

Thema: 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.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

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, vgl. Material 1 (M1).

1.1 Die Schwingungsdauer T ist abhängig von der Länge L des Pendels.

In einem Experiment ist die Schwingung eines Fadenpendels der Länge $L = 33$ cm aufgezeichnet worden. M2 zeigt eine zugehörige Messung.

Bestimmen Sie mithilfe von M2 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. M3 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 M2 und M3. **[7 BE]**

1.2 In einem Experiment ist die Pendellänge L systematisch variiert und die Zeit für zehn Schwingungen ($10 T$) für kleine Anfangsauslenkungen gemessen worden (M4).

Für den Zusammenhang zwischen Pendellänge und Schwingungsdauer T gilt: $T = k \cdot \sqrt{L}$.

Bestätigen Sie diesen funktionalen Zusammenhang unter Verwendung aller Messwerte in M4, 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 BE]**

1.3 Zeichnen Sie auf der Grundlage der Messwerte aus M4 ein $L - T^2$ -Diagramm.

Hinweis: Auf der Hochachse werden die Quadrate der Schwingungsdauern aufgetragen.

Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen der Steigung im $L - T^2$ -Diagramm und der Konstanten k aus 1.2. **[6 BE]**

1.4 Für den Bau eines Feder-Masse-Pendels stehen zwei Federn mit den Federkonstanten $D_1 = 9,0 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ und $D_2 = 5,0 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ sowie ein Satz mit vier 50,0 g-Massestücken zur Verfügung.

Überprüfen Sie, ob sich mit diesen Materialien eine Schwingung derselben Schwingungsdauer wie bei einem Fadenpendel der Länge $L = 0,30$ m mit einer tolerierten Abweichung von 3% realisieren lässt. **[6 BE]**

Zentralabitur 2018	Physik	Material für Schülerinnen und Schüler	
Aufgabe I		eA	Bearbeitungszeit: 300 min

Aufgabe 2

In der Aufgabe werden Induktionsvorgänge untersucht. Hierzu werden zwei baugleiche, nebeneinander stehende Spulen verwendet, siehe auch M5.

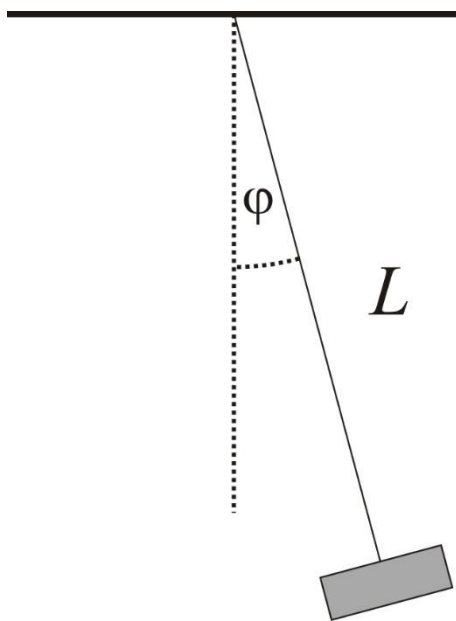
- 2.1** Durch die Primärspule fließt ein sinusförmiger Wechselstrom. An der Sekundärspule wird eine Spannung U gemessen.
Erklären Sie die Entstehung dieser Spannung mithilfe des Induktionsgesetzes. **[4 BE]**
- 2.2** In einem Experiment soll der Zusammenhang zwischen der Frequenz f des sinusförmigen Stroms I durch die Primärspule und der von einem Messgerät angezeigten induzierten Spannung U an der Sekundärspule untersucht werden. Die Amplitude der elektrischen Stromstärke I bleibt konstant.
Zeichnen Sie auf der Grundlage von M5 ein Schaltbild des Versuchsaufbaus.
Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang $U = f(f)$ auf der Grundlage der Messwerte in M6, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren.
Begründen Sie, dass der funktionale Zusammenhang im Einklang mit dem Induktionsgesetz steht. **[10 BE]**
- 2.3** Fließt durch die Primärspule ein Dreiecksstrom, so erhält man das Messergebnis in M7.
Für die wirksame magnetische Flussdichte (Feldstärke) B gilt: $B = 6,6 \frac{\text{mT}}{\text{A}} \cdot I$.
Bestätigen Sie die Gültigkeit des Induktionsgesetzes in diesem Experiment. **[6 BE]**
- 2.4** Die magnetische Flussdichte im Zentrum der Primärspule kann näherungsweise mit der Gleichung $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{a}$ (N : Windungszahl, I : Stromstärke, μ_0 : magnetische Feldkonstante, a : Seitenlänge der Spulenwicklung entsprechend M8) berechnet werden.
Berechnen Sie mithilfe von M8 einen Wert für die magnetische Feldkonstante μ_0 .
Bestimmen Sie mithilfe von M8 die Flussdichte B im Zentrum der Sekundärspule. **[5 BE]**

