

Mathematisches und physisches Pendel Harmonische und anharmonische Schwingungen

1 Vorbereitung

1.1 Schwerpunkt

Lit.: HAMMER¹ 2.5.6.1

1.2 Arbeit

Kinetische Energie

Impuls

Kraftfelder

Potentielle Energie

Energiesatz

Lit.: GERTHSEN² Kapitel 1.5.1 - 1.5.6

1.3 Harmonische Schwingung, Mathematisches Pendel und Physikalisches Pendel

Lit.: EICHLER³ Kapitel 5

1.4 Trägheitsmoment

Steinerscher Satz

Lit.: EICHLER Kapitel 8

1.5 Korrekturen für große Amplituden (anharmonische Schwingung)

Lit.: EICHLER Kapitel 5 und WALCHER 2.7.1.2, 2.7.2.0

Berechnen Sie als **Hausaufgabe** (also vor der Versuchsdurchführung) den Quotienten

$$\frac{T(\varphi) - T(0)}{T(0)}$$

mit:

$T(\varphi)$ =Schwingungsdauer eines physikalischen Pendels mit der Amplitude φ (siehe WALCHER Gl. 2.107).

für $5^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ$ in Schritten von 5° und

für $60^\circ \leq \varphi \leq 130^\circ$ in Schritten von 10° und

mit einer Genauigkeit von 1% und geben Sie an, wieviele Glieder der Reihe berücksichtigt werden mussten, um diese Genauigkeit zu erreichen.

¹Hammer: Grundkurs der Physik 1; ISBN 3-486-21242-7

²Meschede: Gerthsen Physik; ISBN-13 978-3-540-25421-8

³Eichler, Kronfeldt, Sahn: Das Neue Physikalische Grundpraktikum; ISBN-13 978-3-540-21453-3



Abbildung 1: Aufbau zu Versuch 24

2 Aufgaben

Für die Messungen stehen vier Pendel zur Verfügung:

- Pendel 1 : Messingstab mit rechteckigem Querschnitt
- Pendel 2 : flacher Messingkörper an Stahlstab
- Pendel 3 : Aluminiumstab, asymmetrisch zur Achse
- Pendel 4 : Messingzylinder an Draht von der Decke hängend.

2.1 Zeitnahme mit der Stoppuhr

Bestimmung der Periodendauer von Pendel 1 per Hand.

Man hänge zunächst das Pendel 1 ein. Jeder Praktikant stoppt jeweils zehnmal

- a) eine Schwingungsdauer
- b) zehn Schwingungsdauern

Man berechne jeweils den Mittelwert, Standardabweichung und Standardfehler für beide Messreihen. Man gebe auch den relativen Standardfehler an und vergleiche alle Ergebnisse (auch die des Praktikumpartners) miteinander.

2.2 Objektive Zeitmessung

Bestimmung der Periodendauer von Pendel 1 per Lichtschranke.

Man messe mit dem gleichen Pendel (Pendel 1) die Schwingungsdauer je zehnmal (kleine Ausschläge) mit der Lichtschranke und der elektronischen Zeitmessung, werte wie unter 2.1 aus und vergleiche mit den Ergebnissen von 2.1. Sind systematische Abweichungen zwischen den Messungen 2.1 und 2.2 festzustellen?

2.3 Physisches Pendel

Vergleich der reduzierten Pendellängen, die aus der Schwingungsdauer und der Geometrie von Pendel 1 bestimmt werden.

Aus der Schwingungsdauer des Pendels 1 (Messungen 2.2) wird die zugehörige reduzierte Pendellänge berechnet. Darüber hinaus wird die reduzierte Pendellänge berechnet, die sich aus den geometrischen Daten des Pendels ergibt. Stimmen die beiden reduzierten Pendellängen innerhalb der Messgenauigkeit miteinander überein?

Hinweis: Zur Berechnung der reduzierten Pendellänge benötigt man das Trägheitsmoment des physischen Pendels. Kann dieses aus einer Näherung berechnet werden? Wenn ja, welche und warum?



Abbildung 2: Langer dünner Stab als Pendel

Man benutze $dm = \mu dr$ mit $\mu = \frac{dm}{dr}$ = Masse pro Längeneinheit.

2.4 Anharmonische Schwingungen

Vergleich der winkelabhängigen Periodendauern von Pendel 2 & 3. Bestimmung der Erdbeschleunigung mit Pendel 4.

2.4.1 Messungen mit Pendel 2

Es ist die Schwingungsdauer T in Abhängigkeit von der Amplitude φ zu messen. Man messe für $\varphi \approx 0^\circ$ (sehr kleine Amplituden) und dann von $\varphi = 5^\circ$ bis $\varphi = 60^\circ$ in Schritten von 5° . Für jeden Winkel zwei Messungen. Das Pendel wird folgendermaßen gestartet: Man binde das Pendel mit einem Zwirnsfaden fest und befestige das andere Ende des Fadens an der Klemmvorrichtung an der Trennwand zum Nachbartisch. Die Amplitude wird mittels der Spiegelskala parallaxenfrei (Pendelstab und Spiegelbild müssen in Deckung gebracht werden) eingestellt. Zum Start wird der Faden in der Nähe des Pendelkörpers durchgebrannt. Vorher muss die Lichtschranke startbereit geschaltet werden.

2.4.2 Messungen mit Pendel 3

Messungen wie unter 2.4.1 jedoch bis 140° und in Schritten von 10° . Start von Hand ohne Faden. Aufgrund der stark gedämpften Schwingung und der angewandten Methode zur Bestimmung der Periodendauer ist es nicht sinnvoll, den Quotienten der Schwingungsdauern als Funktion des Startwinkels aufzutragen. Versuchen Sie den Auslenkwinkel nach einer Schwingung zu messen.

Tragen Sie den Quotienten

$$\frac{T(\varphi) - T(0)}{T(0)}$$

für die Messungen 2.4.1 und 2.4.2 graphisch gegen diesen Winkel auf. Die als Hausaufgabe berechneten Quotienten werden zum Vergleich ebenfalls eingezeichnet.

2.4.3 Messung der Erdbeschleunigung

Mit Pendel 4 wird die Erdbeschleunigung gemessen. Die Pendellänge wird aus der Länge des Drahtes bis zur Oberkante des Pendelkörpers und der halben Zylinderhöhe bestimmt. Zehn Messungen für die Schwingungsdauer. Man achte darauf, dass das Pendel sauber schwingt, die Pendelmasse also nicht noch zusätzliche Schwingungen um ihren Schwerpunkt vollführt. Dies erreicht man, wenn man den Pendelkörper in der Höhe seines Schwerpunkts anfasst und dann loslässt. Nach Beendigung der Messung sind das Pendel und das abgehängte Bandmaß hinter den seitlichen Stab am Wandgestell zu hängen.

2.5 Fehlerrechnung

Zu 2.3 und 2.4 ist eine Fehlerbetrachtung anzustellen.