

Ziel:

Es soll die Erdbeschleunigung g ermittelt werden (auf 1% genau).

Methode:

Mit dem Reversionspendel kann die Erdbeschleunigung g genauer als mit dem Fadenpendel bestimmt werden.

Erläuterungen:

Das Reversionspendel besteht aus einem Metallstab mit zwei Auflagepunkten (Drehpunkte) mit festem Abstand und zwei Laufgewichten, welche so eingestellt werden können, dass die Schwingungsdauer bei Auflage an beiden Drehpunkten gleich gross wird.

Theorie:

Kinematik, Dynamik, Schwingungen, Trägheitsmoment, Drehmoment, Drehbewegung.

Literatur:

Lehrbuch: Gerthsen S. 61 f.,
Physikalisches Praktikum: Ilberg S. 76 ff., Kretschmar S. 39 ff.,

Geräte:

Reversionspendel auf Stativ, mit Laufgewichten
Stopuhr

Name: Klasse: **Tc 3** Datum:

Beurteilung:

Auswertung

Genauigkeit

Fehlerrechnung/Fehlerdiskussion

Protokollführung

Summe

Grundlagen:

Satz von Steiner:

Das Trägheitsmoment J eines Körpers bezüglich einer Achse A kann aus dem Trägheitsmoment J_S bezüglich einer Achse durch den Schwerpunkt, dem Abstand r der der Achse A vom Schwerpunkt und der Masse m des Körpers berechnet werden. Es gilt:

$$(1) \quad J = J_S + ms^2.$$

Durch Verschieben des Laufgewichtes L kann die Schwingungsdauer des Pendels innerhalb gewisser Grenzen verändert werden. Der Zusatzkörper K kann so eingestellt werden, dass für jede mögliche Lage des Laufgewichtes L ($0 < x < d$) gilt: $0 < s < \frac{d}{2}$

Rücktreibendes Drehmoment:

$$(2) \quad M = -mgs \sin \varphi$$

Für kleine Auslenkungswinkel gilt: $\sin \varphi \approx \varphi$ und damit $M = -mgs\varphi$.

Das Drehmoment $M = J \ddot{\varphi} = J \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ ist Ursache einer beschleunigten Drehbewegung. Durch Gleichsetzen der Drehmomente erhält man die Differentialgleichung

$$(3) \quad J \ddot{\varphi} + mgs\varphi = 0.$$

Mit dem Ansatz $\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \beta)$ kann man die Differentialgleichung lösen. Für die Periodenlänge des physischen Pendels ergibt sich:

$$(4a/4b) \quad \omega^2 = \frac{mgs}{J}, \quad \text{und } T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgs}}$$

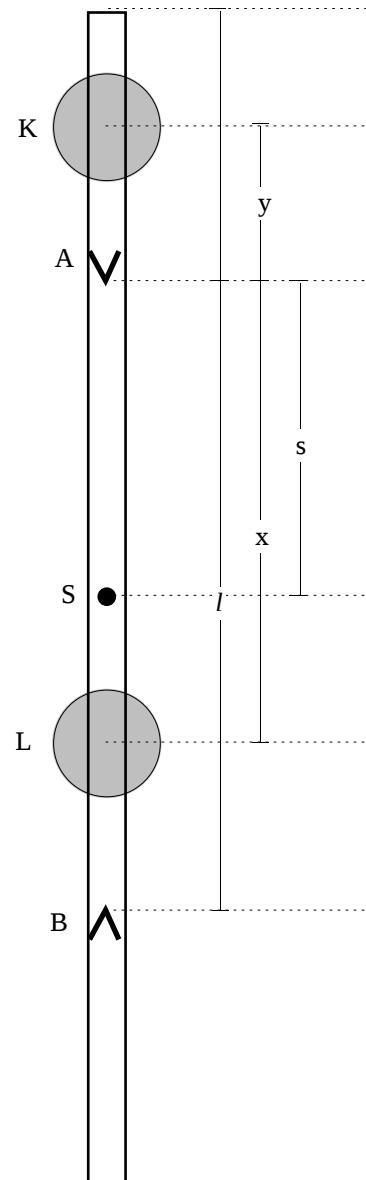
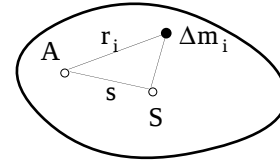
Die Erdbeschleunigung ist dann

$$(5) \quad g = \frac{J}{ms} \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