Aufgabe 3

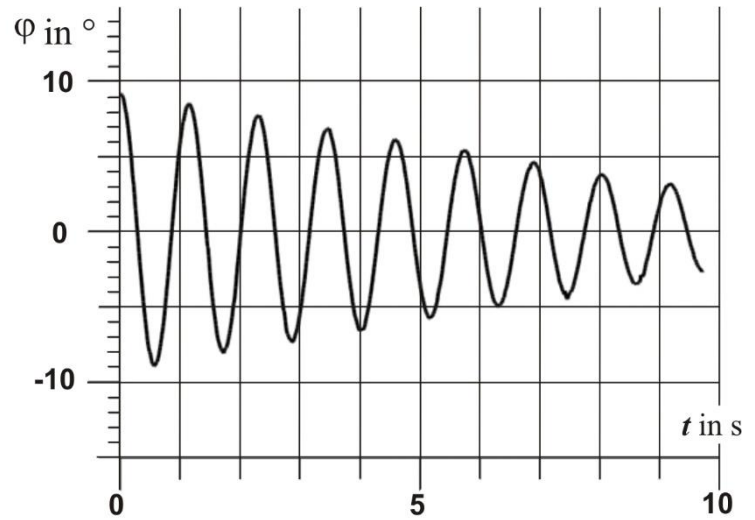
In Material M9 ist eine Glasröhre dargestellt, die mit Quecksilberdampf gefüllt ist. Diese Röhre wird in einem Franck-Hertz-Experiment verwendet. Messergebnisse des Experiments zeigt M10.

- 3.1** Zeichnen Sie in M9 die elektrische Beschaltung der Franck-Hertz-Röhre ein, um Messergebnisse entsprechend der Franck-Hertz-Kurve in M10 aufnehmen zu können.
Erläutern Sie die Funktion der Spannungsquellen im Franck-Hertz-Experiment. **[6 BE]**
- 3.2** Deuten Sie den Verlauf der Franck-Hertz-Kurve in M10 für Beschleunigungsspannungen zwischen $U_B = 4,5 \text{ V}$ und $U_B = 7,5 \text{ V}$.
Begründen Sie, weshalb die Strommaxima längs der U_B – Achse periodisch mit gleichem Abstand auftreten. **[7 BE]**
- 3.3** Ermitteln Sie mithilfe von M10 die Anregungsenergie von Quecksilber in diesem Experiment.
Bestätigen Sie, dass das Licht, das von den angeregten Atomen in diesem Experiment emittiert wird, nicht sichtbar ist. **[6 BE]**
- 3.4** Leuchtstoffröhren enthalten geringe Mengen von Quecksilber. M11 zeigt das Spektrum einer unbeschichteten Leuchtstoffröhre zusammen mit dem Energieniveauschema von Quecksilber. In der Leuchtstoffröhre wird u.a. auch das Energieniveau $7,73 \text{ eV}$ angeregt.
Überprüfen Sie, ob eine der Spektrallinien in M11 durch diese Anregung entstehen kann.
Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie das Franck-Hertz-Experiment verändert werden könnte, um höhere Energieniveaus in größerer Anzahl anzuregen. **[7 BE]**

