

Harmonische Schwingungen eines Fadenpendels

MESSUNG DER SCHWINGUNGSDAUER EINES FADENPENDELS FÜR VERSCHIEDENE PENDELLÄNGEN UND PENDELMASSEN.

- Messung der Schwingungsdauer T eines Fadenpendels in Abhängigkeit der Pendellänge L .
- Messung der Schwingungsdauer T eines Fadenpendels in Abhängigkeit der Pendelmasse m .
- Bestimmung der Fallbeschleunigung g .

UE1050101

07/15 UD

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Ein Fadenpendel mit der Pendelmasse m und der Fadenlänge L schwingt harmonisch um seine Ruhelage, solange die Auslenkung aus der Ruhelage nicht zu groß ist. Die Schwingungsdauer T , also die Zeit für eine vollständige Hin- und Herbewegung um die Ruhelage, hängt nur von der Pendellänge L nicht jedoch von der Masse m ab.

Wird das Pendel um den Winkel φ aus der Ruhelage ausgelenkt, so beträgt die rücktreibende Kraft

$$(1a) F_1 = -m \cdot g \cdot \sin \varphi.$$

bzw. in guter Näherung für kleine Winkel φ

$$(1b) F_1 = -m \cdot g \cdot \varphi$$

Die Trägheitskraft der beschleunigten Masse ist

$$(2) F_2 = m \cdot L \cdot \ddot{\varphi}$$

Beide Kräfte sind gleich, also ergibt sich die Bewegungsgleichung des harmonischen Oszillators

$$(3) \ddot{\varphi} + \frac{g}{L} \cdot \varphi = 0$$

und für die Schwingungsdauer T folgt

$$(4) T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}.$$

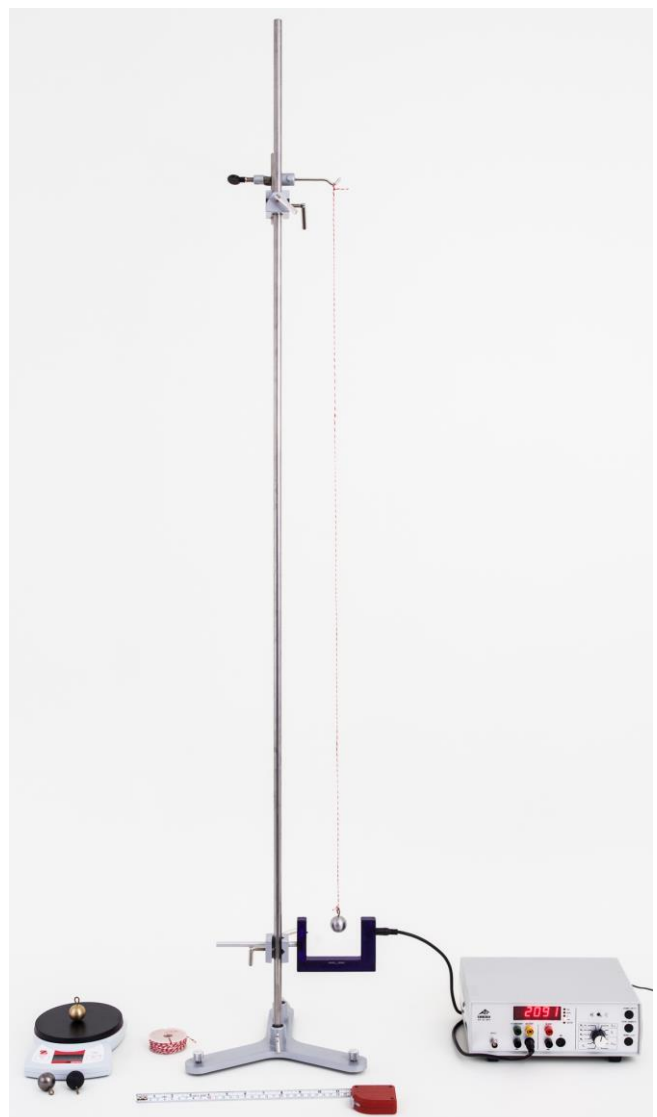


Fig. 1: Messanordnung.

