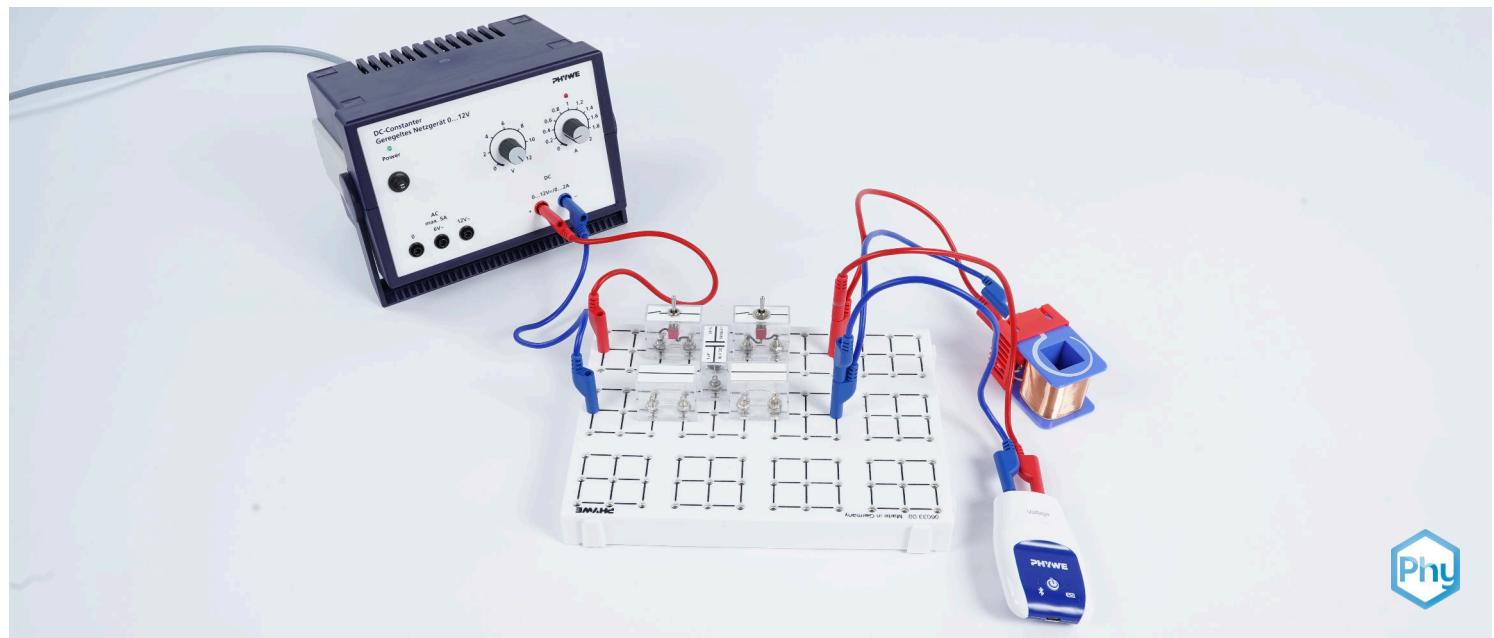


Gedämpfte elektromagnetische Schwingung mit Cobra SMARTsense



Physik

Elektrizität & Magnetismus

Elektromagnet. Schwingungen & Wellen



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

Diese Inhalte finden Sie auch online unter:

<https://www.curriculab.de/c/67adac7e0670ee0002b012b6>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Elektromagnetische Schwingkreise sind essenziell für zahlreiche technische Anwendungen. Sie bestehen typischerweise aus einer Spule und einem Kondensator, die gemeinsam ein schwingungsfähiges System bilden. Die Frequenz dieser Schwingung ist abhängig von der Induktivität und Kapazität der beiden Bauteile.

In realen Systemen tritt zusätzlich ein Energieverlust aufgrund des Widerstandes der beteiligten Bauteile auf, weswegen die Schwingung aklingt. In diesem Versuch sollen die Schüler erlernen, in welchem Maße die Eigenschaften der Bauteile die Periodendauer der Schwingung beeinflusst und wie die Dämpfung der Schwingung charakterisiert ist.