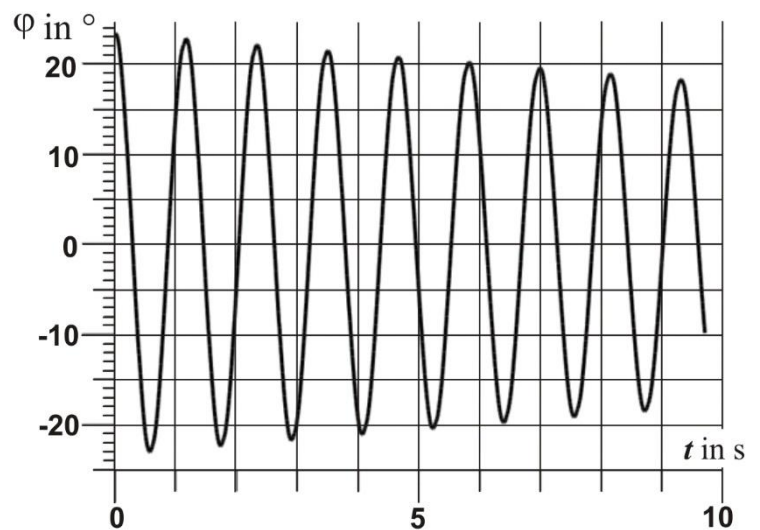
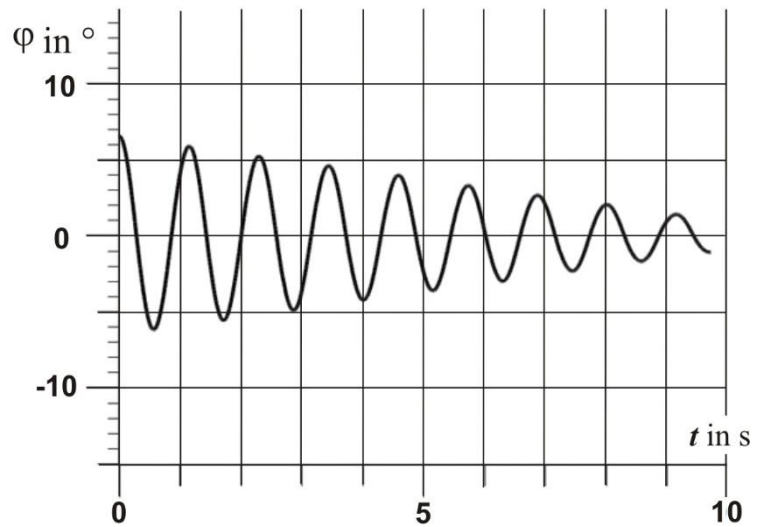
Material



M1: Prinzipskizze des Aufbaus eines Fadenpendels der Länge L mit der Auslenkung φ .



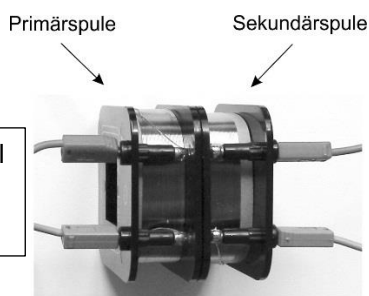
M2: $t - \varphi$ -Diagramm, Pendellänge $L = 33$ cm.



M3: $t - \varphi$ -Diagramme für die Schwingungen eines Fadenpendels der Länge $L = 33$ cm bei zwei weiteren Anfangsauslenkungen φ_0 .

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

M4: 10 Schwingungsdauern in Abhängigkeit von der Pendellänge L bei kleinen Auslenkungen.

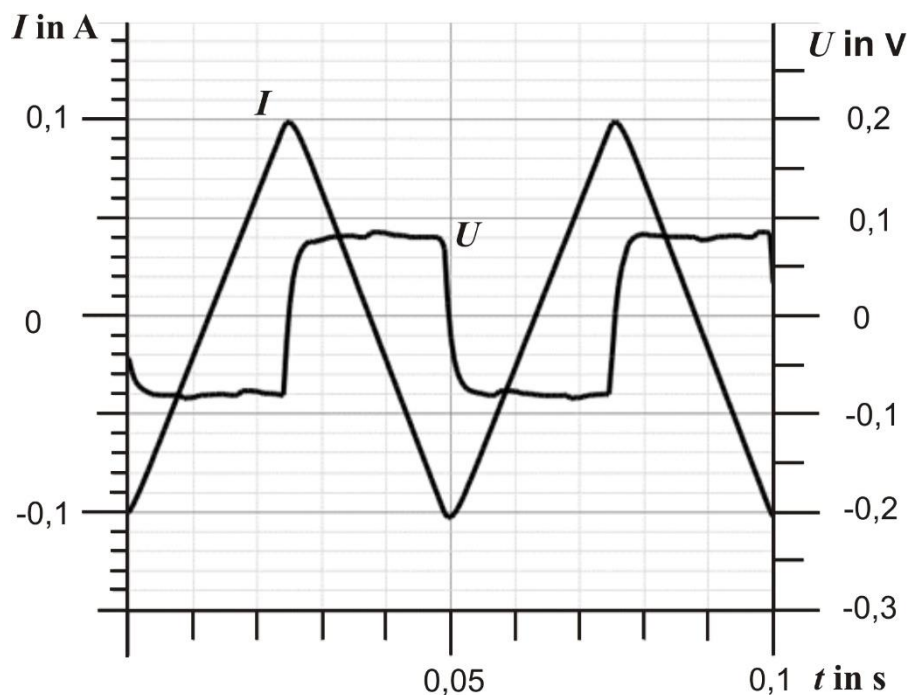


Beide Spulen haben die Windungszahl $N = 1000$ und die Querschnittsfläche $A = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