GERÄTELISTE

| | | | |
|---|---------------------------|----------|-----------|
| 1 | Satz 4 Pendelkugeln | U30035 | 1003230 |
| 1 | Experimentierschnur | U8724980 | 1001055 |
| 1 | Stativfuß, 3-Bein, 185 mm | U13271 | 1002836 |
| 1 | Stativstange, 1500 mm | U15005 | 1002937 |
| 1 | Stativstange, 100 mm | U15000 | 1002932 |
| 1 | Muffe mit Haken | U13252 | 1002828 |
| 2 | Universalmuffe | U13255 | 1002830 |
| 1 | Lichtschanke | U11365 | 1000563 |
| 1 | Digitalzähler | U8533341 | 1001032/3 |
| 1 | Taschenbandmaß, 2 m | U10073 | 1002603 |
| 1 | Elektronische Waage 200 g | U42060 | 1003433 |

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG

- Messanordnung gemäß Fig. 1 aufbauen.
- Lichtschanke an den Eingang A des Digitalzählers anschließen. Am Digitalzähler den Wahlschalter für die Betriebsart auf das Symbol zur Messung der Periodenzeiten eines Pendels stellen.
- Die Massen der Pendelkugeln mit der elektronischen Waage messen und die Werte in Tab. 2 eintragen.
- Von der Experimentierschnur 6 Stücke so abschneiden, dass sich Pendellängen von ca. 20, 40, 60, 80, 100 und 120 cm ergeben.
- Die Enden der 6 Schnurstücke jeweils zu Schlaufen verknoten.
- Das kürzeste Schnurstück an einer der beiden Schlaufen an die Muffe mit Haken hängen. An die andere Schlaufe eine Pendelkugel hängen.
- Die Pendellänge L vom Haken der Muffe bis zum Mittelpunkt der Pendelkugel mit dem Taschenbandmaß messen und den Wert in Tab 1 eintragen.
- Pendel etwas auslenken, die Dauer einer Schwingungsperiode T mit Hilfe des Digitalzählers messen und den Wert in Tab. 1 eintragen.
- Die Messung für die anderen 5 Schnurstücke durchführen und jeweils die Werte für die Pendellängen L und die Dauern einer Schwingungsperiode T in die Tab. 1 eintragen.
- Von der Experimentierschnur ein ausreichend großes Stück so abschneiden, dass sich eine Pendellänge (vom Haken der Muffe bis zum Mittelpunkt der Pendelkugel) von genau 99,4 cm ergibt. Ein Pendel dieser Länge heißt Sekundenpendel, weil die Dauer einer halben Schwingungsperiode $T/2$ genau 1 Sekunde beträgt, also $T = 2$ s.
- Ein Ende des Schnurstücks zu einer Schlaufe verknoten und an die Muffe mit Haken hängen.
- Das andere Ende so zu einer Schlaufe verknoten, dass sich mit angehängter Pendelkugel eine Pendellänge von 99,4 cm ergibt.
- Die 4 Pendelkugeln nacheinander an die Schlaufe hängen, Pendel jeweils etwas auslenken, die Dauern einer Schwingungsperiode T mit Hilfe des Digitalzählers messen und die Werte in Tab. 1 eintragen.

MESSBEISPIEL

Tab. 1: Schwingungsdauern T für verschiedene Pendellängen L .

| L / cm | T / s |
|-----------------|----------------|
| 23 | 1,00 |
| 43 | 1,30 |
| 63 | 1,55 |
| 83 | 1,80 |
| 103 | 2,05 |
| 123 | 2,20 |

Tab. 2: Schwingungsdauern T eines Sekundenpendels für verschiedene Massen m .

| m / g | T / s |
|----------------|----------------|
| 10,5 | 2 |
| 25,0 | 2 |
| 61,1 | 2 |
| 71,4 | 2 |

AUSWERTUNG

- Die Messwerte in einem T - L -Diagramm und einem T - m -Diagramm darstellen.

