

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 Pendellänge systematisch variiert und die Zeit 10 T gemessen worden (vgl. M3).

Für den Zusammenhang zwischen Pendellänge L und Schwingungsdauer T gilt: $T = k \cdot \sqrt{L}$ mit $k \approx 2,0 \frac{\text{s}}{\sqrt{\text{m}}}$.

Bestätigen Sie diesen funktionalen Zusammenhang unter Verwendung aller Messwerte in M3, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren. **[7 BE]**

1.2 Für die Konstante k in 1.1 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.

[4 BE]

1.3 Zeichnen Sie auf der Grundlage der Messwerte aus M3 ein $L - T^2$ -Diagramm.

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

Begründen Sie, weshalb die Steigung einer Ausgleichsgeraden im $L - T^2$ -Diagramm dem Wert k^2 entspricht.

[6 BE]

1.4 Berechnen Sie mithilfe des in 1.1 angegebenen Zusammenhangs die Schwingungsdauer T eines Fadenpendels der Länge $L = 0,30$ m.

Für den Bau eines Feder-Masse-Pendels steht eine Feder mit der Federkonstanten $D = 5,0 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ sowie ein Satz mit vier 50,0 g-Massestücken zur Verfügung.

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

[5 BE]

Aufgabe 2

In der Aufgabe werden Induktionsvorgänge untersucht. Hierzu werden zwei baugleiche, nebeneinander stehende Spulen verwendet, siehe auch M4.

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]

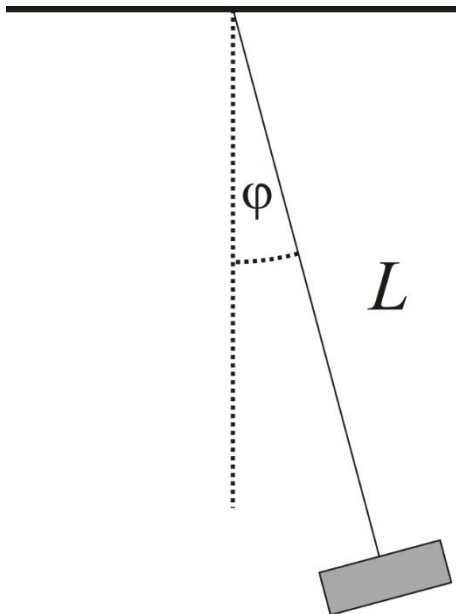
- 2.2** In einem Experiment soll der Zusammenhang zwischen der Frequenz f des sinusförmigen Stroms I durch die Primärspule und der von einem Messgerät angezeigten induzierten Spannung U an der Sekundärspule untersucht werden. Die Amplitude der elektrischen Stromstärke I bleibt konstant.
- Zeichnen Sie auf der Grundlage von M4 ein Schaltbild des Versuchsaufbaus.
- Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang $U = f(f)$ auf der Grundlage der Messwerte in M5, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren.
- Begründen Sie, dass der funktionale Zusammenhang im Einklang mit dem Induktionsgesetz steht, indem Sie den Einfluss der Frequenz f auf die Änderungsrate der magnetischen Flussdichte (Feldstärke) B berücksichtigen. **[10 BE]**
- 2.3** Fließt durch die Primärspule ein Dreiecksstrom, so erhält man Messergebnisse für die zeitlichen Verläufe der magnetischen Flussdichte B und der Induktionsspannung U gemäß M6.
- Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf der Flussdichte B und dem zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung U .
- Bestätigen Sie die Gültigkeit des Induktionsgesetzes auf der Grundlage des Messergebnisses (M6) und der Spulendaten (M4). **[7 BE]**

