

Anleitung für die Arbeitsblätter zum elektromagnetischen Parallelschwingkreis für Lehrerinnen und Lehrer. Wenn alle Arbeitsblätter verwendet werden, können die Materialien als Teilprojekt in einer Projektarbeit zum Thema "Schwingungen" eingesetzt werden. An dieser Stelle werden die Inhalte der QR-Codes bereit gestellt und, wo nötig, Lösungsvorschläge zu den Aufgaben gemacht.

Materialien: Wenn nötig steht ganz oben eine Materialliste, bei einigen Arbeitsblättern ist diese bewusst weggelassen.

Aufgabe 1

Dieses Feld zeigt eine nummerierte Aufgabe, die von allen Schülern gelöst werden muss. Meistens ist eine Aufforderung zu finden, etwas in das Textfeld unter der Aufgabe zu schreiben.



_____ Das ist das Freitextfeld.

Hinweis(e) zum Einscannen

Im Hinweis zum Einscannen befindet sich immer eine QR-Code mit zusätzlichen Informationen, falls die Schülerinnen nicht weiter kommen. die Hinweise werden nicht zwingend benötigt.



Vorraussetzungen:

- Sämtlicher im Bildungsplan genannter Stoff zum Thema Elektromagnetismus
- Kenntnis von Lenz'scher Regel
- Grundlagen von Schwingungen (Frequenz, Dämpfung) und deren Lösung

Allgemeine Hinweise:

- Die Dauer beträgt einen Vormittag oder 4 Schulstunden, mit Abschlusspräsentation länger.
- Die SuS können sich aus jedem Teilbereich selbstständig einen Versuch aussuchen.
- Teil V kann als optional gekennzeichnet sein.
- Lösungsvorschläge und die Inhalte der QR-Codes finden sich in dieser Anleitung.

Materialliste:

- Verschiedene Spulen mit $\frac{R}{L} \geq 0.01 \text{ s}$
- Kondensatoren im Bereich von $22\,000 \mu\text{F}$ bis $470 \mu\text{F}$
- Dicker Nagel
- Magnete
- 9 V Batterie
- eventuell niedrigohmige Widerstände
- Verbindungskabel (Versuchskabel mit Krokodilklemmenadapter)
- Wenn vorhanden Stecksysteme aus der Physik-Sammlung mit Schalter
- Smartphones, wenn bei den SuS nicht vorhanden
- Internetzugang oder andere Recherchequellen (Schulbuch, etc.)
- Taschenrechner
- Auf dem Smartphone installierte phyphox-App und eine App, die QR-Codes lesen kann

Lernziele und Übersicht über die Teilexperimente:

Teil	Lernziele	Experimente
I	phyphox bedienen Ort des Magnetsensors Messverhalten Sensor	phyphox Kennenlernen
II	Aufbau Schwingkreis Messung Schwingung LC-Kombinationen	Aufbau über Graphen Aufbau über Schaltkreis Aufbau über Recherche
III	Funktionsweise erklären	Erklärung mit Recherche Erklärung analog zur mech. Schw.
IV	Proportionalität von LC und ω Proportionalität von RL und β Bewertung der Grenzen des Sensors	Untersuchen des Schwingkreises Optimieren des Schwingkreises
V	Schwingung math. beschreiben β und ω bestimmen	Aufstellen und Lösen der DGL Quantifizierung der Messerwerte

Weitere und ausführlichere Informationen sind in der von Niklas Westermann 2021 an der Universität Konstanz angefertigten Staatsexamensarbeit zu finden.

Teil I:**Hinweis(e) zum Einscannen**

Starte eine Messung, in dem du auf das Play-Symbol drückst. Mit dem Pause-Symbol kannst du die Messung anhalten, mit dem Mülleimer-Symbol die Messung löschen. Mit zwei Fingern kannst du die Anzeige der Messwerte vergrößern.

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 4: Die z-Achse geht meistens nach oben, x- und y-Achse sind Smartphoneabhängig. Der Ort kann mit einem magnetisierten Nagel gefunden werden. Als Eigenschaft ist zusätzlich noch die Sättigung ab einer bestimmten Feldstärke zu nennen.

Hinweis(e) zum Einscannen

Das kannst du zum Beispiel mit einem Magneten machen und die maximale Stärke des Magneten messen. Was passiert wenn du den Magneten umdrehst? Welche räumliche Ausrichtung hat der Sensor im Smartphone? Wo genau ist der Sensor im Smartphone? Den Ort kannst du mithilfe eines magnetisierten Nagels bestimmen. Trage die Achsen und den Ort in die Skizze in. Wie groß ist das Erdmagnetfeld? Gibt der Sensor die richtige Größe an? Wie oft misst der Sensor pro Sekunde?

