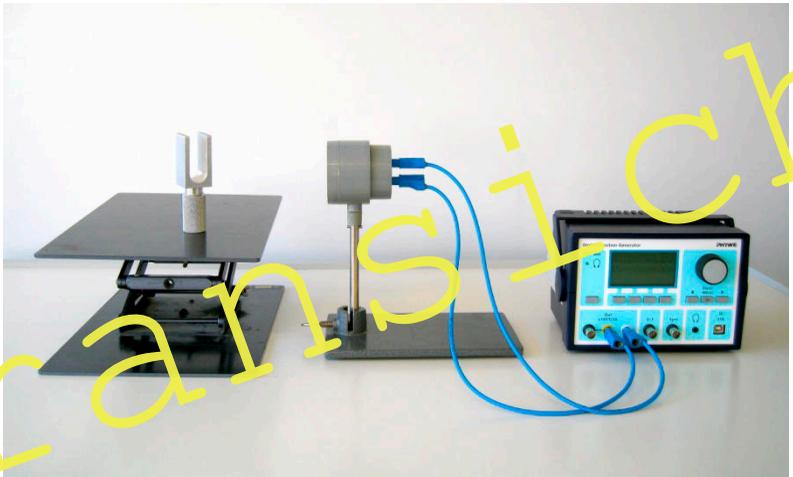


UNTERRICHTS MATERIALIEN

Physik Sek. II



Im Gleichschritt über eine Brücke, ist das gefährlich?

Experimente zu erzwungenen Schwingungen und Resonanz

Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Physik

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Für jedes Material wurden die Endrechte recherchiert und angefragt. Sollten dennoch an einzelnen Materialien weitere Rechte bestehen, bitten wir um Benachrichtigung.

D. Josef Raabe Verlags-GmbH
Ein Unternehmen der Klett Gruppe
Rotebühlstraße 77
70178 Stuttgart
Telefon +49 711 62900-0
Fax +49 711 62900-60
meinRAABE@raabe.de
www.raabe.de

Redaktion: Anna-Greta Wittnebel
Satz: Röser MEDIA GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Illustrationen: -
Bildnachweis Titel: D. Schulz

2. Pendel und Föhn

Schülerversuch ⌚ Vorbereitung: 5 min Durchführung: 25 min

Materialien

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fadenpendel mit Stativ | <input type="checkbox"/> App B'Metronome (Android) |
| <input type="checkbox"/> Föhn | <input type="checkbox"/> App Pro Metronome (iOS) |
| <input type="checkbox"/> Handy/Tablet | |

Versuchsvorbereitung

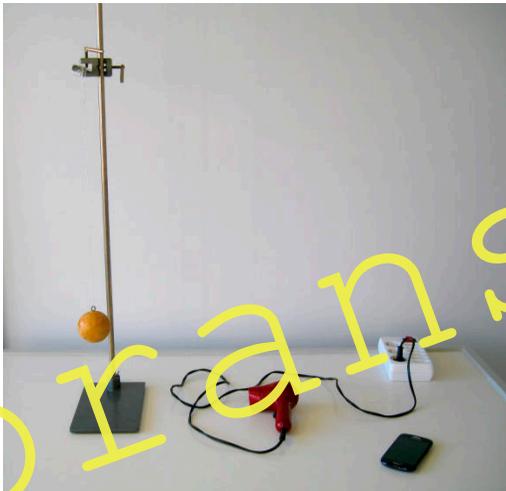


Foto: D. Schulz

Abb. 1: Versuchsaufbau mit Holzkugel als Pendel

Ein Fadenpendel (genauer: das System bestehend aus Kugel und dünner Schnur) hat eine bestimmte Frequenz, mit der es schwingt, wenn es ausgelenkt und losgelassen wird – seine **Eigenfrequenz** f_0 .