Aufgabe 3

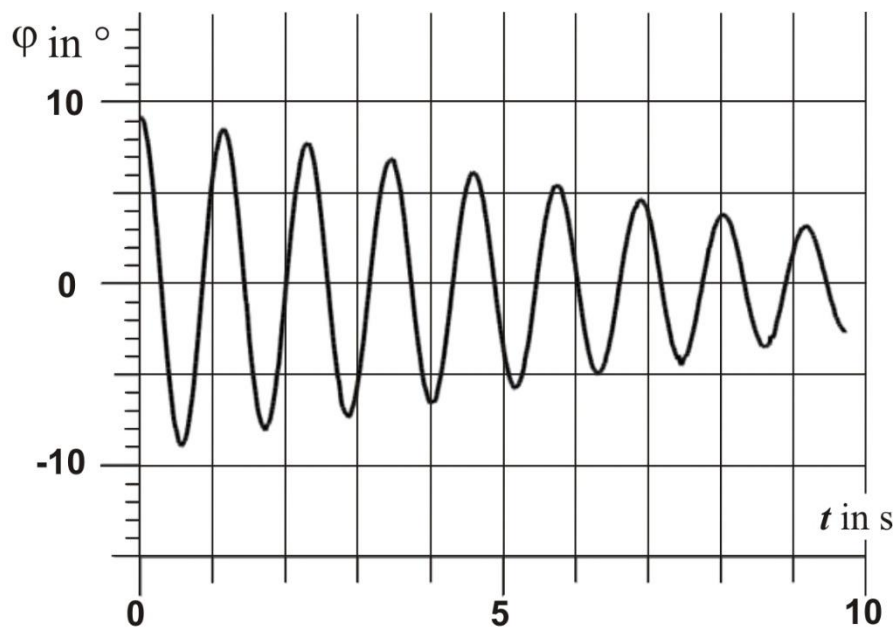
Material M7 zeigt den Aufbau eines Franck-Hertz-Experiments mit Quecksilberdampf. Messergebnisse dieses Experiments zeigt M8.

- 3.1** Erläutern Sie die Funktion der Spannungsquellen im Franck-Hertz-Experiment.
- Die Strommaxima in der Franck-Hertz-Kurve in M8 haben längs der U_B – Achse etwa gleichen Abstand.
- Begründen Sie, dass man aus dieser Tatsache folgern kann, dass die Quecksilberatome im Experiment nur eine ganz bestimmte Energieportion aufnehmen können. **[7 BE]**
- 3.2** Ermitteln Sie mithilfe von M8 die Anregungsenergie von Quecksilber in diesem Experiment.
- Berechnen Sie die Wellenlänge des Lichts, das die angeregten Atome beim Übergang in den Grundzustand emittieren. **[6 BE]**
- 3.3** Leuchtstoffröhren enthalten geringe Mengen von Quecksilber. M9 zeigt das Spektrum einer unbeschichteten Leuchtstoffröhre zusammen mit dem Energieniveauschema von Quecksilber.
- In der Leuchtstoffröhre wird u. a. auch das Energieniveau 7,73 eV angeregt.
- Überprüfen Sie, ob eine der Spektrallinien in M9 durch diese Anregung entstehen kann. **[4 BE]**

Material



M1: Prinzipskizze des Aufbaus eines Fadenpendels der Länge L .

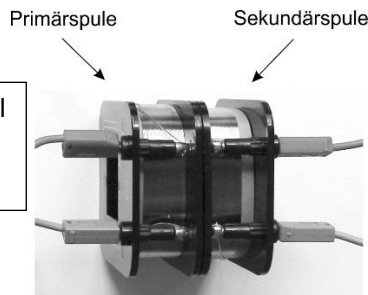


M2: $t - \varphi$ - Diagramm für die Schwingung eines Fadenpendels der Länge $L = 33$ cm.

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

M3: 10 Schwingungsdauern in Abhängigkeit von der Pendellänge L .