Hinweis(e) zum Einscannen

Du kannst zum Beispiel einen Magneten, eine Spule oder das Erdmagnetfeld für die Experimente verwenden.

Messen kannst du zum Beispiel das Magnetfeld einer Spule bei verschiedenen starken Stromstärken oder die Stärke des Magnetfeldes in Abhängigkeit vom Abstand des Sensors.

Teil II - Aufbau über Schaltkreis**Hinweis(e) zum Einscannen**

Suche dir passende Kondensatoren und Spulen aus, mit denen du eine gut erkennbare Schwingung aufnehmen kannst.

Hinweis(e) zum Einscannen

Du kannst das Magnetfeld der Spule mit deinem Smartphone messen.

Teil II - Aufbau über Graphen**Hinweis(e) zum Einscannen**

Materialliste: Spulen, Kondensatoren, Widerstände, Kabel, Smartphone

Hinweis(e) zum Einscannen

Du kannst den Magnetsensor deines Smartphones verwenden um das Magnetfeld der Spule zu messen.

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 1: Der gezeigte Graph ist mit einer Spule mit 30 mH , 0.17Ω und einem Kondensator mit $10\,000 \mu\text{F}$ aufgenommen. Parameter können zum Beispiel die Frequenz und die Dämpfung sein.

Teil II - Aufbau über Recherche**Hinweis(e) zum Einscannen**

Du kannst den Magnetsensor deines Smartphones verwenden, um das Magnetfeld der Spule zu messen.

Teil III - Erklärung analog zur mech. Schwingung**Lösungsvorschlag der Tabelle:**

Federpendel	Schwingkreis
Die Gesamtenergie setzt sich aus Spannenergie und kinetischer Energie zusammen.	Die Gesamtenergie setzt sich aus elektrischer Energie im Kondensator und magnetischer Energie des Feldes in der Spule zusammen.
Die Feder speichert die Spannenergie.	Der Kondensator speichert die elektrische Energie.
Durch die Bewegung besitzt der Pendelkörper kinetische Energie.	Die magnetische Energie ist in der Spule gespeichert.
Durch das Spannen der Feder wird die nötige Energie für die Schwingung von außen zugeführt.	Durch das Laden des Kondensators wird die nötige Energie für die Schwingung...
Der Pendelkörper schwingt aufgrund seiner Trägheit über die Ruhelage hinaus, die Feder wird gespannt und gestaucht.	Ist der Kondensator entladen, bricht das Magnetfeld in der Spule zusammen. Dabei entsteht nach der Lenz'schen Regel eine Induktionsspannung, die den Kondensator mit umgekehrter Polarität wieder auflädt.

Teil III - Erklärung über eine Recherche

Der Text für eine Lösung kann einem beliebigen Physikbuch entnommen werden.

Hinweis(e) zum Einscannen

Du kannst dich an folgenden Leitfragen bei der Beantwortung orientieren:

- Welche Bauteile werden verwendet?
- Wie verändert sich das Vorzeichen der Stromstärke an einem bestimmten Punkt im Zeitverlauf?
- Von welcher im Versuch variablen Größe ist das Magnetfeld der Spule abhängig?
- Wie wird Energie in den Bauteilen gespeichert?
- Wie werden die Energieformen ineinander umgewandelt?
- Wie lautet die Formel für die Gesamtenergie?

Teil IV - Optimieren

Diese Aufgabe ist so offen gestellt, dass die SuS fast alles machen können. Vorstellbar ist die Optimierung hin zu einer möglichst geringen Dämpfung oder der höchsten Frequenz die aufgenommen werden kann.

Teil IV - Untersuchen

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 1: Die Frequenz hängt von der Kapazität und der Induktivität ab, die Dämpfung vom Widerstand und der Induktivität.

Hinweis(e) zum Einscannen

Von welchen Parametern hängt die Frequenz ab?

Von welchen Parametern hängt die Stärke der Dämpfung ab?

Teil V - Differentialgleichung

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 1: Die Spannungen ergeben:

$$0 = U_L + U_C = L \frac{dI(t)}{dt} + \frac{1}{L} Q(t) = \ddot{Q}(t) + \frac{1}{LC} Q(t) \quad (1)$$

und damit:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad Q(t) = a \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (2)$$

Hinweis(e) zum Einscannen

Die Differentialgleichung ergibt sich aus der Summe der Spannungen an den Bauteilen.

Hinweis(e) zum Einscannen

Der Ansatz für die Lösung der Differentialgleichung ist eine Trigonometrische Funktion.

Teil V - Quantifizierung

Hier ist das Ergebnis, dass die gemessenen Werten von denen der Formel mehr oder weniger deutlich abweichen. Die Dämpfung kann mithilfe der Maxima, bzw. des natürlichen Logarithmus bestimmt werden. Die (Kreis-) Frequenz wie üblich über die Periodendauer.

