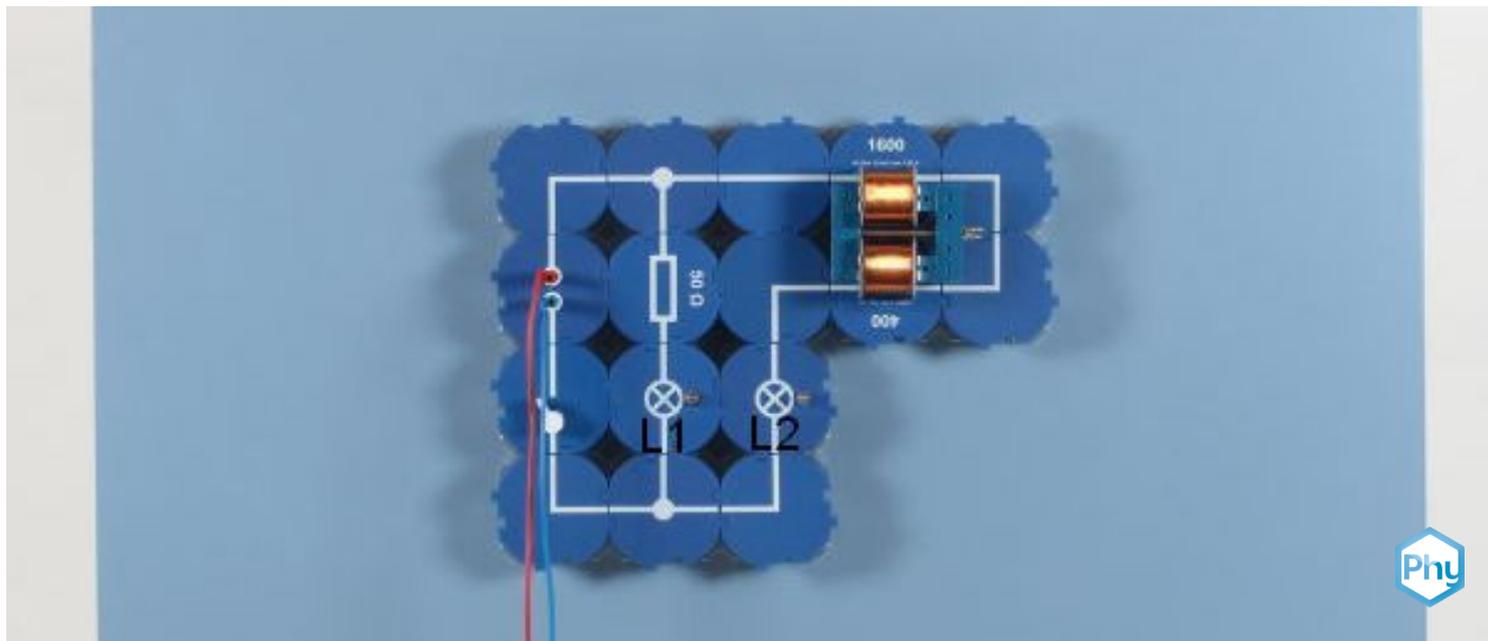


Die Spule im Wechselstromkreis



P1400100 - In diesem Versuch wird demonstriert, dass eine Spule im Wechselstromkreis neben dem ohmschen Widerstand ihre Drahtwicklung einen zusätzlichen Widerstand besitzt, der durch einen variablen eisernen Spulenkern in starkem Maße verändert werden kann.

Physik

Elektrizität & Magnetismus

Elektromagnetismus & Induktion



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/640d8f62628da80002051644>

PHYWE

Allgemeine Informationen



Anwendung

PHYWE



Induktionsherd

Stromdurchflossene Spulen besitzen ein Magnetfeld. Sie können als induktiver Widerstand in Wechselstromschaltungen genutzt werden.

Im Wechselstromkreis hat eine Spule zusätzlich zu ihrem Gleichstromwiderstand einen Widerstand, den man als induktiven Widerstand bezeichnet, denn er wird dadurch verursacht, dass durch den periodischen Auf- und Abbau eines Magnetfeldes in der Spule eine Selbstinduktionsspannung entsteht, die der angelegten Wechselspannung nach dem lenzschen Gesetz entgegen wirkt und somit die Stromstärke herabsetzt.

Sonstige Informationen (1/3)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten wissen, dass in einer Spule im Gleichstromkreis eine Selbstinduktionsspannung erzeugt wird, wenn man den Stromkreis schließt oder unterbricht. Sie sollten außerdem wissen, welche Richtung die Selbstinduktionsspannung aufweist.

Prinzip



Durch die Selbstinduktion der Spule wird ein Wechselstromwiderstand erzeugt.