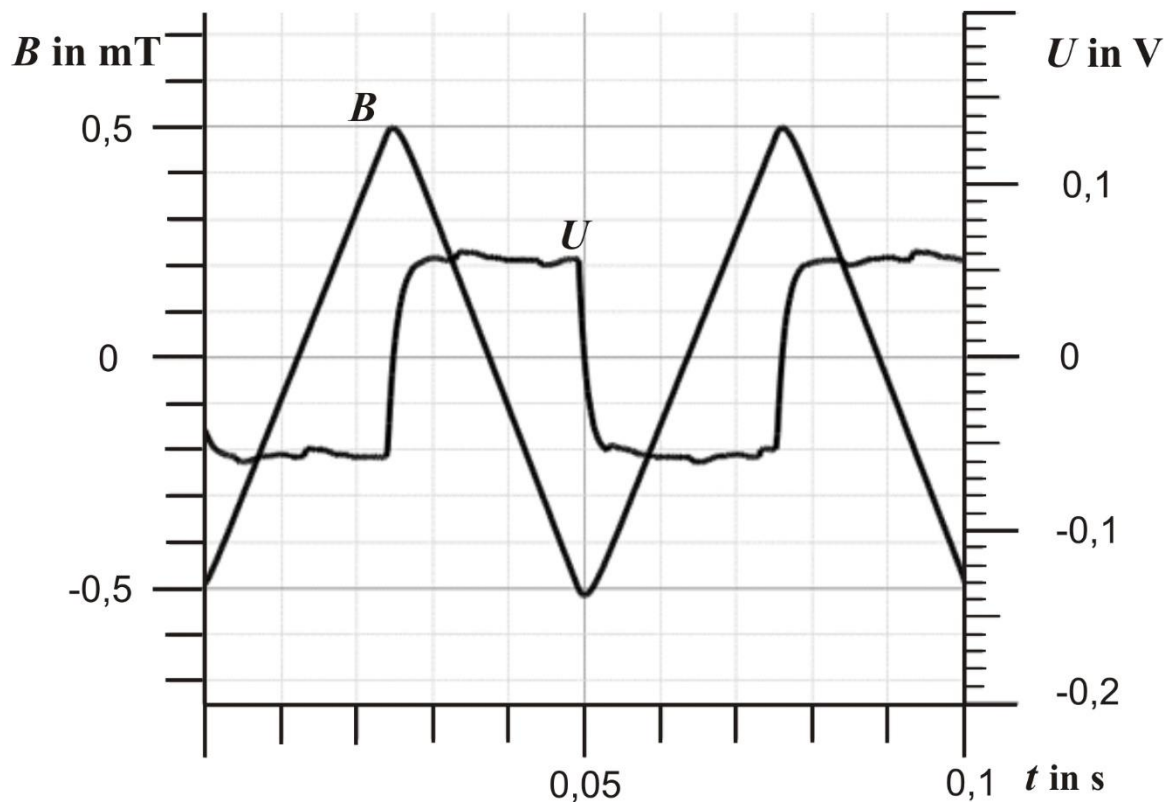
Beide Spulen haben die Windungszahl $N = 1000$ und die Querschnittsfläche $A = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.



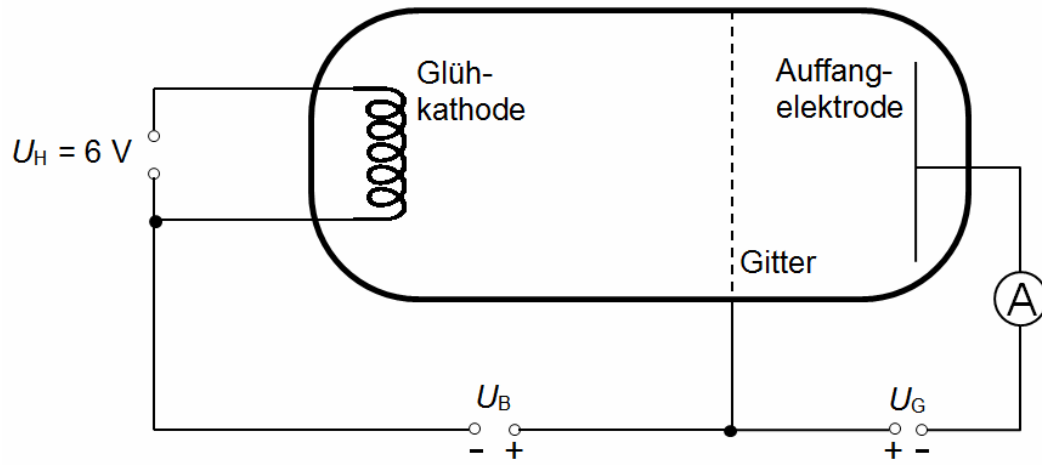
M4: Ausschnitt aus dem Versuchsaufbau.