Die App B'Metronome (oder Pro Metronome) erzeugt ein Tonsignal in einem bestimmten Takt (BPM heißt *Beats per Minute*). Außerdem lässt sich auf einfache Art und Weise die Frequenz einer Schwingung (in BPM) messen. Hierfür tippt man auf das Hand-Symbol. Je länger die Messung dauert, desto genauer ist das Ergebnis („Average“).

Versuchsdurchführung

1. Bestimmt die Eigenfrequenz f_0 des Pendels mithilfe der App.
 2. Stellt die Eigenfrequenz f_0 in der App ein. Schaltet den Föhn bei jedem Signal des Metronoms kurz ein und versetzt dem Pendel einen Luftstoß.
 3. Untersucht nun, wie die maximale Amplitude y_{max} des Pendels von der Frequenz f der Luftstöße abhängt. Verändert dafür schrittweise die Frequenz f in der App. Achtet darauf, dass der Föhn dabei immer die gleiche Entfernung zum Pendel hat.
- Wenn ihr nicht zurechtkommt, nehmt euch eine **Tippkarte!**

Aufgaben

1. Beschreibt eure Beobachtungen der Versuche.
2. Stellt die Beobachtungen aus 3. in einem f - y_{max} -Diagramm dar. Eine Diagrammvorlage gibt euch euer Lehrer.
3. Fasst eure Ergebnisse abschließend in einem kurzen Text zusammen. Lest dazu den Infotext „**Resonanz**“ und verwendet folgende Fachbegriffe.

Resonanz	Amplitude	erzwungene Schwingung
Energie	Eigenfrequenz	Erregerfrequenz

3. Stimmgabel und Lautsprecher

Schülerversuch ⌚ Vorbereitung: 5 min Durchführung: 25 min

Materialien

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Stimmgabel mit Halterung | <input type="checkbox"/> Lautsprecher und Kabel |
| <input type="checkbox"/> Frequenzgenerator | <input type="checkbox"/> Gummihammer |

Versuchsvorbereitung

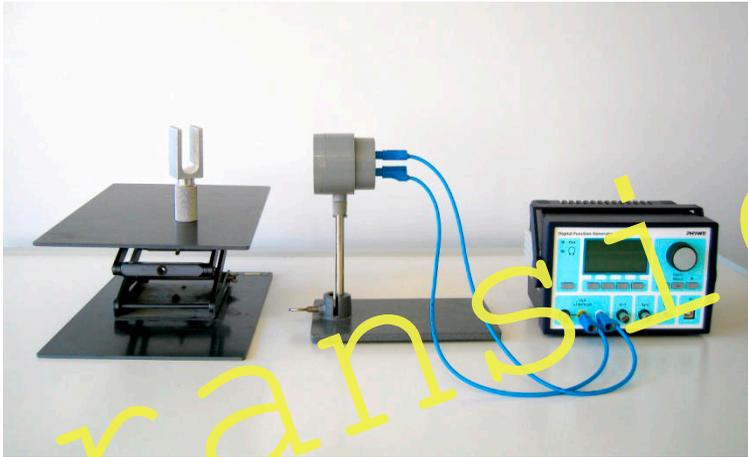


Foto: D. Schulz

Abb. 2: Die Stimmgabel wird mit dem Lautsprecher beschallt.

Stimmgabeln können in Schwingungen versetzt werden, indem man sie mit einem Hammer anschlägt. Sie schwingen dann mit ihrer **Eigenfrequenz**, die auch auf jeder Stimmgabel steht.

Wenn man die Stimmgabel filmen und den Film in Zeitlupe abspielen würde, dann sähe man, dass die beiden Zinken der Gabel Schwingungen ausführen. Je stärker man die Stimmgabel anschlägt, desto größer ist die **Amplitude y_{max}** der Schwingung und desto lauter ist der erzeugte Ton.

Mit einem Frequenzgenerator kann man Töne mit beliebigen Frequenzen erzeugen. Macht euch mit seiner Funktionsweise vertraut, verändert die Frequenz und die Lautstärke des Tons.