Für das Fadenpendel ist die Gleichung

$$(6) \quad g = l \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \text{ bekannt.}$$

Die Grösse $\frac{J}{ms} = l_r$ ist also gleich der Länge eines Fadenpendels mit derselben Schwingungsdauer wie jener des physikalischen Pendel. l_r heisst reduzierte Pendellänge. Nach dem Steinerschen Satz erhält man:



$$(7) \quad l_r = \frac{J_S + ms^2}{ms} = \frac{J_S}{ms} + s$$

Der Punkt A' auf der verlängerten Verbindungslinie AS im Abstand l_r von A heisst Schwingungsmittelpunkt. Wird A' als Drehpunkt verwendet, so erhält man für die reduzierte Pendellänge:

$$(8) \quad l_r' = \frac{J_S + m(l_r - s)^2}{m(l_r - s)} = \frac{J_S}{m(l_r - s)} + l_r - s$$

Da $l_r = \frac{J_S}{ms} + s$ ist, ergibt sich:

$$(9) \quad l_r' = \frac{J_S}{m(J_S/ms + s - s)} + \frac{J_S}{ms} + s - s = s + \frac{J_S}{ms} = l_r$$

Daraus folgt: Die Schwingungsdauer des physikalischen Pendels bleibt unverändert, wenn man die Achse durch den Schwingungsmittelpunkt A' legt. Im vorliegenden Fall werden die Gewichtsstücke L und K so eingestellt, dass B zum Schwingungsmittelpunkt bezüglich der Achse durch A wird (A' = B). Dann ist der Abstand $AB = l_r$ gleich der reduzierten Pendellänge, welche in (5) eingesetzt werden kann.

$$(10) \quad g = \frac{J}{ms} \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = l_r \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

Messmethoden und Messgeräte:

Zeitmessung:

Für die Zeitmessung ist eine elektrische Handstopuhr zu verwenden (Ablesen auf 0,1 s)

Längenmessung:

Die Entfernungen zu den Gewichtsstücken sind jeweils bis zum Mittelpunkt des Gewichtsstücks zu messen. Bei den Schneiden an den Auflagestellen wird bis zur Schneidenspitze gemessen.

Durchführung des Experiments:

Mit einem Massstab wird der Abstand der beiden Schneiden zum Auflegen in der Halterung gemessen.

Das Gewichtstück K am freien Ende des Stabes wird fest eingestellt, und zwar etwa in der Mitte des freien Stabstückes. Im folgenden wird nur mehr das Gewichtstück L (Laufgewicht) verschoben. Nun wird die Periodenlänge T der Schwingung für verschiedene Einstellungen von L gemessen (Abstand des Laufgewichts vom Drehpunkt A jeweils um 5 cm vergrössern). Die Periodenlänge wird jeweils aus 20 Schwingungen bestimmt. Für jede Einstellung von L wird auch die Periodenlänge T' bei umgehängtem Pendelstab (also auf der anderen Schneide B) gemessen. Die Ergebnisse werden in ein Diagramm eingezeichnet. Die Schnittpunkte der beiden Kurven geben jene Werte für x an, für die T und T' einander gleich sind. Nun ist die aus dem Diagramm ermittelte Entfernung für x am Reversionspendel einzustellen. T und T' werden aus 100 Schwingungen bestimmt. Sollten die Werte für T und T' voneinander abweichen, ist der Mittelwert zu bilden. Aus der Schwingungsdauer kann dann die Erdbeschleunigung g berechnet werden. Der Abstand der beiden Schneiden AB ist mit $l = 0,994$ gegeben.