

Dieser Versuch wurde in dem Physikalischen Praktikum der Universität Bremen (Prof. I. Rückmann) entwickelt.

1 Neue Besen kehren gut

Sicherheitshinweis

Die Universität Kiel erstatet keine der während des Versuches beschädigten Aufbauteile.

Stichwörter: Trägheitsmoment, Beschleunigung, Periode, Frequenz, Schwingung, Steiner'scher Satz.

Ziel

Trägheitsmomentbestimmung eines Besenstiels und dessen Borstenteil.

Aufbauteile

- Besen mit Aufhängeöse und abnehmbaren Borstenteil
- Handy oder Stoppuhr
- Laborbuch
- Computer
- Stift

Vorbereitung

- 1) Skizzieren Sie den Aufbau eines physikalischen Pendels mit der Form eines Besenstiels.
- 2) Berechnen Sie das theoretische Trägheitsmoment eines Vollzylinders oder eines Hohlzylinders (je nachdem was für einen Besen Sie haben), der sich um den Aufhängepunkt des Besens (Aufhängeöse) dreht.
- 3) Bestimmen Sie die Bewegungsgleichung für das Besenstielpendel. Nehmen Sie dafür eine Kleinwinkelnäherung an: $\sin\theta \approx \theta$.
- 4) Bestimmen Sie die theoretische Periodendauer für das Pendel.
- 5) Wie würde sich die Periodendauer verändern, wenn eine zusätzliche Masse mit Trägheitsmoment I_B am unteren Ende des Stiels befestigt wäre?

Durchführung

- 1) Nehmen Sie den Borstenteil Ihres Besens ab.
- 2) Bestimmen Sie die Masse des Besens mit einer Küchenwaage.
- 3) Der Besenstiel muss dann an einer Stelle aufgehängt werden, wo er sich in einer Ebene frei bewegen kann. Eine Möglichkeit ist, einen runden Kugelschreiber, Stift oder Ähnliches durch die Aufhängeöse einzufädeln und mit zwei Händen den

Besenstiel in der Luft zu halten. So können Sie den Besenstiel frei in einer Ebene zum Schwingen bringen.

- 4) Bringen Sie den Besenstiel zum Schwingen. Achten Sie darauf, dass der Anfangswinkel klein sein muss (ungefähr 10° kann man gut als Kleinwinkel annehmen).
- 5) Es gibt zwei Methoden der Periodendauerbestimmung: a) Die verlaufene Zeit t einer Schwingung zu messen (das wäre dann die Periodendauer T) oder b) die verlaufene Zeit t von n Schwingungen zu messen. Im letzteren Fall wäre die Periodendauer T dann die $T=t/n$. Welche Methode ergibt die kleinsten Messunsicherheiten?
- 6) Bestimmen Sie mit einem Stoppuhr die Periodendauer wie in Aufgabe 5a, indem Sie mindestens 15 mal die Dauer einer Schwingung messen. Bestimmen Sie den Mittelwert und die Standardabweichung der Messung. Alternativ zur Messung mit der Stoppuhr können Sie auch ein Video der Schwingung aufnehmen und dieses entsprechend auswerten.
- 7) Bestimmen Sie mit einem Stoppuhr die Periodendauer wie in Aufgabe 5b, indem Sie Mindestens 15 mal die Dauer mehrerer Schwingungen messen. Bestimmen Sie den Mittelwert und die Standardabweichung der Messung. Alternativ zur Messung mit der Stoppuhr ist auch hier ein Video möglich.
- 8) Vergleichen Sie die Ergebnisse aus den Aufgaben 6 und 7 mit Ihrer Hypothese aus Aufgabe 5. Welche Methode zur Periodenbestimmung ist besser?
- 9) Bestimmen Sie mit dem Wert der Periodendauer und der Gravitationsbeschleunigung in Kiel ($9,81 \text{ m/s}^2$) das Trägheitsmoment ihres Besens und vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit der Theorie.
- 10) Befestigen Sie den Borstenteil und bestimmen Sie ihr Trägheitsmoment I_B nach Vorbereitungsaufgabe 5.
- 11) Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit möglichen Literaturquellen. Erklären Sie ausführlich die Resultate. Wie groß sind die Messabweichungen? Was sind die Messgrenzen? Wie genau war die Messung? Welche sind die Fehlerquellen? Wie kann man das Messverfahren verbessern?
- 12) Schreiben Sie einen ausführlichen Laborbericht. Vergessen Sie nicht außerdem das Laborbuch einzuscannen. Das Laborbuch wird auch mitbewertet.

Literatur:

W. Demtröder, *Experimentalphysik 1*, Kap. 5. (2017).