

Modul 4: Ruhelagen

Lehrerinformation

(1) Ziele dieser Versuchsreihe

- Mit den vorliegenden Versuchen zu chaotischen Pendelverhalten soll den Schülern die Angst vor scheinbar schwierigen physikalischen Zusammenhängen genommen werden.
- Die Experimente können durch die Schüler weiterentwickelt und modifiziert werden.

(2) Material und Quellen

a) Material

Benötigt wird für den Versuch 1 lediglich ein Stabpendel.

Für die Versuche 2 bis 5 werden ein Doppelpendel (s. Bauanleitung) sowie Klebestreifen bzw. Geodreieck benötigt.

b) Versuchsanleitung zum Bau eines Doppelpendels und Experimentierideen

Mit den folgenden Versuchen kann auf einfache Weise auf das chaotische Verhalten von Systemen mit Hilfe von Auszählungen und Phasendiagrammen eingegangen werden, ohne höhere mathematische Durchdringung anzustreben.

c) Bildnachweis

Schiffsschaukel: Mitgutsch Ali: Rundherum in unserer Stadt, Ravensburger 1967

Das Doppelpendel

Material:

Profilleiste (Holz) ca. 30mm x 10mm, 1 m lang

3 Kugellager für 6 mm Achszapfen

2 Schrauben M 6 x 30

2 Muttern M 6

ca. 6 Unterlegscheiben 6 mm

Klebestreifen

Kleber

Anfertigung:

Zunächst schneidet man aus der Profilleiste die beiden Pendellängen (ca. 800 mm und 200 mm) zu und reißt an den beiden Enden der langen und an einem Ende der kurzen Leiste die Bohrungen zur Aufnahme der Kugellager an. Die Bohrungen erfolgen mit einem Holzbohrer, der den gleichen Durchmesser wie die Kugellager besitzt. Danach presst man die Kugellager

in die Bohrungen (mit Hilfe eines Schraubstocks). Notfalls kann man sie auch noch einkleben. Mit Hilfe der Schrauben werden die beiden Pendel – durch die Kugellager führend – zusammengeschraubt bzw. das gesamte Doppelpendel mit einer Schraube am Stativmaterial befestigt.

Versuchsdurchführung:

Das untere kurze Pendel wird nach oben geklappt und mit dem Klebestreifen befestigt. Zur Wiederholung lenkt man das Pendel mit immer größer werdenden Winkeln aus und lässt es schwingen. Die Frequenz könnte ermittelt werden. Danach löst man das untere Pendel und wiederholt den Versuch. Man beobachtet bei kleinen Auslenkwinkeln ein geringes zusätzliches Hin- und Herschwingen des unteren Pendels. Bei sehr großen Auslenkwinkeln (ca. 90°) beobachtet man ein Überschlagen des kleinen Pendels sowohl rechts- als auch linksdrehend. Um die gleiche Ausgangssituation jedes Versuches herbeizuführen, klappt man das kleine Pendel ganz in Richtung des großen Pendels nach oben und lenkt das große Pendel genau um 90° (mit Anschlag) aus. Nach dem Loslassen wird das kleine Pendel beobachtet und die Anzahl der Rechts- und Linksdrehungen getrennt gezählt.

Jedes Ergebnis wird in einer Tabelle festgehalten. Bildet man die Summe der Rechts- und Linksdrehungen jedes Versuches, so könnte man annehmen, dass sich eine Konstante ermitteln lässt. Dies ist aber nicht der Fall. Das Pendel verhält sich nicht erwartungsgemäß, sondern chaotisch.

Hinweis:

Für die vorgeschlagenen Kugellager können auch andere Größen verwendet werden. Wichtig ist, dass die Reibung sehr gering ist. Die Scheiben zwischen den Kugellagern sollen ein Aneinanderschlagen der Pendel verhindern. Eindrucksvoller lässt sich der Versuch zeigen, wenn man zwei Doppelpendel anfertigt und diese auf eine Welle aufhängt. Während bei kleinen Auslenkwinkeln beide Pendel relativ gleich schwingen (bei annähernd gleicher Masse) beobachtet man bei großen Winkeln trotz gleicher Bedingungen ein starkes Abweichen voneinander.

Arbeitsblatt zur Beobachtung des Doppelpendels

(zwei Schüler beobachten gleichzeitig)

Beobachtung der Pendelbewegungen bei kleinem Auslenkwinkel:

Das kleine Pendel führt zusätzliche Schwingungen mit geringer Amplitude aus.

Beobachtung der Pendelbewegungen bei großem Auslenkwinkel (Bsp.):

Versuch- Nr.	Anzahl rechtsdrehend	Anzahl linksdrehend	Summe rechts- linksdrehend
1	6	8	14
2	9	4	13
3	10	7	17
4	12	9	21
5	7	8	15
6	5	11	16
7	11	13	24

Auswertung:

Die Anzahl der Rechts- oder Linksdrehungen ist von Versuch zu Versuch unterschiedlich. Die Summe der Rechts- und Linksdrehungen ist nicht konstant. Entscheidungspunkte (labile Gleichgewichtszustände) lassen keine Vorhersage über rechts- oder linksdrehende Pendel zu. Die Pendel verhalten sich chaotisch.“

b) Quellen:

Die Versuchsanleitung zum Bau eines Doppelpendels sowie die Experimentierideen wurden folgendem Heft entnommen:

Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt (Hrsg.) 2001: Temperaturstrahlung und ein Ausblick auf neue Gebiete und Anwendungen der Physik. Halle) S. 108 - 110

(3) Nützliche Hinweise

- Abweichend von den Empfehlungen der Experimentierquelle werden in der vorliegenden Versuchsdurchführung bei den Aufgaben 4 und 5 statt 90° 180° angeführt, um sichtbarere Ergebnisse zu erbringen.
- Lösungen des Lückentextes:
Zwei, stabile, keine gravierenden, instabile, instabil, instabile, nicht berechenbar, instabil.