STARK digital

LESEPROBE

PHYSIK

Allgemeinbildendes Gymnasium

MEHR ERFAHREN

0631 D1

VERFÜGBARE JAHRGÄNGE

BUNDESLAND	BESCHREIBUNG	JAHRGANG
Baden-Württemberg	Gymnasium	**ab 2008**
Bayern	Gymnasium	**ab 2011**
Hessen	Gymnasium / Gesamtschule GK/LK	**ab 2012**
Niedersachsen	Gymnasium / Gesamtschule GA/EA	**ab 2012**
Nordrhein-Westfalen	Gymnasium / Gesamtschule GK/LK	**ab 2010**
Sachsen	Gymnasium	**ab 2010**
Thüringen	Gymnasium	**2006 – 2012**

BE

PERIODISCHE VORGÄNGE

In der ersten Aufgabe werden die Schwingungen eines Fadenpendels und die eines Feder-Masse-Pendels betrachtet. Die zweite Aufgabe behandelt Induktionsvorgänge in einer Spule bei Verwendung von Wechselstrom. Der Franck-Hertz-Versuch steht im Mittelpunkt der dritten Aufgabe.

1 Aufgabenstellung ohne Experimentieren

In dieser Aufgabe werden mögliche Einflussgrößen auf die Schwingungsdauer T eines Fadenpendels experimentell untersucht. Ein Fadenpendel ist ein schwingungsfähiges System, bei dem ein Massestück an einem Faden um seine Ruhelage pendelt, vergleiche Material 1 (M 1).

1.1 Die Schwingungsdauer T ist abhängig von der Länge L des Pendels.
In einem Experiment ist die Schwingung eines Fadenpendels der Länge $L = 33\,\text{cm}$ aufgezeichnet worden. M 2 zeigt eine zugehörige Messung.
Bestimmen Sie mithilfe von M 2 die zugehörige Schwingungsdauer T so genau wie möglich.
In einem weiteren Experiment ist die Schwingung des Fadenpendels der Länge $L = 33$ cm für zwei andere Anfangsauslenkungen φ_0 aufgezeichnet worden. M 3 zeigt die zugehörigen Messungen. Nur für kleine Anfangsauslenkungen φ_0 ist die Schwingungsdauer T in guter Näherung unabhängig von der Anfangsauslenkung φ_0.
Überprüfen Sie diese Aussage auf der Grundlage der Messungen nach M 2 und M 3. **7**

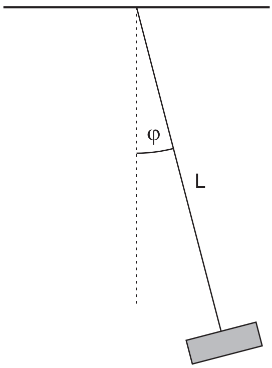
1.2 In einem Experiment ist die Pendellänge L systematisch variiert und die Zeit für zehn Schwingungen (10T) für kleine Anfangsauslenkungen gemessen worden (M 4). Für den Zusammenhang zwischen Pendellänge und Schwingungsdauer T gilt:

$$T = k \cdot \sqrt{L}$$

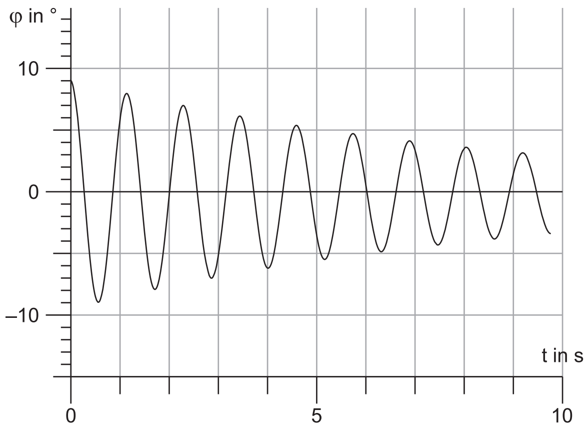
Bestätigen Sie diesen funktionalen Zusammenhang unter Verwendung aller Messwerte in M 4, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren.
Für die Konstante k gilt $k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$ (g: Ortsfaktor, auch Erdbeschleunigung genannt).
Ermitteln Sie einen Wert für den Ortsfaktor g, wobei Sie Ihren Lösungsweg dokumentieren.
Bei einer Messung ergibt sich eine Messunsicherheit für T von 2 %, für L von 1,5 %. Schätzen Sie für $L = 0{,}680$ m die sich daraus ergebende Messunsicherheit für g ab. **10**