Zu Beginn des Projektes sollst du die App *phyphox* kennen lernen und dich damit vertraut machen Magnetfelder zu messen.

Materialien: Smartphone, Nagel, Magnet, Spulen, Batterie, Widerstände.

Aufgabe 1

Installiere die App *phyphox* auf deinem Smartphone.

Aufgabe 2

Öffne die App und öffne anschließend den Versuch *Magnetfeld* in der App.

Aufgabe 3

Starte eine Messung und schreibe auf, was die einzelnen Symbole zur Steuerung der Messung bedeuten. Mache dich außerdem mit der Darstellung der Graphen vertraut.

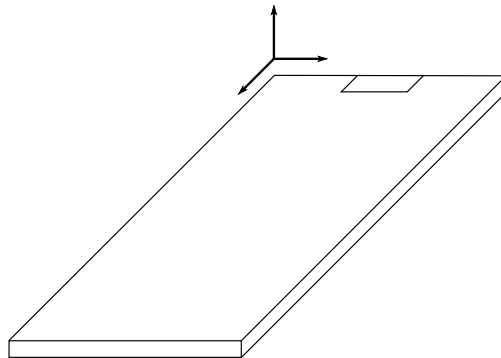


Hinweis(e) zum Einscannen



Aufgabe 4

Finde nun möglichst viele Eigenschaften des Magnetsensors heraus und ergänze dessen Ort und Achsenbeschriftung in der Skizze. Notiere die Eigenschaften unten.

**Hinweis(e) zum Einscannen**

Aufgabe 5

Überlege dir selbst Experimente, bei denen du mit dem Sensor ein Magnetfeld misst und führe sie durch. Beschreibe im Textfeld den Versuchsaufbau und die Ergebnisse.

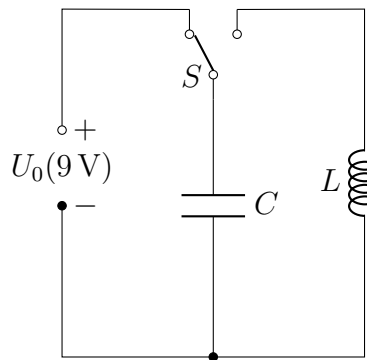
Hinweis(e) zum Einscannen

In diesem Experiment sollst du einen Schwingkreis mit einem gegebenen Schaltplan aufbauen.

Materialien: Spule, Kondensator, Schalter, Batterie, Kabel, Smartphone.

Aufgabe 1

Unten siehst du den Schaltplan eines elektromagnetischen Schwingkreises. Baue die Schaltung auf und miss anschließend eine Schwingung, fertige eine Skizze an.



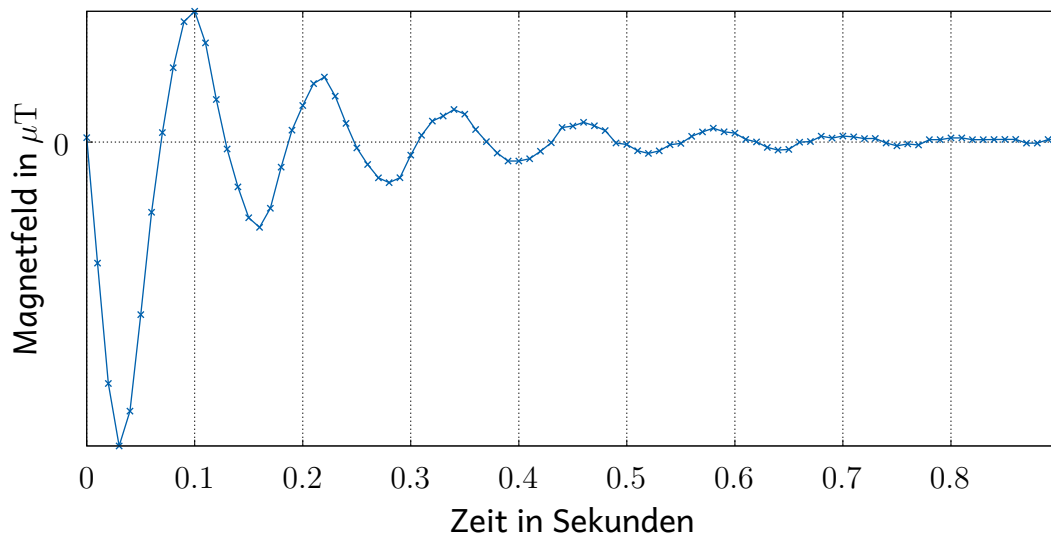
Hinweis(e) zum Einscannen



In diesem Experiment sollst du den Graphen einer magnetischen Schwingung reproduzieren..