Sonstige Informationen (2/3)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollen anhand des Versuchs erkennen, dass Spulen als induktiver Widerstand in Wechselstromschaltungen genutzt werden können.

Aufgaben



Demonstriere, dass eine Spule im Wechselstromkreis neben dem ohmschen Widerstand ihre Drahtwicklung einen zusätzlichen Widerstand besitzt, der durch einen variablen eisernen Spulenkern in starkem Maße verändert werden kann.

Sonstige Informationen (3/3)

PHYWE

Der „zusätzliche“ Widerstand, den eine Spule im Wechselstromkreis hat, ergibt sich keinesfalls aus der Differenz von $R \sim$ und $R -$, wie die Schüler annehmen könnten. Denn dieser induktive Widerstand $X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L$ ist mit $R \sim$, dem Scheinwiderstand Z (Impedanz), durch die Beziehung

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}$$

verknüpft.

Den Widerstand im Gleichstromkreis (R) bezeichnet man im Unterschied zum induktiven Widerstand als ohmschen Widerstand. L ist die Induktivität der Spule, die in Henry (H) angegeben wird. Spulen mit Eisenkern, die die Aufgabe haben, bei technischen Einrichtungen den Strom zu begrenzen, heißen Drosselspulen. Sie werden z. B. beim Betrieb von Leuchtstoffröhren eingesetzt.

Sicherheitshinweise

PHYWE



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

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Hafttafel mit Gestell, Demo Physik	02150-00	1
2	Leitungs-Baustein, gerade, DB	09401-01	2
3	Leitungs-Baustein, winklig, DB	09401-02	6
4	Leitungs-Baustein, T-förmig, DB	09401-03	2
5	Leitungs-Baustein, unterbrochen, DB	09401-04	2
6	Ausschalter, DB	09402-01	1
7	Lampenfassung E10, DB	09404-00	2
8	Widerstand 50 Ohm, DB	09412-50	1
9	Spule 400 Windungen, DB	09472-01	1
10	Spule 1600 Windungen, DB	09472-02	1
11	Schüler - Eisenkern, U-förmig, geblättert	07832-00	1
12	Schüler - Eisenkern, I-förmig, geblättert	07833-00	1
13	Spannschraube für Schüler - Eisenkern	07834-00	1
14	Verbindungsleitung, 32 A, 1000 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07363-01	2
15	Verbindungsleitung, 32 A, 1000 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07363-04	2
16	PHYWE Netzgerät, universal mit Analoganzeige, RiSU 2019 konform, DC: 18 V, 5 A / AC: 15 V, 5 A	13503-93	1
17	PHYWE Demo-Multimeter ADM 3: Strom, Spannung, Widerstand, Temperatur	13840-00	1
18	Elektrische Symbole für Demo-Tafel, 12 Stück	02154-03	1
19	Glühlampen 4 V/0,04 A/0,16 W, Sockel E10 Set mit 10 Stück	06154-03	1
20	Schraubzwinde	02014-00	2

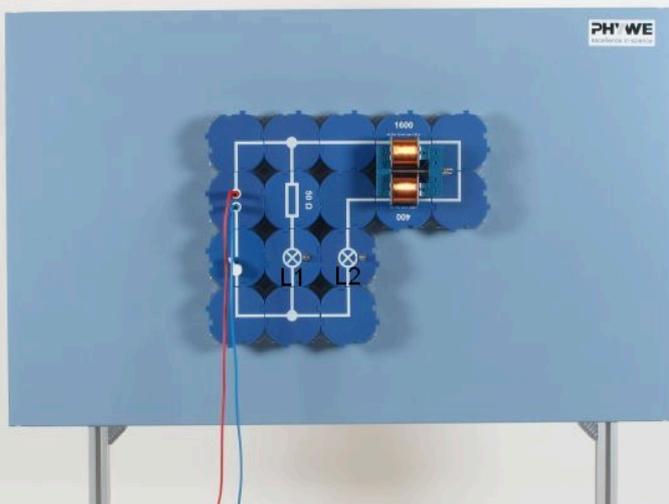
PHYWE

Aufbau und Durchführung



Aufbau

PHYWE



- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung links auf.
- Schalte bei geöffnetem Schalter das Netzgerät ein und lege eine Gleichspannung von 12 V an.

