

Physikalisches Pendel

Als physikalisches Pendel bezeichnet man einen beliebigen Körper, der um einen Punkt oder eine Achse drehbar gelagert ist und unter dem Einfluss der Schwerkraft Schwingungen ausführen kann. Das physikalische Pendel besteht aus einem ausgedehnten, starren Körper. Erstaunlicherweise unterscheidet sich die Schwingungsdauer eines physikalischen Pendels (bei kleinen Auslenkungen) von derjenigen des mathematischen Pendels nur um einen von der Massenverteilung abhängigen Faktor.

Die Schwingungsdauer T eines physikalischen Pendel hat für kleine Amplituden folgenden Wert (siehe FoTa s.163):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_s + m \cdot s^2}{m \cdot g \cdot s}}$$

In dieser Formel ist m die Gesamtmasse des Pendels, s der Abstand der Drehachse vom Schwerpunkt und J_s das sog. Trägheitsmoment bezogen auf eine parallele Rotationsachse durch den Schwerpunkt. Das Trägheitsmoment J gibt den Widerstand eines starren Körpers gegen über einer Änderung seiner Rotationsbewegung um eine gegebene Achse an. Das Trägheitsmoment hängt von der Massenverteilung in Bezug auf die Drehachse ab. Je weiter ein Massenelement von der Drehachse entfernt ist, desto mehr trägt es zu J bei; der Abstand geht quadratisch ein. Das Trägheitsmoment ist wie folgt definiert:

$$J = \sum_i \Delta m_i \cdot r_i^2 = \int_K r^2 dm$$

wobei r_i der Abstand des Massepunktes Δm_i von der Drehachse ist. Die Trägheitsmomente einfacher Körper stehen in der FoTa.

Material

Stativ, verschiedene Platten und Stäbe aus Aluminium und Messing, Stoppuhr, Maßstab und Waage.

Durchführung

1. Wähle eine Stange mit vielen Löchern. Bestimme möglichst genau Länge, Breite, Dicke und die Masse. Notiere die Abstände der Bohrungen zum Schwerpunkt, mache eventuell eine kleine Zeichnung.
2. Wähle ein Loch als Aufhängung und miss die Schwingungsdauer bei kleiner Amplitude. Die Schwingungsdauer soll auf mindestens 1% genau gemessen werden.
3. Miss (mit gleicher Genauigkeit) die Schwingungsdauer des Stabs für insgesamt fünfzehn verschiedene Aufhängepunkte.
4. Wähle eine Platte und wiederhole den Vorgang (mit allen möglichen Löchern).
5. Wähle eine quadratische Platte, die senkrecht zur Plattenebene schwingt, und wiederhole den Vorgang.
6. Versuche die Dämpfung für eine Schwingung zu bestimmen (Hinweis: Handykamera).

Auswertung der Messungen

1. Leite mit Hilfe der Formeln aus der FoTa eine Formel für die Schwingungsdauer der Platte her (Messung 4). Berechne damit in einer übersichtlichen Excel-Tabelle die Schwingungsdauer für die von euch gewählten Aufhängepunkte (inkl. Fehler). Überprüfe, ob die berechneten Werte mit der Messung im Rahmen der Messgenauigkeit verträglich sind.
2. Stelle die Schwingungsdauer der Stange als Funktion des Abstands zwischen Aufhänge- und Schwerpunkt graphisch dar und zeichne im Diagramm eure Messwerte (inkl. Fehlerbalken) ein. Bestimme analytisch (d.h. durch Ableiten) den Abstand, bei dem die Schwingungsdauer minimal ist.
3. Zeige, dass für einen Stab die Beziehung

$$x \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^2 = \frac{1}{12} + x^2$$

gelten muss, wobei $x = s/l$ das Verhältnis aus Schwerpunktsabstand s und Stablänge l und T_0 die Schwingungsdauer eines gleich langen Fadenpendels ist.

4. Ergänze in der Tabelle Spalten für die aus den Messwerten für den Stab berechneten Größen x^2 und $y = x \cdot (T/T_0)^2$. Erstelle aus diesen beiden Spalten ein Diagramm mit einer linearen Trendlinie. Vergleiche die Werte für Achsenabschnitt und Steigung mit den theoretischen Vorhersagen.
5. Vergleiche die 3. Messung mit der Theorie.
6. Bestimme die Abklingskonstante
(Hinweis zu Videoanalyse: <http://physlets.org/tracker/>)

Bedingungen

Falls ihr einen Bericht schreibt, gib diesen mit der vollständigen Auswertung (Fehlerrechnung wo möglich) ab. Für eine Auswertung bearbeite mindestens die Aufgaben 1) bis 4) (ohne Fehlerrechnung).