Aufgabe 1

Baue eine elektrische Schaltung auf, an der du den unten gezeigten Graphen reproduzieren kannst. Notiere vorher, welche Parameter des Graphen entscheidend sind.



Hinweis(e) zum Einscannen



In diesem Experiment sollst du einen Schwingkreis aufbauen und dafür eine Recherche durchführen.

Aufgabe 1

Baue einen elektromagnetischen Schwingkreis auf. Du kannst die Quelle für den Bauplan selber wählen (zum Beispiel dein Physikbuch oder das Internet). Passende Materialien wurden bereit gelegt.

Zusatz-Aufgabe

Mit dem Smartphone kannst du die Schwingung messen. Stelle eine Hypothese auf, wie diese Schwingung aussieht.

Aufgabe 2

Miss die Schwingung des Schwingkreises und fertige eine Skizze der Messung an.

Hinweis(e) zum Einscannen



Zusatz-Aufgabe

Kannst du deine Hypothese bestätigen? Warum?

Nachdem du einen Schwingkreis aufgebaut hast, sollst du nun die Abläufe innerhalb des Schwingkreises mithilfe einer Recherche erklären.

Aufgabe 1

Beschreibe die Funktionsweise des elektromagnetischen Schwingkreises in eigenen Worten. Um eine Erklärung zu finden, kannst du eine beliebige Quelle auswählen. Notiere das Ergebnis unten.

Hinweis(e) zum Einscannen



Nachdem du einen Schwingkreis aufgebaut hast, sollst du nun die Abläufe innerhalb des Schwingkreises analog zur mechanischen Schwingung erklären.

Aufgabe 1

Beschreibe die Funktionsweise des elektromagnetischen Schwingkreises in eigenen Worten. Vergleiche sie dazu mit der Schwingung eines Federpendels.

Hinweis

Die folgende Tabelle zum Ausfüllen kann dir bei der Lösung helfen:

Federpendel	Schwingkreis
Die Gesamtenergie setzt sich aus Spannenergie und kinetischer Energie zusammen.	
Die Feder speichert die Spannenergie.	Der Kondensator speichert die elektrische Energie.
Durch die Bewegung besitzt der Pendelkörper kinetische Energie.	
Durch das Spannen der Feder wird die nötige Energie für die Schwingung von außen zugeführt.	
Der Pendelkörper schwingt aufgrund seiner Trägheit über die Ruhelage hinaus, die Feder wird gespannt und gestaucht.	



Nachdem du einen Schwingkreis aufgebaut und anschließend die Funktionsweise erklärt hast, sollst du nun etwas über die Eigenschaften herausfinden.

Aufgabe 1

Untersuche die Eigenschaften eines Schwingkreises und bestimme deren Parameter. Notiere welche Eigenschaften du untersuchen möchtest und notiere nach dem Untersuchen die Parameter der Eigenschaften.

Hinweis(e) zum Einscannen



Nachdem du einen Schwingkreis aufgebaut und anschließend die Funktionsweise erklärt hast, sollst du nun etwas über die Eigenschaften herausfinden und den Schwingkreis mit vorhandenen Materialien optimieren.

Aufgabe 1

Optimiere den Schwingkreis. Schreibe vorher auf, an welchen Stellen du den Schwingkreis optimieren möchtest.



Zusatz-Aufgabe

Recherchiere die Formel für die Frequenz der Schwingung und vergleiche sie mit den aufgenommenen Werten. Gibt es einen Unterschied und, wenn ja, warum?

Zum Schluss kannst du die Differentialgleichung der Schwingung aufstellen und lösen.
Damit hast du die mathematische Lösung des Schwingkreises gefunden.

Aufgabe 1

Stelle die Differenzialgleichung für den elektromagnetischen Schwingkreis ohne Widerstand auf und löse sie.

Hinweis(e) zum Einscannen**Hinweis(e) zum Einscannen**

Zum Schluss kannst du die aufgenommenen Messdaten mit den Angaben der Bauteile vergleichen.

Aufgabe 1

Die Formel für das Magnetfeld einer Spule bei der Schwingung des Schwingkreises ist (Der Schwingkreis wird bei dieser Formel durch einen Widerstand R gedämpft):

$$B(t) = A \cdot e^{-\beta \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\beta = \frac{R}{2L} \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

R ist der Widerstand in Ω , L die Induktivität der Spule in H und C die Kapazität des Kondensators in F. A ist die Amplitude der Schwingung und kann nicht angegeben werden.

Führe eine Messung durch und vergleiche die theoretischen Werte von ω und β mit denen, die sich aus der Messung ergeben. Notiere deine Ergebnisse.

Zusatz-Aufgabe

Woran könnte die Abweichung der gemessenen Werte im Vergleich zu den theoretischen Werten liegen?