Theorie I

Um zu verstehen, warum ein Kondensator und eine Spule einen Schwingkreis ergeben, muss man sich die Eigenschaften der beiden Bauteile ins Gedächtnis rufen. Die Spannung an einem sich entladenden Kondensator der Kapazität C ist gegeben durch $U_C = Q/C$, wobei Q die Ladung ist. Fließt ein Strom $I = \dot{Q}$ durch eine Spule, erzeugt dieser eine Selbstinduktionsspannung $U_L = L \cdot \dot{I}$. Um nun den elektromagnetischen Schwingkreis zu beschreiben, müssen beide Gleichungen noch korrekt verbunden werden. Dabei hilft die Maschenregel: Diese Regel besagt, dass die Summe aller Teilspannungen einer Masche gleich Null ist, wenn die Vorzeichen berücksichtigt werden. Zusammen ergibt sich also:

$$\frac{Q}{C} + LI' = \frac{Q}{C} + L\ddot{Q} = 0 \Leftrightarrow \ddot{Q} = -\frac{1}{LC}Q$$

Diese Differentialgleichung wird gelöst durch eine Sinus oder Kosinus-Funktion der Art $Q(t) = Q_0 \sin \omega_0 t$, mit der Eigenfrequenz $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$. Die Frequenz ist also antiproportional zu der Induktivität und der Kapazität. Weil die Periodendauer τ ebenfalls antiproportional zur Frequenz ist, gilt also $\tau \propto \sqrt{LC}$

Theorie II

Diese Herleitung zeigt zwar die Schwingung des Schaltkreises, berücksichtigt jedoch nicht den Widerstand, der in jedem realistischen Szenario auftritt. Um diesen zu berücksichtigen, wird die Gleichung für die Spannung an einem Widerstand $U_R = RI$ in die Maschenregel hinzugefügt. Er wird also in Reihe geschaltet mit den anderen Bauteilen. So ergibt sich:

$$\frac{Q}{C} + R\dot{Q} + L\ddot{Q} = 0$$

Diese Gleichung hat die Lösung (wobei auch eine Kosinusfunktion die Gleichung löst):

$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{R}{2L}t} \sin(\omega_0 t), \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Die Ladung - und damit der Strom - schwingt also, aber nimmt mit der Zeit exponentiell ab. Auch die Eigenfrequenz hat sich verändert. Damit eine gedämpfte Schwingung sichtbar ist, muss der Radikant positiv sein, also $R < 2\sqrt{LC}$ gelten.

Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten mit den Konzepten der Selbstinduktivität von Spulen und der Kapazität von Kondensatoren bekannt sein. Sie sollten wissen, was ein Widerstand ist und dass eine Reihenschaltung aus Kondensator und Spule einen elektromagnetischen Schwingkreis bildet. Für die theoretische Herleitung ist die Maschenregel, sowie ein mathematisches Verständnis von Differentialgleichungen notwendig, die Herleitung ist für den Versuch allerdings optional.

Prinzip



Ein Kondensator wird mit Hilfe eines Netzgerätes aufgeladen. Dann wird die Verbindung zum Netzgerät unterbrochen und der Kondensator über eine Spule entladen. Die Spannung an der Spule wird mit einem Cobra SmartSENSE Voltage gemessen und gespeichert. Dieser Ablauf wird für verschiedene Kapazitäten und jeweils für eine Spule mit und ohne Eisenkern wiederholt, um den Effekt dieser Änderung auf die Periodendauer der Schwingung zu erkennen. Anhand der Messungen kann außerdem erkannt werden, dass es sich um gedämpfte Schwingungen handelt, die aus dem Widerstand der Bauteile resultiert.

Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollen erlernen, dass ein Kondensator und eine Spule in Reihe geschaltet einen Schwingkreis bilden, der abklingt aufgrund des Widerstandes der Bauteile. Sie sollen erlernen, dass die Periodendauer proportional ist zu der Induktivität und der Kapazität.

