

non oscilla foglia che gravità non voglia

Aufgrund ihres Gewichtes können verschiedenste Objekte hin und her schwingen. Dies fasziniert bereits kleine Kinder. Die Schwingung entsteht, wenn wir ein Objekt aus seiner Gleichgewichtslage auslenken. Es strebt dann der Gleichgewichtslage zu, wird aber durch die wirkenden Kräfte bei kontinuierlichen Energieumwandlungen aus dieser Lage entfernt. Die Frequenz der Schwingung hängt vom Objekt und von der Stärke der Gravitationskraft an der Stelle ab, an der sich das Objekt befindet. Daher können wir durch die Messung der Schwingungen eines Gegenstandes den lokalen Wert der Fallbeschleunigung bestimmen. Dazu brauchen wir allerdings das Schwingungsgesetz. Es gibt Systeme, die auf verschiedene Arten schwingen können. Die Überlagerung verschiedener solcher Schwingungsarten führt zu unzähligen Schwingungsmustern. Der Einfachheit halber sollte im Experiment immer nur eine Schwingungsart auftreten.

In diesem Experiment bringst du einen v-förmigen Stab zum Schwingen (siehe Abbildung 1).

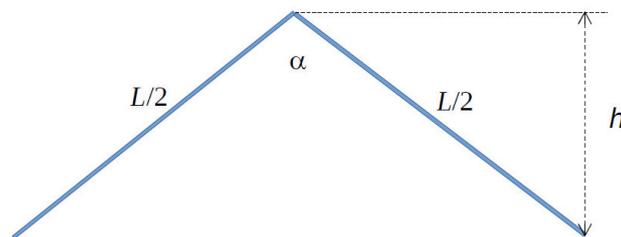


Abbildung 1

Für deine Messungen steht dir Folgendes zur Verfügung:

auf deinem Arbeitsplatz:

- ein dünner Stab, der in der Mitte leicht angeraut ist
- einige Zangen
- ein nicht gezacktes Tischmesser
- ein Stab mit einem Durchmesser von ca. 5 mm
- Lineal
- Geodreieck
- Stoppuhr, Genauigkeit 0,01 s (eventuell Handy-Stoppuhr)
- Millimeterpapier und karierte Blätter
- Antwortblätter

auf dem Pult: Klebeband und Schere

Fall A: die Idee

Lassen wir den Stab bei kleinen Auslenkungen in der Ebene schwingen, die von diesem v-förmigen Objekt aufgespannt wird (siehe Abbildung 2), dann ist die Formel (1) für die Schwingungsdauer gleich

$$T_A = 2\pi\sqrt{\frac{K}{g}} \quad (1)$$

wobei K eine Länge ist, die folgendermaßen definiert wird:

$$K = \frac{L^2}{6h}$$

L ist die Länge des Stabes, mit dem man das v-förmige Objekt gebaut hat, h ist die Höhe dieses gleichschenkligen Dreiecks.

Mit der Formel (1) kann man aus der Messung von T , L und h die Größe g bestimmen.

Die Formel (1) können wir in folgende äquivalente Gleichung umformen:

$$\frac{1}{T^2} = \frac{3g}{2\pi^2 L^2} h \quad (2)$$

Dies zeigt die direkte Proportionalität zwischen dem Kehrwert des Quadrates der Schwingungsdauer T und der Höhe h , die in Abbildung 1 eingetragen ist.

Um genauere Werte für g zu erhalten muss man die Messung öfter durchführen.

Verändere h und miss den entsprechenden Wert für T !

Trage in einem Koordinatensystem die Wertepaare $(h; 1/T^2)$ auf!

Zeichne diejenige Ursprungsgerade ein, die die Messpunkte am besten annähert!

Mit der Steigung dieser Geraden kannst du g berechnen!

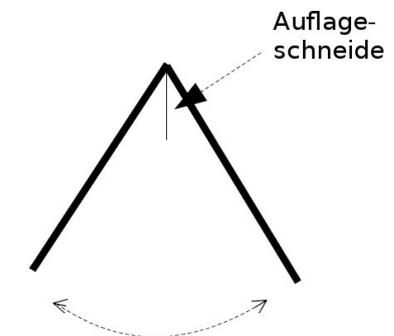


Abbildung 2

Fall A: die Messung

A1) Fixiere das Messer mit einem Klebestreifen so an den Tisch, dass die Schneide nach oben zeigt und über den Tisch reicht. Pass auf, dass du dich oder andere nicht verletzst!

A2) Bevor du den Stab biegest, misst du seine Länge L ab und notierst sie auf dem Antwortblatt!

A3) Biege den Stab in der Mitte, bis ein Winkel von ca. 120° entsteht!

Miss h (siehe Abbildung 1) und trage den Wert in die Tabelle A ins Antwortblatt ein! Gib immer auch die Messunsicherheit bei denen Messungen an!

A4) Bringe das V auf der Messerschneide ins Gleichgewicht und lass es so schwingen, dass der Stab immer in der Ebene bleibt, die vom V festgelegt wird! Die Schwingungen müssen eine kleine Auslenkung haben! Miss die Zeitdauer t , die für 20 ganze Schwingungen notwendig ist! Wiederhole die Messung, um einen weiteren Wert für t zu bekommen! Trage die beiden gefundenen Werte von t in die Tabelle A des Antwortblattes ein! Gib auch die Messunsicherheit an!