Material

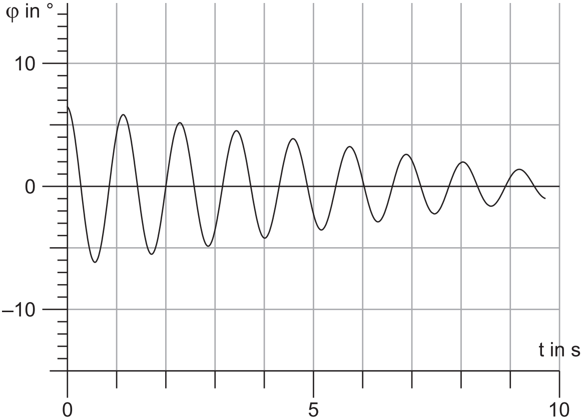
M 1 **Prinzipskizze des Aufbaus eines Fadenpendels der Länge L mit der Auslenkung φ**

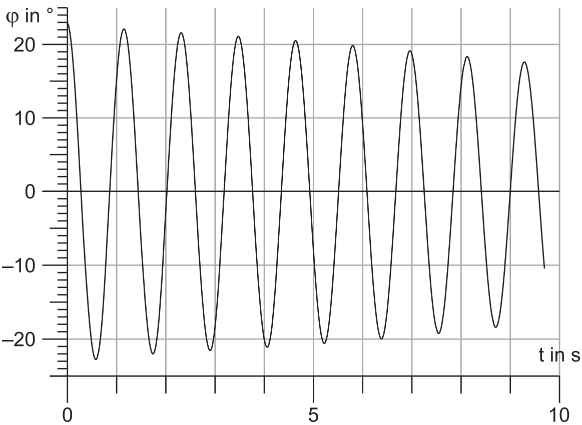


M 2 **t-φ-Diagramm, Pendellänge L = 33 cm**



M 3 **t-φ-Diagramme für die Schwingungen eines Fadenpendels der Länge L = 33 cm bei zwei weiteren Anfangsauslenkungen φ_0**





M 4 **10 Schwingungsdauern in Abhängigkeit von der Pendellänge L bei kleinen Auslenkungen**

L in m	0,475	0,515	0,545	0,595	0,635	0,680
10T in s	13,7	14,2	14,7	15,4	16,0	16,4

TIPP **Lösungshinweise zu Aufgabe I**

Teilaufgabe 1.1
Um T „so genau wie möglich" zu bestimmen, müssen Sie überlegen, wie man durch „geschicktes Messen" den Ablesefehler minimieren kann.

Nutzen Sie möglichst viele Perioden zur Messung aus.

Zum Überprüfen der Hypothese sollten Sie die Schwingungsdauern der beiden Vergleichsexperimente auf die gleiche Art und Weise wie beim ersten Experiment bestimmen. Bewerten Sie anschließend Ihr Ergebnis.

Teilaufgabe 1.2
Die Berücksichtigung aller Messwerte bedeutet, dass Sie entweder einen Proportionalitätsfaktor bestimmen müssen (rechnerisch oder grafisch) oder aber alle Messwerte einer Regression unterziehen müssen (mittels GTR).

Da im zweiten Teil der Aufgabe g mithilfe des Faktors k bestimmt werden soll, sollten Sie diesen im ersten Teil als Ergebnis ermitteln – das erspart Arbeit.

Die Bestimmung der Messunsicherheit kann z. B. mithilfe einer Maximal-/Minimalrechnung vorgenommen werden.

Die Messunsicherheiten der Eingangsgrößen sind prozentual gegeben – Sie müssen jedoch nicht zwingend einen prozentualen Fehler als Ergebnis angeben.

Teilaufgabe 1.3
Beachten Sie beim Zeichnen, dass L auf die Rechts-, T^2 auf die Hochachse gehört.

Vergleichen Sie den in Teilaufgabe 1.2 vorgegebenen Zusammenhang mit der L-T^2-Proportionalität und schließen Sie daraus auf den Wert der Konstanten C in $L = C \cdot T^2$.

Teilaufgabe 1.4
Die Prüfung kann durch ein systematisches Testen aller möglichen Kombinationen geschehen.

Alternativ und eleganter ist es, die benötigten Massen für die Federn 1 und 2 zu berechnen und dies mit den verfügbaren Massen und der 3-%-Bedingung zu vergleichen.

Teilaufgabe 2.1
Ziehen Sie hier das Induktionsgesetz in der speziellen Anwendungsform „Transformator" heran.

