

Übung 11 **Magnetfeld** **Feldlinienbilder, Kraft auf stromdurchflossenen Leiter, Lorentz-Kraft**

Lernziele

- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.
- durch das Studium eines Textes neue Sachverhalte erarbeiten können.
- das magnetische Feldlinienbild eines Stabmagneten, eines Hufeisenmagneten, eines stromdurchflossenen geraden Leiters, einer stromdurchflossenen zylindrischen Spule kennen.
- bei einem stromdurchflossenen geraden Leiter eine Rechte-Hand-Regel für die Beziehung zwischen der Richtung des Stromes und dem Umlaufsinn der magnetischen Feldlinien kennen.
- bei der magnetischen Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen geraden Leiter eine Rechte-Hand-Regel für die Beziehung zwischen den Richtungen von Strom, Magnetfeld und Kraft kennen und anwenden können.
- wissen, dass auf ein bewegtes, elektrisch geladenes Teilchen im Magnetfeld eine Kraft wirkt.
- bei der Lorentz-Kraft eine Rechte-Hand-Regel für die Beziehung zwischen den Richtungen von Geschwindigkeit, Magnetfeld und Kraft kennen und anwenden können.
- die mathematische Beziehung zwischen Ladung, Geschwindigkeit, magnetischer Feldstärke und Lorentz-Kraft kennen und anwenden können.
- die Bahnkurve eines bewegten Ladungsträgers in einem homogenen Magnetfeld verstehen.

Aufgaben

1. **Experiment Posten 1: Feldlinienbilder**

Beobachten Sie die Feldlinienbilder der folgenden Magnete:

- a) 1 Stabmagnet

Legen Sie eine Folie über den Magneten, streuen Sie Eisenfeilspäne auf die Folie, und klopfen Sie leicht auf die Folie.
Erstellen Sie eine Skizze mit dem Feldlinienbild.
- b) 2 Stabmagnete, gleiche Pole gegeneinander gerichtet

Legen Sie eine Folie über den Magneten, streuen Sie Eisenfeilspäne auf die Folie, und klopfen Sie leicht auf die Folie.
Erstellen Sie eine Skizze mit dem Feldlinienbild.
- c) Stromdurchflossene Spule

Schalten Sie den Strom ein, streuen Sie Eisenfeilspäne auf die Plexiglasplatte, und klopfen Sie leicht auf die Plexiglasplatte.
Erstellen Sie eine Skizze mit dem Feldlinienbild.

Geben Sie bitte nach den Versuchen die Eisenfeilspäne wieder zurück in den Behälter.

2. **Experiment Posten 2: Magnetfeld eines stromdurchflossenen geraden Leiters**

- a) Halten Sie die kleine Magnetnadel nahe an den Leiter.
Schalten Sie den Strom ein. Beobachten und notieren Sie, was mit der Magnetnadel passiert.
Schalten Sie den Strom aus. Beobachten und notieren Sie wiederum, was mit der Magnetnadel passiert.
- b) Führen Sie nun ein Experiment aus, mit welchem der Zusammenhang zwischen der Richtung des Stroms im Leiter und der Richtung der magnetischen Feldlinien bestimmt werden soll.
Leiten Sie aus dem Ergebnis des Experimentes eine Rechte-Hand-Regel für den gesuchten Zusammenhang her.

Hinweis:

Das dunkle Ende der kleinen Magnetnadel bezeichnet den Nord-Pol der Magnetnadel.

3. **Experiment Posten 3: Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld**

Ein stromdurchflossener Leiter in Form einer Wippe verläuft durch das Magnetfeld eines Hufeisenmagneten.

Schalten Sie den Strom ein. Beobachten und notieren Sie, was mit der Wippe passiert.

Schalten Sie den Strom aus. Beobachten und notieren Sie wiederum, was mit der Wippe passiert.

Wiederholen Sie das Experiment mit umgekehrter Stromrichtung.

Wiederholen Sie das Experiment mit umgekehrter Richtung des Magnetfeldes.

4. **Experiment Posten 4: Fadenstrahlrohr** (Dunkelraum L23)

Im linken Dunkelraum L23 ist das Fadenstrahlrohr aufgebaut.

Das gasgefüllte, kugelförmige Fadenstrahlrohr befindet sich zwischen zwei Helmholtz-Spulen. Ein elektrischer Ladungsstrom durch die Spulen bewirkt ein homogenes Magnetfeld zwischen den Spulen, wobei die Magnetfeldlinien senkrecht zu den beiden Spulen verlaufen.

Im Innern des Fadenstrahlrohres befindet sich eine Elektronenkanone. Die aus der Elektronenkanone geschleuderten Elektronen werden unter dem Einfluss des Magnetfeldes abgelenkt. Die sichtbare bläuliche Bahnkurve der Elektronen kommt dadurch zustande, dass die durch Kollisionen mit den Elektronen angeregten Gasmoleküle im Rohr Licht aussenden.

Die Austrittsgeschwindigkeit v der Elektronen aus der Elektronenkanone kann über die Elektronen-Beschleunigungsspannung U reguliert werden ($v \sim U$).

Die Bewegungsrichtung der austretenden Elektronen kann durch Drehen des Fadenstrahlrohres (in seiner Halterung) verändert werden.

Die Magnetfeldstärke B kann über den Spulenstrom I_Q reguliert werden ($B \sim I_Q$).

a) Untersuchen Sie die Richtung der auf die Elektronen wirkenden ablenkenden Kraft F sowie die Bahnkurve der Elektronen für die folgenden Situationen:

i) $B = 0$

ii) $B \neq 0$ und verschiedene Werte für B und v
- B steht senkrecht auf v
- B steht nicht senkrecht auf v

b) Leiten Sie aus den Experimenten in a) eine Rechte-Hand-Regel für den Zusammenhang zwischen den Richtungen der Vektoren v , B und F .

Achten Sie auf die folgenden experimentellen Randbedingungen:

- Elektronen-Beschleunigungsspannung U (linkes graues Netzgerät, ganz rechter Drehknopf):
 $150 \text{ V} \leq U \leq 300 \text{ V}$

- Spulenstrom I_Q (rechtes DC-Netzgerät, ganz rechter Drehknopf):
 $I_Q \leq 2 \text{ A}$

5. Studieren Sie im Buch Metzler die Seiten 224 bis 227.

6. Metzler: 227/1, 227/2, 227/4, 229/1, 229/3, 232/3

7. Ein elektrisch geladenes Teilchen (Masse m , Ladung Q) tritt mit der Geschwindigkeit v in ein homogenes Magnetfeld der Stärke B ein. Wenn die Bewegung des Teilchens senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes erfolgt, so führt das Teilchen eine gleichförmige Kreisbewegung mit Radius r aus (siehe Experiment Fadenstrahlrohr in der Aufgabe 4).

Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob die folgende Aussage über den Radius r der Kreisbahn wahr oder falsch ist:

" r ist proportional zu m , v und B ."

Lösungen

1. (vgl. Feldlinienbilder im Buch Metzler, Seite 225)

2. ...

3. ...

4. ...

5. ...

6. Metzler: 227/1
 $F = 0.29 \text{ N}$

Metzler: 227/2
 $F = 2.1 \cdot 10^{-4} \text{ N}$, F nach Westen gerichtet

Metzler: 227/4
 $F = 0 \text{ N}$

Metzler: 229/1
 $F = 3 \cdot 10^{-8} \text{ N}$, F senkrecht nach unten gerichtet

Metzler: 229/3

a) $F = 5.34 \cdot 10^{-15} \text{ N}$

b) $F = 4.62 \cdot 10^{-15} \text{ N}$

c) $F = 2.67 \cdot 10^{-15} \text{ N}$

d) $F = 0 \text{ N}$

Metzler: 232/3

...

7. $F_R = F_L$
 $F_R = m r \dot{\varphi}^2$
 $v = r \dot{\varphi}$
 $F_L = QvB$

$$r = \frac{mv}{QB}$$

$$r \sim m, r \sim v, r \sim \frac{1}{B}$$