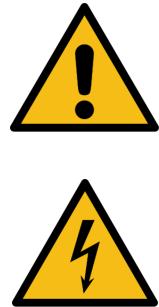
Aufgaben



1. Messen der Spannung in Abhängigkeit von der Zeit für $C = 1\mu F, 10\mu F$ und ohne Eisenkern in der Spule. Notieren der jeweiligen Periodendauer
2. Messen der Spannung in Abhängigkeit von der Zeit für $C = 1\mu F, 10\mu F$ und mit Eisenkern in der Spule. Notieren der jeweiligen Periodendauer

Sicherheitshinweise

PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE



Schülerinformationen

Motivation

PHYWE



Abb. 1 Versuchsaufbau

Ob in Radios, Smartphones oder drahtlosen Ladegeräten – elektromagnetische Schwingkreise sind eine zentrale Grundlage moderner Technik. Sie bestehen aus einer Spule und einem Kondensator, die zusammen eine elektrische Schwingung erzeugen, ähnlich wie eine Schaukel, die hin und her schwingt.

Dabei wird Energie zwischen elektrischem und magnetischem Feld ausgetauscht. In einem einfachen Experiment lässt sich beobachten, wie diese Schwingungen entstehen, welche Faktoren ihre Frequenz bestimmen und wie sie sich mit der Zeit verhalten.

Aufgaben

PHYWE



Versuchsaufbau

1. Baue den Schaltkreis auf
2. Messe die Spannung an der Spule, während der Kondensator sich entlädt, für unterschiedliche Kondensatoren. Notiere jedes Mal die Periodendauer der Schwingung.
3. Wiederhole Schritt 2, nutze jedoch eine Spule mit Eisenkern.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Steckplatte mit 4-mm-Buchsen	06033-00	1
2	PHYWE Netzgerät, RiSU 2023 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1
3	Verbindungsleitung, 25 cm, 19 A, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07313-04	3
4	Verbindungsleitung, 25 cm, 19 A, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07313-01	3
5	Cobra SMARTsense Voltage - Sensor zur Messung von elektrischer Spannung ± 30 V (Bluetooth + USB)	12901-01	1
6	Spule, 1600 Windungen	07830-01	1
7	Schüler - Eisenkern, U-förmig, geblättert	07832-00	1
8	Leitungsbaustein, Gehäuse G1	39120-00	2
9	Ausschalter, Gehäuse G1	39139-00	2
10	Kondensator 10 μ F, bipolar, Gehäuse G1	39105-52	1
11	measureAPP - die kostenlose Mess-Software für alle Endgeräte	14581-61	1
12	Kondensator 1 nF/100 V, Gehäuse G1	39105-10	1

Aufbau (1/2)

PHYWE

Zur Messung mit den **Cobra SMARTsense Sensoren** wird die **PHYWE measureAPP** benötigt. Die App kann kostenfrei im jeweiligen App Store (QR-Codes siehe unten) heruntergeladen werden. Bitte überprüfe vor dem Starten der App, ob auf deinem Gerät (Smartphone, Tablet, Desktop-PC) **Bluetooth aktiviert** ist.



iOS



Android



Windows

Aufbau (2/2)