Versuchsdurchführung

1. Schlagt eine Stimmgabel mit dem Gummihammer unterschiedlich stark an und vergleicht die Unterschiede in der Lautstärke (Stimmgabel dicht ans Ohr halten).
 2. Stellt am Frequenzgenerator die Eigenfrequenz f_0 der Stimmgabel ein. Haltet sie dicht vor den Lautsprecher. Schaltet ihn dann ab und untersucht, ob und wie stark die Stimmgabel „angeregt“ wurde.
 3. Untersucht nun die Auswirkungen auf die Amplitude y_{max} , wenn ihr die Frequenz des Frequenzgenerators etwas erhöht bzw. verringert.
- Wenn ihr nicht zurechtkommt, nehmt euch eine **Tippkarte!**

Aufgaben

1. Beschreibt eure Beobachtungen der Versuche.
2. Stellt die Beobachtungen aus 3. in einem $f - y_{max}$ -Diagramm dar. Eine Diagrammvorlage gibt euch euer Lehrer.
3. Fasst eure Ergebnisse abschließend in einem kurzen Text zusammen. Lest dazu den Infotext „**Resonanz**“ und verwendet folgende Fachbegriffe.

Resonanz	Amplitude	erzwungene Schwingung
Energie	Eigenfrequenz	Erregerfrequenz

5. Gekoppelte Pendel

Schülerversuch ⌚ Vorbereitung: 5 min Durchführung: 25 min

Materialien

- 2 durch eine Feder verbundene Fadenpendel inkl. Stativen
- Massestücke

Versuchsvorbereitung



Foto: D. Schulz

Abb. 4: Zwei Fadenpendel werden mit einer Feder verbunden

Ein Fadenpendel (genauer: das System bestehend aus Massestück und dünner Schnur) hat eine Frequenz, mit der es schwingt, wenn es ausgelenkt und losgelassen wird – seine **Eigenfrequenz** f_0 .

Zwei gleich lange Fadenpendel werden durch eine Feder und ein kleines Massestück miteinander gekoppelt.

Versuchsdurchführung

1. Erinnert euch daran, wovon die Eigenfrequenz eines einzelnen Fadenpendels abhängt („Je-desto-Satz“). Zeigt den Zusammenhang qualitativ an einem einzelnen Fadenpendel (hierfür sollen die beiden Pendel nicht verbunden sein).
→ Wenn ihr nicht zurechtkommt, nehmt euch eine **Tippkarte!**
2. Verbindet nun die beiden Pendel (das heißt: **Kopplung der Pendel**). Lenkt ein Pendel aus und lasst es los. Beobachtet die Entwicklung der Amplituden beider Pendel über einen längeren Zeitraum.
3. Wiederholt den Versuch, nachdem ihr eines der beiden Pendel verkürzt habt.
4. Wiederholt den Versuch ggf. für weitere Pendellängen.

Aufgaben

1. Notiert eure Beobachtungen aus Versuch 1.
2. Beschreibt die Beobachtungen aus den Versuchen 2. und 3.
3. Fasst eure Ergebnisse abschließend in einem kurzen Text zusammen. Lest dazu den Infotext „**Resonanz**“ und verwendet folgende Fachbegriffe.

Resonanz	Amplitude	Erzwungene Schwingung
Energie	Eigenfrequenz	Erregerfrequenz

6. Federschwingung

Schülerversuch ⌚ Vorbereitung: 10 min Durchführung: 25 min

Materialien

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Feder mit Massestück und Stativ | <input type="checkbox"/> Motor mit einstellbarer Drehzahl und Drehteller |
| <input type="checkbox"/> Schnur | <input type="checkbox"/> Papp-Bögen |
| <input type="checkbox"/> Umlenkrolle | |

Versuchsvorbereitung

Ein Federpendel (genauer: das System bestehend aus Massestück und Feder) hat eine Frequenz, mit der es schwingt, wenn es ausgelenkt und losgelassen wird – seine **Eigenfrequenz** f_0 .