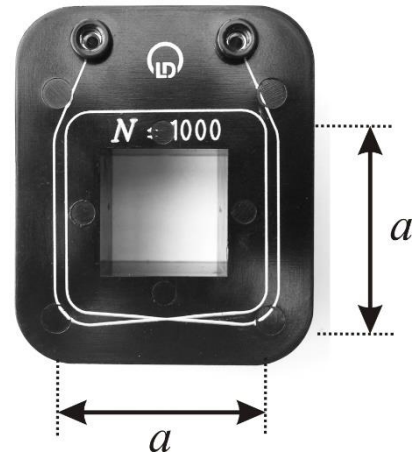
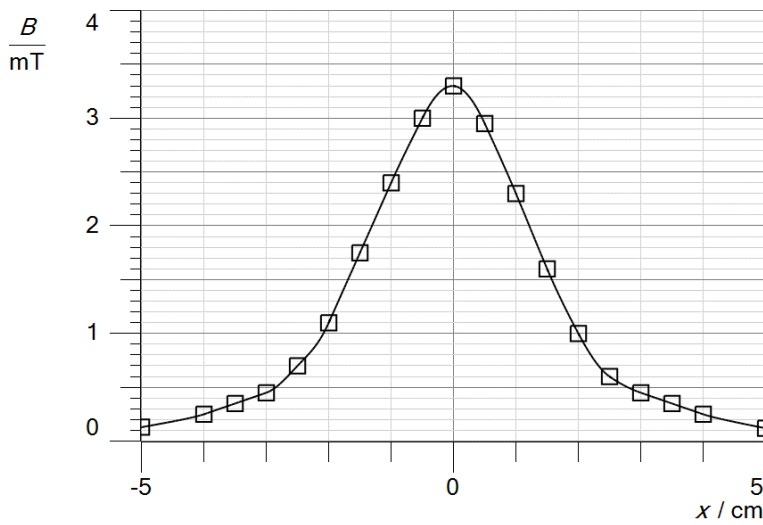
M5: Ausschnitt aus dem Versuchsaufbau.

f in Hz	40	50	60	70	80	90	100
U in V	0,23	0,28	0,34	0,39	0,46	0,50	0,54

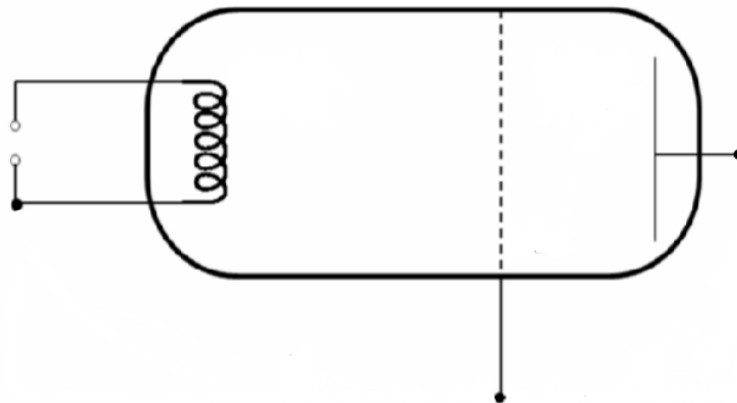
M6: Messwerte zum Experiment, $I = 100 \text{ mA}$.