A5) Wiederhole für weitere 4 Mal die Messungen A3) und A4), wobei du den Winkel des v-förmigen Stabes bis 30° änderst!

Fall A: die Auswertung der Daten

A6) Vervollständige die Tabelle A des Antwortblattes!

Der Fehler von $1/T^2$ ist gleich

$$F_{1/T^2} = 2\frac{F_T}{T^3}$$

A7) Zeichne auf das Millimeterpapier den Graphen von $1/T^2$ (Ordinatenachse) in Funktion von h (Abszissenachse)!

A8) Trage die Ursprungsgerade ein, die am besten die Messpunkte annähert und bestimme ihre Steigung k !

A9) Schätze den Fehler von k , also F_k ab!

A10) Bestimme unter Verwendung der Formel (2) mit deinen Messwerten den Wert von g :

$$g = \frac{2}{3}\pi^2 L^2 k$$

A11) Berechne den Fehler von g , also F_g , wobei bekannt ist, dass für den relativen Fehler gilt:

$$\frac{F_g}{g} = 2\frac{F_L}{L} + \frac{F_k}{k}$$

Übertrage deine Ausarbeitung in das Antwortblatt!

Schreibe auf das Antwortblatt den Wert von g , den du beim Experiment gefunden hast!

Fall B: die Idee

Nun sollte dein v-förmiger Stab einen Öffnungswinkel von ca. 30° haben. Der Stab soll jetzt senkrecht zur Ebene schwingen, die durch den v-förmigen Stab festgelegt wird (siehe Abbildung 3).

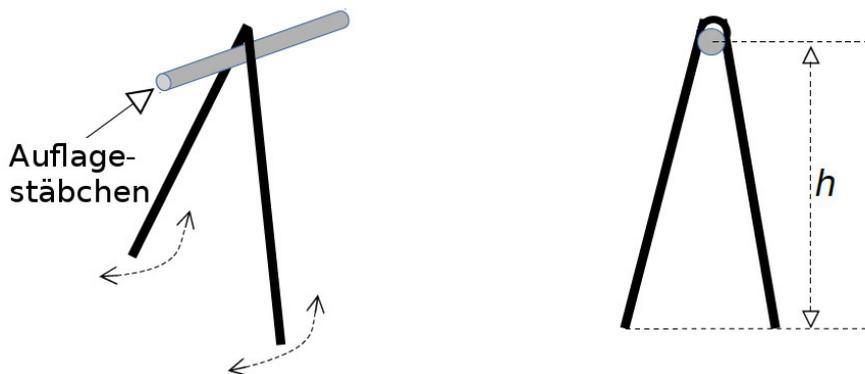


Abbildung 3

Für die Schwingungsdauer T_B bei kleinen Auslenkungen gilt:

$$T_B = 2\pi\sqrt{\frac{K_B}{g}} \quad (3)$$

wobei K_B eine Länge ist, für die gilt: $K_B = \frac{2h}{3}$.

Fall B: die Messungen

B1) Fixiere wie im Fall A den Stab mit Klebeband am Tisch und lege den V-Stab darauf. Bringe den V-Stab wie in Abbildung 3 zum Schwingen! Dazu ziehst du an beiden Enden des V-Stabes! Die Auslenkungen müssen klein sein!

B2) Miss zwei Mal die Zeitdauer t , die für 20 ganze Schwingungen notwendig ist! Trage die beiden gefundenen Werte von t in die Tabelle B des Antwortblattes ein! Gib auch die Messunsicherheit an!

Fall B: die Auswertung der Daten

B3) Berechne den Mittelwert von t , also t_M und übertrage ihn in die Tabelle des Antwortblattes! Berechne auch die Messunsicherheit des Mittelwertes und übertrage ihn in die Tabelle!

B4) Berechne die Schwingungsdauer T_B und schreibe sie in die Tabelle des Antwortblattes! Berechne auch die Messunsicherheit von T_B und übertrage sie in die Tabelle!

B5) Berechne den Wert von g aus der Gleichung (3):

$$g = \frac{8\pi^2 h}{3T_B^2}$$

B6) Berechne den Fehler der Größe g , also F_g , wobei der relative Fehler mit der folgenden Formel berechnet wird:

$$\frac{F_g}{g} = \frac{F_h}{h} + 2\frac{F_{T_B}}{T_B}$$

Übertrage die Ausführung der Rechnung in das Antwortblatt!

B7) Schreibe den Wert von g , den du im Experiment B erhalten hast, in das Antwortblatt!

Erläuterungen:

C1) Ist der Wert von g , den du im Experiment A gefunden hast, ungefähr gleich $9,81 \text{ m/s}^2$?

C2) Ist der Wert von g , den du im Experiment B gefunden hast, ungefähr gleich $9,81 \text{ m/s}^2$?

C3) Hast du Schwachstellen bei deinem Experiment feststellen können? Gib zwei solche Schwachstellen an und erkläre, wie sie die Qualität deiner Messwerte beeinflussen!

Hast du dir überlegt, durch welche Maßnahmen deine Resultate verbessert werden können? Wenn ja, dann schreibe die Maßnahmen auf das Antwortblatt und gib an, warum sie die Resultate verbessern!