Durchführung (1/3)

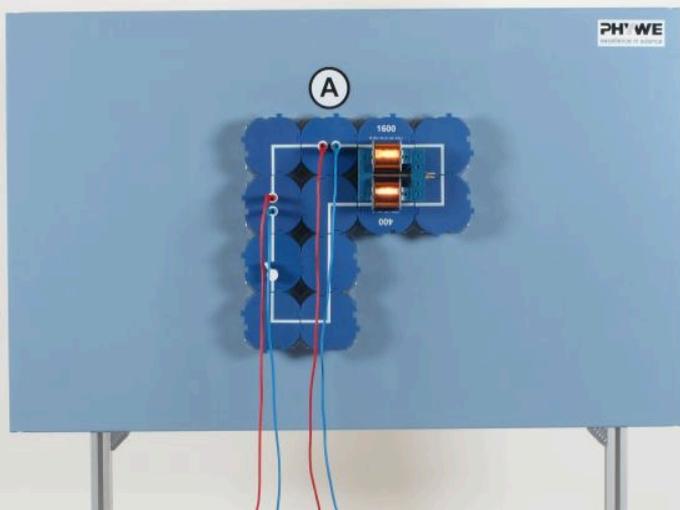
PHYWE

- Schließe den Stromkreis und beobachte und vergleiche die Helligkeit der Glühlampen $L1$ und $L2$ (1).
- Schließe und öffne den Stromkreis in schneller werdender Folge. Beobachte dabei jeweils die Glühlampen (2).



Durchführung (2/3)

PHYWE



- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung links um.
- Stelle den Messbereich auf 10 mA ein.

Durchführung (3/3)

PHYWE

- Schalte bei geöffnetem Schalter das Netzgerät ein und lege eine Wechselspannung von 4 V an.
- Schließe den Stromkreis, messe die Stromstärke und trage die Werte in eine Tabelle ein.
- Ersetze die Spule mit 400 Wdg. durch den zweiten Baustein mit gerader Leitung. Messe die Stromstärke für die Spule mit 1600 Wdg. und geschlossenem Eisenkern und notiere dir den Messwert.
- Schalte den Messbereich auf 100 mA ~ um, ersetze die Spule mit 1600 Wdg. durch Spule mit 400 Wdg. und messe wieder die Stromstärke und notiere sie.
- Stelle nun einen Messbereich von 1 A ~ ein, entferne das Joch des Eisenkerns, messe die Stromstärke und notiere sie.
- Entferne nun den U-Kern und schiebe das Joch in die Spule, messe die Stromstärke und notiere sie.
- Stelle nun einen Messbereich von 3 A ~ ein, entferne das Joch, messe die Stromstärke und notiere sie.

PHYWE



Beobachtung und Auswertung

Beobachtung

PHYWE

Spule mit	I/mA	$R\sim/\Omega$	R/Ω
1600 Wdg. /400 Wdg., U-Kern und Joch	2,7	1480	48
1600 Wdg., U-Kern und Joch	4,1	976	45
400 Wdg., U-Kern und Joch	40	100	3
400 Wdg. und U-Kern	450	8,9	3
400 Wdg. und Joch	700	5,7	3
400 Wdg., ohne Eisenkern	1350	3,0	3

Tabelle 1

Es konnte folgendes beobachtet werden:

(1) Beide Glühlampen leuchten gleich hell.

(2) Die Glühlampe $L1$ leuchtet immer gleich hell auf, aber die Glühlampe $L2$ leuchtet umso schwächer auf, je größer die Schaltfrequenz wird.

Auswertung (1/2)

PHYWE



Aus dem 1. Versuch ergibt sich, dass der Widerstand im Zweig mit der Spule umso größer ist desto höher die Schaltfrequenz ist. Der Widerstand im anderen Zweig ist von der Schaltfrequenz unabhängig.

Mit den Messwerten aus dem 2. Versuch ergeben sich die Widerstandswerte, die die Spulen im Wechselstromkreis jeweils besitzen (vgl. Tabelle, Spalte 3). Man erkennt, dass der Widerstandswert umso größer ist desto je größer die Windungszahl ist. Weiterhin ist er vom Spulenkern abhängig und am größten, wenn dieser geschlossen ist.

Die auf den Spulen aufgedruckten Widerstandswerte, die diese im Gleichstromkreis besitzen, sind in Tabelle, Spalte 4, angegeben. Der Vergleich der $R\sim$ mit den jeweiligen R - ergibt, dass $R\sim$ stets größer als R - ist.

Auswertung (2/2)

PHYWE

Im Wechselstromkreis hat eine Spule also zusätzlich zu ihrem Gleichstromwiderstand einen Widerstand, den man als induktiven Widerstand bezeichnet. Denn er wird dadurch verursacht, dass durch den periodischen Auf- und Abbau eines Magnetfeldes in der Spule eine Selbstinduktionsspannung entsteht, die der angelegten Wechselspannung nach dem Lenzschen Gesetz entgegen wirkt und somit die Stromstärke herabsetzt.

Insgesamt ergibt sich: Eine Spule hat im Wechselstromkreis neben dem ohmschen Widerstand einen induktiven, der von der Frequenz des Wechselstromes, von der Windungszahl der Spule und von deren Kern abhängig ist.