PHYWE

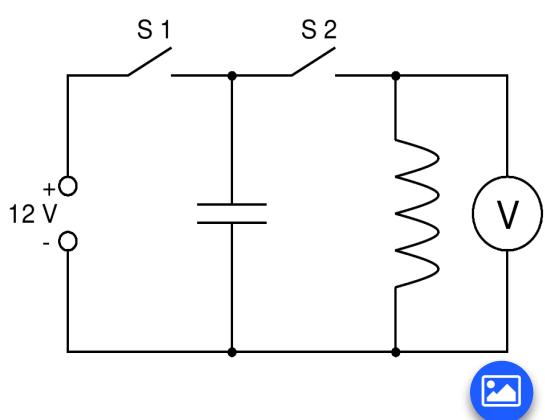


Abb. 2 Schaltplan des Versuchs

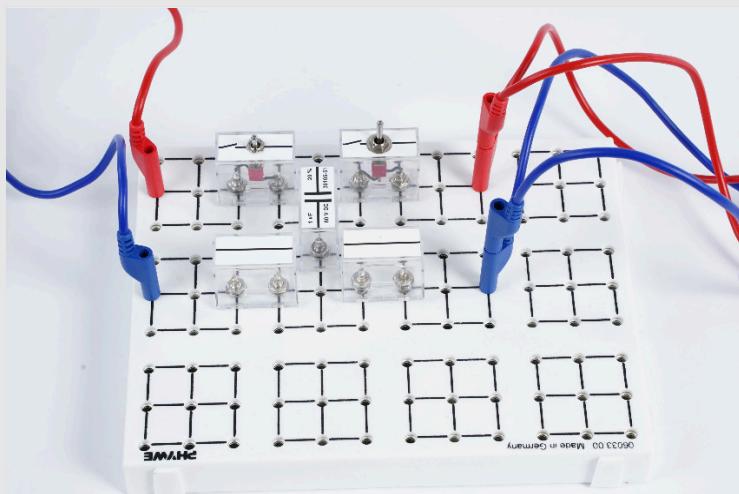
Baue den Versuch gemäß dem Schaltplan auf, der auf der linken Seite abgebildet ist. Wenn du auf den Button drückst, siehst du auch den aufgebauten Versuch. Nutze die Spule mit 1600 Windungen ohne Eisenkern und einen Kondensator mit der Kapazität $10\mu F$

Verwende als Voltmeter den Cobra SmartSENSE Voltage und schalte diesen an, indem du drei Sekunden lang auf den Ein/Aus-Knopf drückst.

Öffne die measure App und verbinde dich mit dem Voltmeter. Stelle eine Messfrequenz von 10 000Hz ein.

Durchführung (1/3)

PHYWE



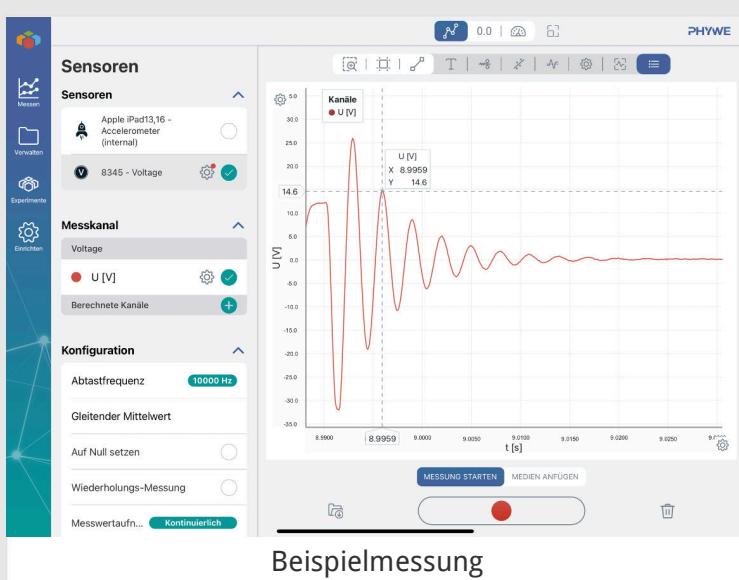
Laden des Kondensators

Öffne die Schalter S1 und S2, so dass kein Strom fließt. Schalte das Netzgerät ein und stelle es auf eine Spannung von 12V und eine Stromstärke von maximal 0.2 A. Schließe den Schalter S1, um den Kondensator zu laden.

Starte eine Messung in der measure App. Öffne nun den Schalter S1 und schließe danach den Schalter S2, so dass sich der Kondensator über die Spule entlädt und kein Strom von dem Netzgerät durchkommt. Stoppe und speichere die Messung.

Durchführung (2/3)

PHYWE



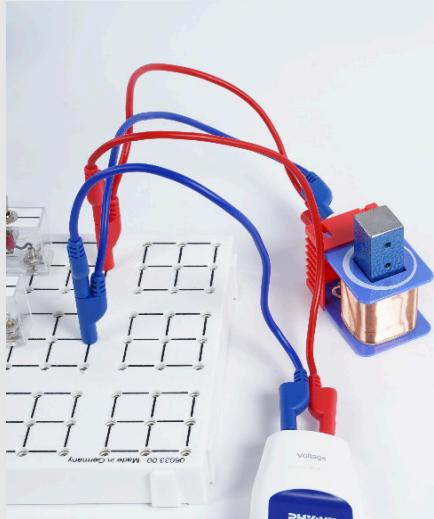
Beispielmessung

Nutze die Zoom-Funktion, um den Entladevorgang genauer beobachten zu können. Eine Beispielmessung siehst du auf der linken Seite. Sie sollte eine Schwingung darstellen. Die Periodendauer kannst du ablesen, indem du den zeitlichen Abstand zwischen zwei Maxima nimmst. Am einfachsten liest du Funktionswerte ab, indem du mit deinem Finger unterhalb der Funktion entlangfährst. Dann werden die entsprechenden Funktionswerte so angezeigt, wie auf dem Bild links.

Notiere die Periodendauer zusammen mit zwei Informationen: Der Kapazität des Kondensators und dem Kern der Spule - in diesem Fall also kein Kern.

Durchführung (3/3)

PHYWE



Versuchsaufbau mit einer Spule mit Eisenkern

Schalte das Netzgerät aus. Wiederhole die Messung nun für die selbe Spule, jedoch mit einem $1\mu F$ -Kondensator und notiere wieder die Periodendauer zusammen mit den Informationen.

Schließlich führe wieder zwei Messungen durch, einmal für einen $1\mu F$ -Kondensator und einmal für einen $10\mu F$ -Kondensator, schiebe jedoch vorher den Eisenkern in die Spule. Notiere auch hier die jeweilige Periodendauer.

Achte darauf, dass du das Netzgerät ausschaltest, bevor du die Bauteile wechselst!

PHYWE



Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Wie verhält sich die Periodendauer zu der Induktivität L der Spule und der Kapazität C des Kondensators?

- Die Periodendauer ist proportional zu der Induktivität
- Die Periodendauer ist antiproportional zu der Induktivität
- Die Periodendauer ist proportional zu der Kapazität
- Die Periodendauer ist antiproportional zu der Kapazität
- Die Periodendauer hängt nicht von der Kapazität ab

Überprüfen

Aufgabe 2

PHYWE

Wie verhält sich Schwingung mit der Zeit?

- Die Schwingung bleibt die Zeit über unverändert
- Die Schwingung klingt exponentiell ab.
- Die Schwingung klingt linear ab
- Die Schwingung wird immer größer.

Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Während der Kondensator sich entlädt, fließt Strom durch die Spule und es baut sich ein [leeres Feld] an der Spule auf. Dieses Magnetfeld induziert wiederherum eine Spannung in der Spule. Der induzierte Strom fließt wieder zu dem Kondensator und lädt diesen auf. Wenn die [leeres Feld] weitestgehend abgeschlossen ist, [leeres Feld] sich der Kondensator und der Kreislauf geht wieder von vorne los. So entsteht die elektromagnetische Schwingung.
In den Messungen sieht man jedoch auch, dass die Schwingung [leeres Feld] abfällt. Das liegt daran, dass Energie verloren geht, weil sie an den Bauteilen in [leeres Feld] umgewandelt wird. Hätte man ideale, widerstandsfreie Bauteile, würde die Schwingung für immer weiter gehen.

- exponentiell
- Magnetfeld
- Wärme
- Selbstinduktion
- linear
- entlädt

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 18: Unbenannt: Multiple Choice

0/2

Folie 19: Sed diam voluptua

0/1

Folie 20: Unbenannt: Drag the Words

0/6

Gesamtsumme

0/9

[Lösungen](#)[Wiederholen](#)

12/12