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

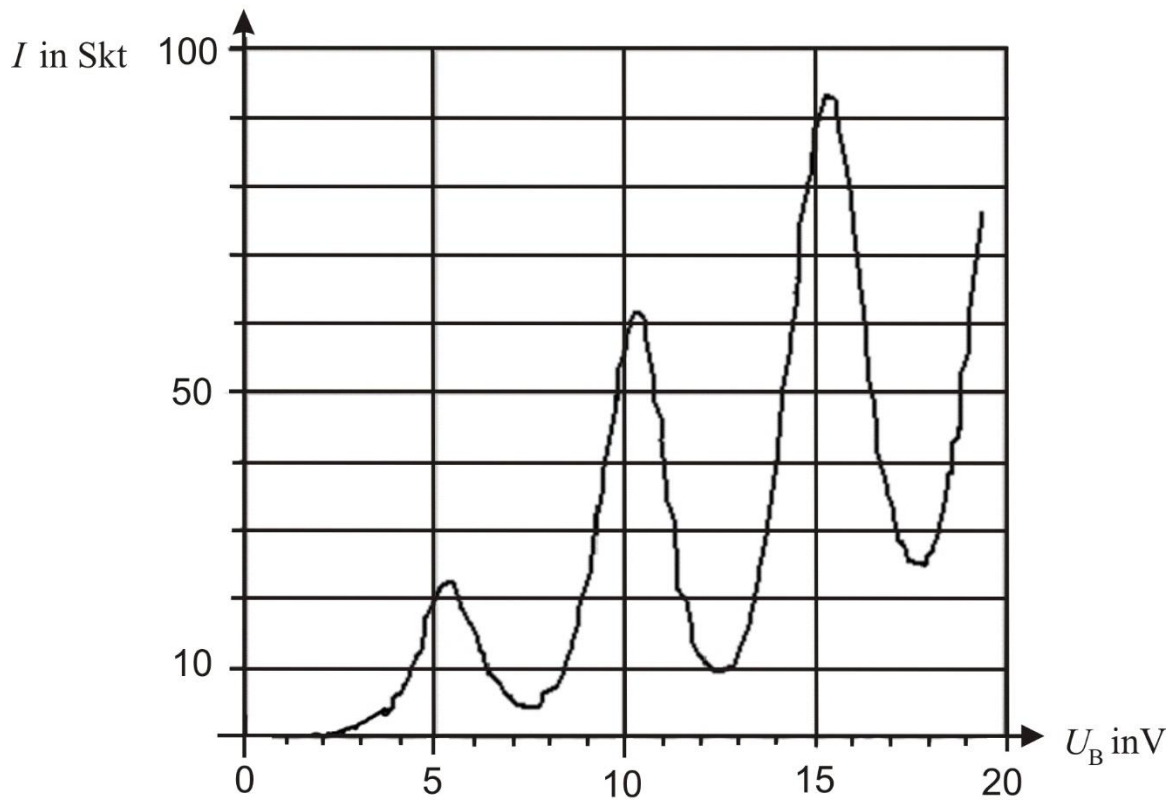
M5: Messwerte zum Experiment, $I = 100 \text{ mA}$.



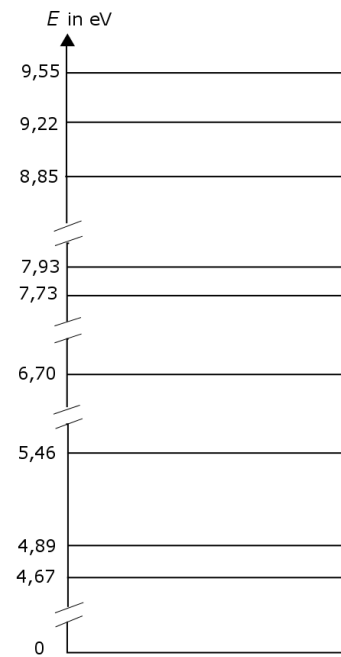
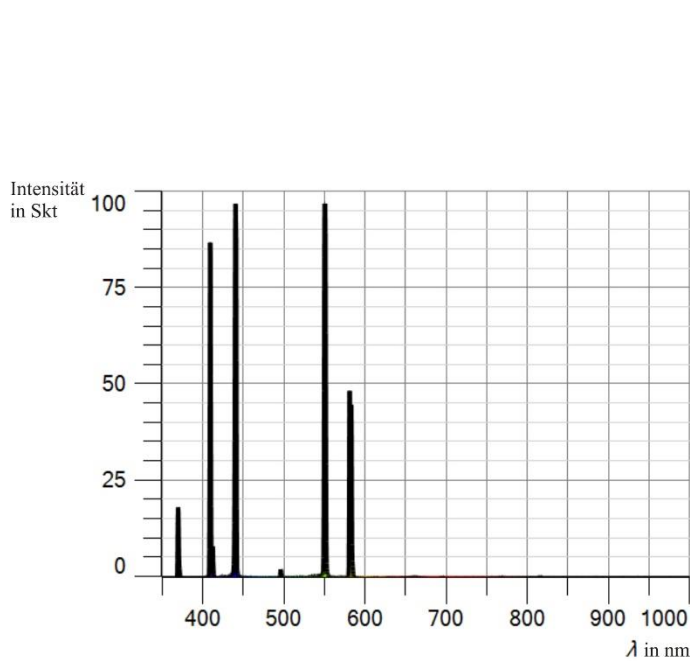
M6: Zeitliche Verläufe der magnetischen Flussdichte B und der induzierten Spannung U .



M7: Aufbau eines Franck-Hertz-Experiments mit Quecksilberdampf.



M8: Franck-Hertz-Kurve einer mit Quecksilberdampf gefüllten Elektronenröhre.



M9: 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