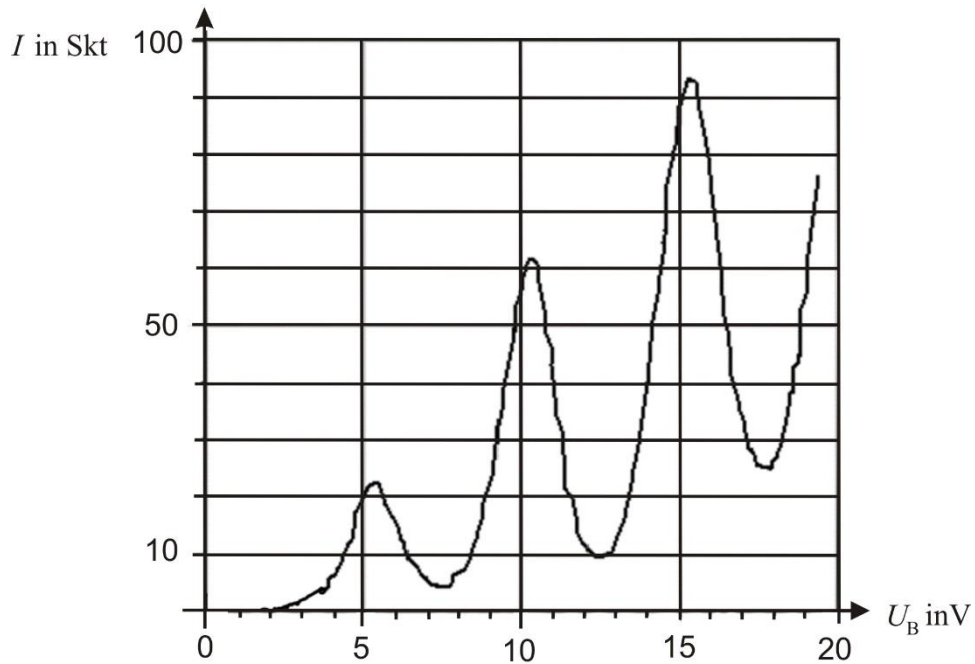
M7: Dreiecksstromstärke I und induzierte Spannung U .



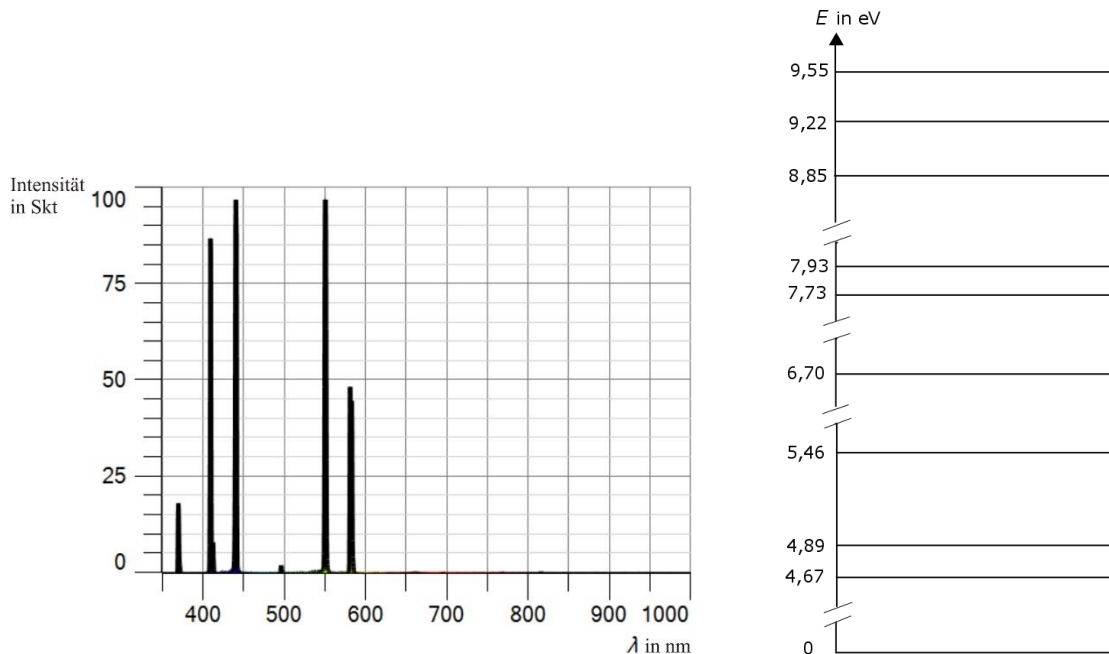
M8: Magnetische Flussdichte B auf der Spulenachse einer quadratischen Spule mit der Seitenlänge $a = 3,9$ cm im Abstand x vom Spulenzentrum bei einer Stromstärke von $I = 0,100$ A. Die Länge der Spule ist $b = 2,0$ cm.



M9: Franck-Hertz-Röhre mit Anschlüssen, gefüllt mit Quecksilberdampf.



M10: Franck-Hertz-Kurve einer mit Quecksilberdampf gefüllten Elektronenröhre.



M11: Ausschnitt eines Emissionsspektrums einer unbeschichteten Leuchtstoffröhre (links) zusammen mit einem vereinfachten Energieniveauschema von Quecksilber (rechts).

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung