Finale (DE)

29.03.2025

Anweisungen:

- Schreiben Sie Ihren vollständigen Namen und den Ihrer Schule auf jede Seite.
- Geben Sie deutlich an auf welche Frage Sie antworten.
- Erklären Sie Ihre Vorgehensweise und Zwischenrechnungen.
- Die Seiten sind zu nummerieren.

Formelsammlung

Kinematik (GGBB)
$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$

$v = at + v_0$

$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

Kräfte
$F = ma$

$F_f \leq \mu N$

Arbeit, Energie, Leistung
$W = Fd\cos\theta$

$E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2$

$E_{pes} = mgh$

$E_{el} = \frac{1}{2}kx^2$

$P = \frac{W}{t} = Fv$

Impuls
$p = mv$

$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

Kalorimetrie
$Q = mc\Delta\theta$

$Q = mL$

Ideales Gas
$p = \frac{F}{A}$

$pV = nRT = Nk_BT$

$E_K = \frac{3}{2}k_BT$

Schwingungen und Wellen
$T = \frac{1}{f}$

$c = f\lambda$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Elektrizität
$I = \frac{Q}{t}$

$F = k \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

$U = \frac{W}{q}$

$E = \frac{F}{q}$

$U = RI$

$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$

$\rho = \frac{RA}{L}$

Elektromagnetismus
$F = qvB\sin\theta$

$F = BIL\sin\theta$

Kreisbewegung
$v = \omega r$

$a = \frac{v^2}{r}$

Gravitation
$F = G\frac{mM}{r^2}$

$g = \frac{F}{m}$

Quantenphysik
$E = hf$

$\lambda = \frac{hc}{E}$

Optik
$n_1 \sin\alpha_1 = n_2 \sin\alpha_2$

$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$

Fall eines Magneten durch eine Spule

Ziel dieser praktischen Arbeit ist es, das Bremsen durch elektromagnetische Induktion experimentell zu untersuchen. Ein Neodym-Magnet fällt durch eine Spule in einem geschlossenen Stromkreis. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen den Versuchsaufbau und den zu erstellenden Stromkreis.

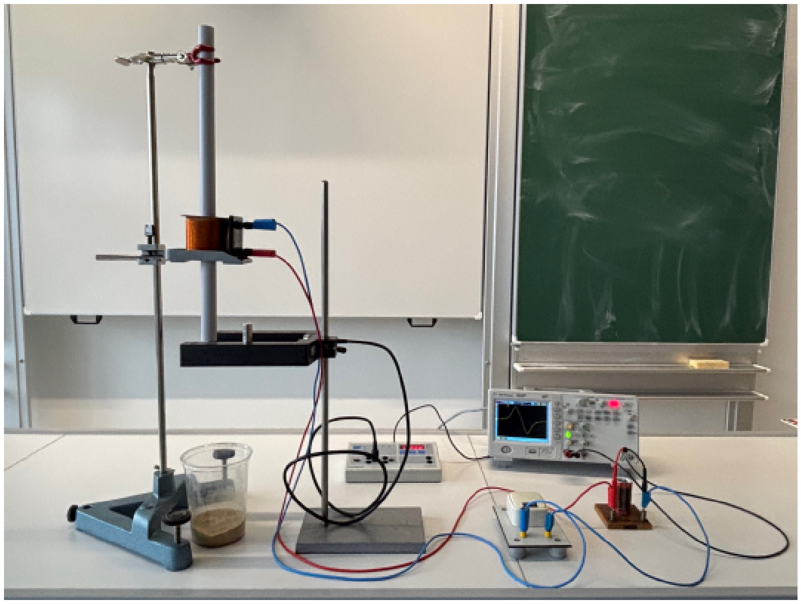

Abbildung 1

Material:

- Stativ
- Rohr mit einer Länge von 50 cm
- Klammer zum Halten des Rohrs
- Spule mit 600 Windungen und einem Innenwiderstand von $r = 2.5\,\Omega$
- Elektronischer Chronometer, der von einer Fotozelle gesteuert wird
- Magnet mit der Länge $L = 30\,\text{mm}$ und der Masse $m = 42.5\,\text{g}$
- Widerstand Wert $R = 1\,\Omega$ bis $R = 5\,\Omega$
- Kanal 1 eines Oszilloskops
- Topf mit Sand gefüllt, um den Fall des Magneten zu dämpfen
- Teslameter

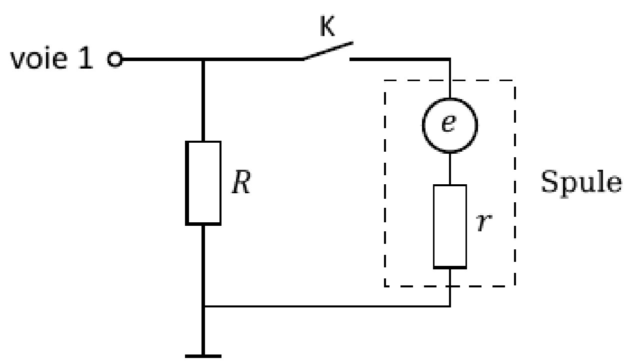

Abbildung 2

Der Fragebogen besteht aus drei Teilen: In Teil 1 bestimmen Sie mithilfe eines Teslameters das magnetische Moment des Magneten, der im Folgenden verwendet wird. Für die Teile 2 und 3 bauen Sie die in den Abbildungen 1 und 2 gezeigte Versuchsanordnung zusammen. Im Experiment wird der Magnet ohne Anfangsgeschwindigkeit vom oberen Ende der Röhre losgelassen. Der Magnet

gleitet durch die Spule in die Röhre und erzeugt eine elektromotorische Kraft e.
In Teil 2 bestimmen Sie die kinetische Energie des Magneten, indem Sie seine Geschwindigkeit am unteren Ende der Röhre mithilfe der Verschlusszeit der Zelle messen photoelektrische Energie und vergleichen Sie diese kinetische Energie mit dem Fall, dass der Magnet im freien Fall herunterfällt.
In den Teilen 2 und 3 untersuchen Sie die Spannung, die durch den Durchgang des Magneten in der Spule induziert wird. Die Spannung im Stromkreis in Abhängigkeit der Zeit wird mithilfe des Oszilloskops angezeigt.

1. Bestimmung des magnetischen Moments des Magneten **10 p.**

Das Magnetfeld eines magnetischen Dipols entlang der Achse O_z senkrecht zu seiner Oberfläche (siehe Abbildung 3), kann beschrieben werden durch

$$B_z = \frac{\mu_0 m}{2\pi z^3} \quad ,$$

wobei z der Abstand entlang der O_z Achse vom Zentrum des Dipols (in m) und m sein magnetisches Moment in Nm/T ist.

a) Messen Sie mit dem Teslameter B_z entlang der O_z Achse in Abständen zwischen 3 und 10 cm. Notieren Sie Ihre Ergebnisse in einer Tabelle. 3 p.

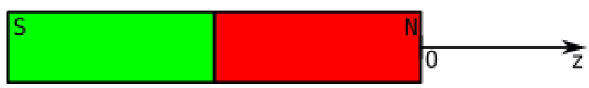

Abbildung 3

b) Stellen Sie B_z in Abhängigkeit von $\frac{1}{z^3}$ grafisch dar. 4 p.

c) Fügen Sie eine geeignete Regressionskurve hinzu (engl: fit) und leiten Sie daraus den Wert des magnetischen Moments in SI-Einheiten ab. 3 p.

2. Energieverlust des Magneten, der durch die Spule fällt **22 p.**

a) Zeige mithilfe einer Skizze, dass beim Durchgang des Magneten durch die Spule eine magnetische Kraft $\vec{F}_m$ auf den Magneten ausgeübt wird, deren Richtung der Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist. Um das Schema zu vereinfachen, kann die Spule als eine einzige Windung dargestellt werden. 3 p.

b) Es seien v_0 und v die Geschwindigkeiten des Magneten am unteren Ende der Röhre in dem Fall, dass der Schalter offen bzw. geschlossen. Sei ΔE_c die Differenz der entsprechenden kinetischen Energien:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v^2$$

Unter Berücksichtigung einer resultierenden Widerstandskraft (Reibungskraft zwischen dem Rohr und dem Magneten, Luftwiderstand) zeigen Sie, dass :

$$\Delta E_c = -W(\vec{F}_m)$$

Die Annahme, die es in diesem Experiment zu überprüfen gilt, ist, dass die Arbeit der magnetischen Kraft gleich der Wärme Q ist, die durch den Joule-Effekt in der elektrischen Schaltung abgeleitet wird:

$$W(\vec{F}_m) = -Q = -\int_0^t P \, dt \quad ,$$

wobei P die durch den Joule-Effekt abgeführte Leistung ist.
Zeigen Sie, dass die Wärme Q geschrieben wird:

$$Q = \frac{R+r}{R^2} \int_0^t u^2 \, dt \quad ,$$

wobei u die Spannung über dem Widerstand R ist, die auf Kanal 1 des Oszilloskops gemessen wurde. 5 p.

c) Messen Sie die Verschlußzeit, wenn der Schalter K geöffnet ist. Wiederholen Sie mindestens zweimal diese Messung und leiten daraus die Geschwindigkeit ab v_0. 2 p.

d) Die folgenden Messungen sind für sechs vertikale Positionen der Spule zu wiederholen.

Messen Sie die Verschlußzeit, wenn der Schalter K geschlossen ist. Wiederholen Sie mindestens zweimal diese Messung und leiten daraus die Geschwindigkeit v ab.

Wählen Sie auf dem Oszilloskop eine Zeitskala von 100 ms/div und eine Spannungsskala von 200 mV/div. Drücken Sie die STOP/HOLD-Taste des Oszilloskops unmittelbar nach dem Durchgang des Magneten durch die Spule. Zentrieren Sie das Oszillogramm neu und verkleinern Sie die Zeitskala auf 10 ms/div.

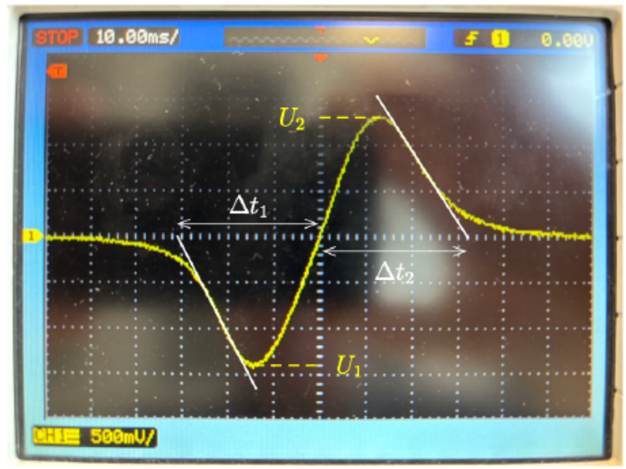

Abbildung 4

Messen Sie auf dem Bildschirm des Oszilloskops die Größen Δt_1, Δt_2, U_1 et U_2 wie in Abbildung 4 definiert. 6 p.

e) Das Integral $\int_0^t u^2 dt$ ist gleich der Fläche unter der blauen Kurve, die $u^2 = f(t)$. Es wird durch die Summe der Flächen A_1 und A_2 der Dreiecke, die in Abbildung 5 definiert sind, angenähert.
Verwenden Sie die Messungen aus der vorherigen Frage, um die Fläche der Dreiecke zu bestimmen. Es ist nicht notwendig, die blaue Kurve auf Ihrem Oszilloskop anzuzeigen.

Berechnen Sie für jede der Messungen die Werte für ΔE_c und Q.

Stellen Sie Q in Abhängigkeit von ΔE_c grafisch dar.

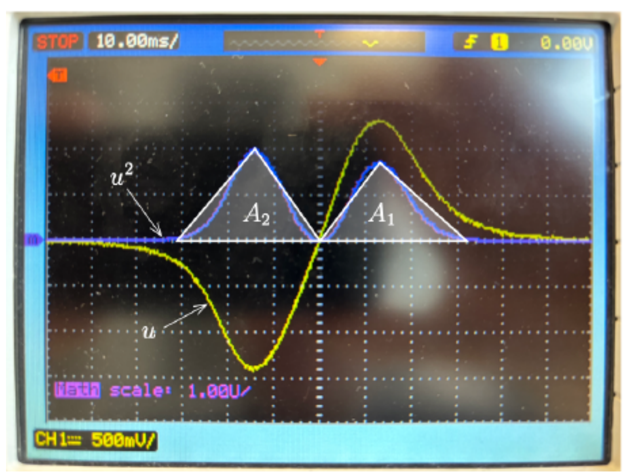

Abbildung 5

Zeigen Sie, dass diese beiden Größen proportional sind und interpretieren Sie den Proportionalitätskoeffizienten k. 6 p.

3. Bestimmung der Spitze der induzierten Spannung für eine reale Spule 8 p.

Eine ideale Flachspule wird als eine Spule betrachtet, bei der die Windungen unendlich komprimiert sind. Die räumliche Ausdehnung einer realen Spule, d. h. die Tatsache, dass die Windungen über eine bestimmte Länge gewickelt sind, kann sich jedoch auf die elektromotorische Kraft (EMK) e auswirken, die durch den Durchgang des Magneten induziert wird. Das Vorbeiziehen des Magneten bewirkt eine Änderung des magnetischen Flusses, was zu einer Spannung im Stromkreis führt.

Wenn man den fallenden Magneten als magnetischen Dipol mit dem magnetischen Moment m behandelt, kann man zeigen, dass die EMK an der Spule mit der Länge L und dem Radius a und mit N Windungen in Abhängigkeit von der Position z des Magneten und seiner Geschwindigkeit v beschrieben werden kann durch

$$e = -\frac{\mu_0\ m\ N\ v}{2L}\left(\frac{(z-L/2)^2}{(a^2+(z-L/2)^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(a^2+(z-L/2)^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{(z+L/2)^2}{(a^2+(z+L/2)^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{(a^2+(z+L/2)^2)^{\frac{1}{2}}}\right)$$

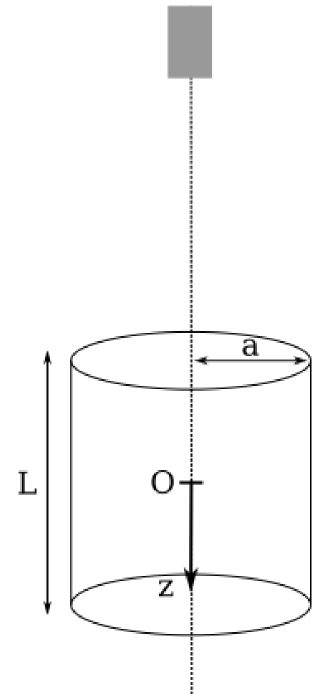

Abbildung 6

Das Diagramm in Abb. 7 zeigt die EMK, die durch den Fall des Magneten durch unterschiedlich lange Spulen induziert wird. Die Ausgangsposition des Magneten wird auf 40 cm über dem Mittelpunkt der Spule festgelegt. Der Radius der Spule beträgt $a = 2.6\,\text{cm}$.

a) Messen Sie die Spannung U am Widerstand R mit dem Oszilloskop und bestimmen Sie die Höhe der Spannungsspitzen (eine negativ, die andere positiv). 2 p.

b) Stellen Sie die Peaks der verschiedenen Spulen (Abbildung 7) in Abhängigkeit von ihrer Größe in einem Diagramm dar. Verbinden Sie die Punkte durch eine geeignete Regressionskurve. Um Ihre Messung auf das Diagramm hinzuzufügen, müssen Sie die EMF wie folgt berechnen : $e = (R + r)/R \cdot U$. Fügen Sie Ihre Messung so in das Diagramm ein, dass sie von den anderen Punkten unterschieden werden kann, und schlussfolgern Sie. 4 p.

c) Warum ist der erste (negative) Peak (in absoluten Zahlen) etwas kleiner als der zweite (positive) Peak? 2 p.

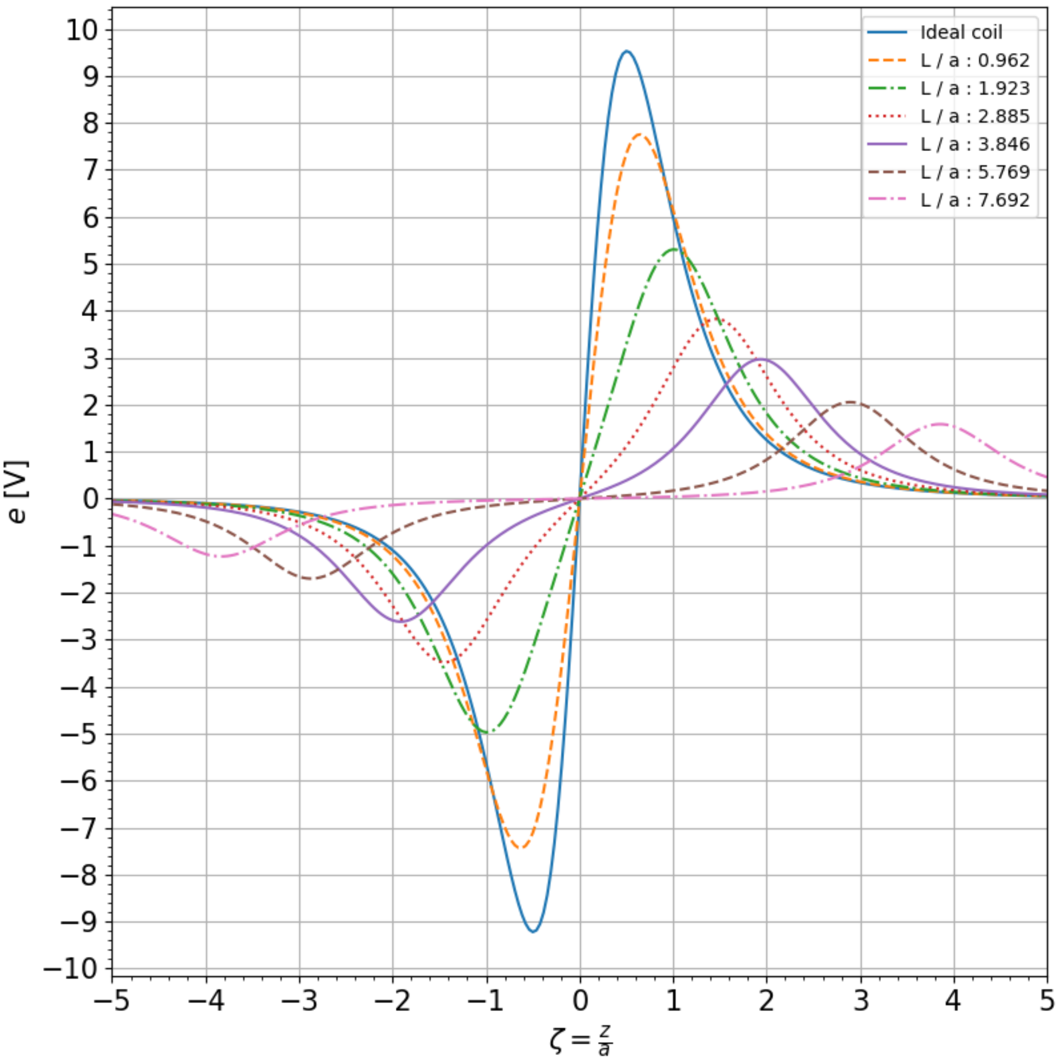
Ideal coil
L / a : 0.962
L / a : 1.923
L / a : 2.885
L / a : 3.846
L / a : 5.769
L / a : 7.692
e [V]
$\zeta = \frac{z}{a}$
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
−1
−2
−3
−4
−5
−6
−7
−8
−9
−10
−5
−4
−3
−2
−1
0
1
2
3
4
5

Abbildung 7