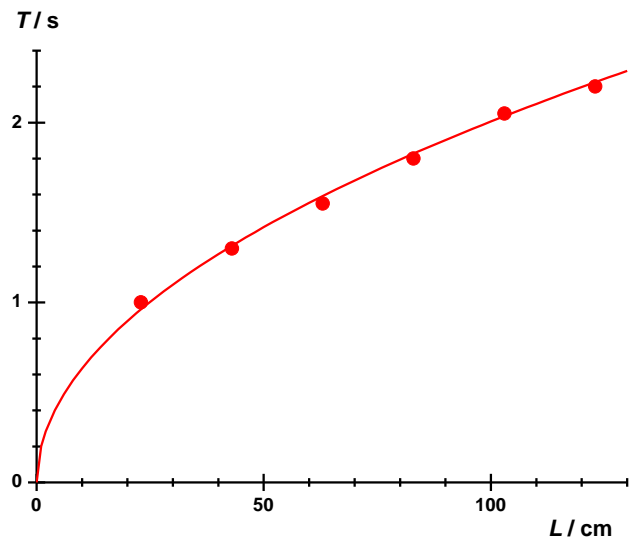


Fig. 2: Schwingungsdauer T in Abhängigkeit von der Pendellänge L .

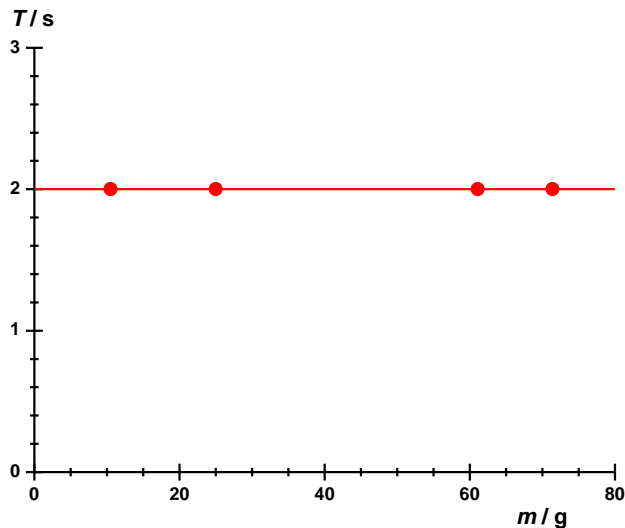


Fig. 3: Schwingungsdauer T eines Sekundenpendels in Abhängigkeit von der Pendelmasse m .

Die Diagramme belegen die erwartete Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Pendellänge und die Unabhängigkeit von der Pendelmasse.

- Aus (4) folgt:

$$(5) \quad T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \Leftrightarrow T^2 = \frac{4 \cdot \pi^2}{g} \cdot L = a \cdot L$$

$$\text{mit } a = \frac{4 \cdot \pi^2}{g} \Leftrightarrow g = \frac{4 \cdot \pi^2}{a}$$

- Die Quadrate der Schwingungsdauern T^2 gegen die Pendellängen auftragen und eine Gerade an die Messpunkte anpassen (Fig. 4).

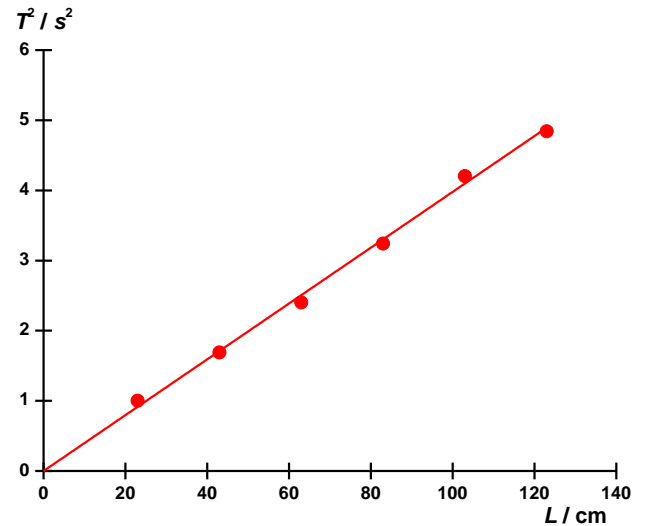


Fig. 4: Quadrat der Schwingungsdauer T^2 in Abhängigkeit von der Pendellänge L .

- Aus der Geradensteigung a mit Hilfe von (5) die Fallbeschleunigung g bestimmen:

$$(6) \quad g = \frac{4 \cdot \pi^2}{a} = \frac{4 \cdot \pi^2}{0,04 \frac{\text{s}^2}{\text{cm}}} = 9,87 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Der Wert stimmt sehr gut mit dem Literaturwert $9,81 \text{ m/s}^2$ überein.