Foto: M. Czekalla



Abb. 5: Der Faden verbindet über eine Rolle die Feder mit der Drehscheibe. Foto: M. Czekalla

9. Tippkarten zu den Schülerversuchen

Tippkarte zu Kontext 2: Pendel und Föhn

- Habt ihr zu Beginn genau die Eigenfrequenz f_0 des Pendels in B'Metronome (oder Pro Metronome) eingestellt?
- Habt ihr die Frequenz in der App dann in sehr kleinen Schritten (max. ± 1 Hz) erhöht bzw. verringert und nach jedem Schritt immer beobachtet, wie sich diese Veränderung auf die Amplitude auswirkt? Wenn sich die Amplitude während der Messungen ändert, notiert jeweils die maximal erreichte Amplitude. Beschreibt außerdem, wie sich die Amplitude ändert!

Tippkarte zu Kontext 3: Stimmgabel und Lautsprecher

- Könnt ihr beschreiben, wie die Amplitude der schwingenden Stimmgabel mit ihrer Lautstärke zusammenhängt?
- Habt ihr die Frequenz am Frequenzgenerator dann in sehr kleinen Schritten erhöht bzw. verringert und nach jedem Schritt die Lautstärke der Stimmgabel überprüft?
- Habt ihr die Stimmgabel dabei immer (gleich) dicht vor den Lautsprecher gehalten und sie nachher immer (gleich) dicht an das Ohr gehalten?

Tippkarte zu Kontext 4: Schwingende Stäbe

- Habt ihr zu Beginn genau die Eigenfrequenz f_0 des Pendels in B'Metronome (oder Pro Metronome) eingestellt?
- Habt ihr die Frequenz in der App ausgehend von f_0 in sehr kleinen Schritten erhöht bzw. verringert?
- Habt ihr nach jedem Schritt immer gewartet, wie sich diese Veränderung auf die Amplitude auswirkt?

Kompetenzprofil

- Niveau: grundlegend
- Fachlicher Bezug: Akustik, Mechanik
- Kommunikation: argumentieren, begründen, bewerten, diskutieren, präsentieren, vergleichen
- Problemlösen: reproduzieren, Probleme erkunden, Ergebnisse reflektieren
- Modellierung: Modell entwickeln
- Medien: PC
- Methode: Einzelarbeit, Gruppenarbeit
- Inhalt in Stichworten: Gedämpfte und ungedämpfte Schwingungen; erzwungene Schwingungen; Resonanz; Darstellung von Resonanzkurven

Autor: Martin Czekalla und Daniel Schulz, Münster

Erläuterungen und Lösungen

2. Pendel und Föhn

Bei der Versuchsdurchführung können **Schwebungen** auftreten, wobei die Amplitude y_{max} des Pendels sich periodisch ändert, was ihre Messung erschwert. In diesem Fall sollen die Schüler die maximal erreichte Amplitude notieren. Eine Beschreibung der Schwebung ist nichtsestotroz lohnenswert und kann als **Differenzierung** dienen, obgleich solche Schwebungen schwer zu beobachten sein dürfen, da man den Föhn dazu schon sehr exakt ein- und ausschalten müsste.

Lösungen

Zu 1. und 3.: Durch die Anregung mit Luftstößen führt das Pendel eine erzwungene Schwingung aus. Die Frequenz der Luftstöße ist dabei die Erregerfrequenz f . Wenn f genau der Eigenfrequenz f_0 des Pendels entspricht, wird seine Amplitude y_{max} am größten. In diesem Fall liegt **Resonanz** vor und es wird am meisten Energie von dem Föhn auf die Schwingung übertragen. Je mehr die Erregerfrequenz nun nach oben oder nach unten von f_0 abweicht, desto geringer wird die Amplitude und desto weniger Energie wird in Schwingungsenergie des Pendels umgewandelt.

Zu 2.: individuelle Lösung