Lösungsvorschlag zu Aufgabe I

1 Aufgabenstellung ohne Experimentieren

1.1 Bestimmen der Schwingungsdauer

Im Material M2 kann man gut die Zeitdauer für 8 komplette Schwingungen ablesen: Es ergibt sich 8T = 9,25 s als Schätzwert, was sofort zu

$$T = \underline{\underline{1{,}15\ \text{s}}}$$

als Wert für die Periodendauer führt.

Abhängigkeit vom Auslenkwinkel?

Die Darstellungen in M2 und M3 ergeben als Periodendauern – auf dieselbe Weise bestimmt wie oben – Werte zwischen T = 1,15 s (M2, $\varphi_0 \approx 6{,}5°$) und T = 1,16 s (M3, $\varphi_0 \approx 23°$). Der letzte Wert bestätigt die Aussage ein wenig, ist aber tendenziell so dicht an den beiden anderen Werten, dass man hier nicht von einer signifikanten Abweichung sprechen kann. Somit kann man die Aussage bestätigen (da es eine geringe Abweichung von T nach oben gibt), man kann sie aber auch als im vorliegenden Fall nicht zutreffend bezeichnen, da T weniger als 1 % schwankt.

1.2 Bestätigung des funktionalen Zusammenhangs

Da alle Messwerte Berücksichtigung finden sollen, kann man den Zusammenhang rechnerisch durch Quotienten- und Mittelwertbildung oder grafisch unter Zuhilfenahme des GTR lösen, indem man diesen eine entsprechende Regression durchführen lässt. Vorher müssen die Werte in M4 von 10T zu Werten für T umgewandelt werden:

L in m	0,475	0,515	0,545	0,595	0,635	0,680
10T in s	13,7	14,2	14,7	15,4	16,0	16,4
T in s	1,37	1,42	1,47	1,54	1,60	1,64
$k = \frac{T}{\sqrt{L}}$ in $\frac{s}{\sqrt{m}}$	1,99	1,98	1,99	2,00	2,01	1,99

Mittelwert:

$$\underline{\underline{k = 1{,}99\ \frac{\text{s}}{\sqrt{\text{m}}}}}$$

Ermitteln des Ortsfaktors g

Durch Umstellen der angegebenen Formel für k folgt sofort:

$$k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \quad \Rightarrow \quad g = \frac{4\pi^2}{k^2} = \frac{4\pi^2}{\left(1{,}99\ \frac{\text{s}}{\sqrt{\text{m}}}\right)^2} = \underline{\underline{9{,}95\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

Abschätzen der Messunsicherheit

TIPP Sie sollten hier die Messunsicherheit so abschätzen, wie es im Unterricht erfolgte – ob als absolute oder relative Angabe, geht aus der Aufgabe nicht eindeutig hervor; dies ist also eher zweitrangig.

Am schnellsten lässt sich die Messunsicherheit bewerten, indem man den g-Wert nach oben und unten unter Zuhilfenahme der angegebenen Sachverhalte abschätzt. Diese lauten

$$k = \frac{T}{\sqrt{L}} \quad \text{und} \quad g = \frac{4\pi^2}{k^2},$$

woraus durch Kombination der Terme folgt:

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot L}{T^2}$$

Für die Abschätzung gilt daher:
- Nimmt L den maximalen und T den minimalen Wert an, so wird g maximal.
- Nimmt L den minimalen und T den maximalen Wert an, so wird g minimal.

Für die vorgegebene Fadenlänge $L = 0{,}680\,\text{m}$ entnimmt man M4 die Schwingungsdauer $T = 1{,}64\,\text{s}$. Der Fehler für L ist mit 1,5 %, der von T mit 2 % angegeben. Man kann also abschätzen:

$$g_{max} = \frac{4\pi^2 \cdot 1{,}015L}{(0{,}98T)^2} = \frac{1{,}015}{0{,}98^2} \cdot g = 1{,}057g$$

$$g_{min} = \frac{4\pi^2 \cdot 0{,}985L}{(1{,}02T)^2} = \frac{0{,}985}{1{,}02^2} \cdot g = 0{,}947g$$

Die Messunsicherheit beträgt somit rund **5,5 %**.

1.3 L-T^2-Diagramm

Zunächst ergänzt man die Wertetabelle um eine Zeile mit den quadrierten T-Werten:

L in m	0,475	0,515	0,545	0,595	0,635	0,68
10T in s	13,7	14,2	14,7	15,4	16	16,4
T in s	1,37	1,42	1,47	1,54	1,6	1,64
T^2 in s^2	1,8769	2,0164	2,1609	2,3716	2,56	2,6896

Abb. 1 auf der nächsten Seite zeigt das L-T^2-Diagramm. Die Messpunkte liegen näherungsweise auf einer Ursprungsgeraden.