


AUFGABEN:

- Bestimmung der Richtung der Lorentz-Kraft.
- Bestimmung der Kraft in Abhängigkeit vom Strom.
- Bestimmung der Kraft in Abhängigkeit von der effektiven Länge des Leiters.
- Bestimmung der Kraft in Abhängigkeit vom Polschuhabstand des Permanentmagneten.

ZIEL

Messung der Kraft auf einen stromführenden Leiter in einem Magnetfeld.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird die Lorentz-Kraft auf einen stromführenden Kupferstab gemessen, der wie eine Schaukel horizontal an zwei vertikalen Stromzuleitungen in einem Magnetfeld hängt. Nach Einschalten des Stromes wird die Schaukel um einen Winkel aus der Vertikalen gelenkt, aus dem sich die Lorentz-Kraft berechnen lässt. Variiert wird der Strom durch den Leiter, das Magnetfeld und die wirksame Länge des Leiters im Magnetfeld.

BENÖTIGTE GERÄTE

| Anzahl | Geräte | Art.-Nr. |
|--------|--|--------------|
| 1 | Gerätesatz Elektromagnetismus | 1002661 |
| 1 | Permanentmagnet | 1002660 |
| 1 | DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A (230 V, 50/60 Hz) | 1003312 oder |
| | DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A (115 V, 50/60 Hz) | 1003311 |
| 1 | Paar Sicherheitsexperimentierkabel, 75cm, rot/blau | 1017718 |

1
ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Elektronen, die sich in einem Magnetfeld bewegen, werden senkrecht zum Magnetfeld und zur Bewegungsrichtung abgelenkt. Die ablenkende Kraft – die Lorentz-Kraft – auf ein einzelnes Elektron ist messtechnisch allerdings kaum zu erfassen, da sie auch bei starkem Magnetfeld und hoher Geschwindigkeit des Elektrons nur sehr klein ist. Anders ist die Situation, wenn man einen stromführenden Leiter in ein homogenes Magnetfeld bringt. Im Leiter bewegen sich zahlreiche Ladungsträger mit der gleichen Driftgeschwindigkeit v . Auf den Leiter wirkt eine Kraft, die aus der Summe aller Lorentz-Kräfte auf die einzelnen Ladungsträger resultiert.

Wenn sich in einem geraden, stromführenden Leiter mit der Länge L und der Querschnittsfläche A

$$(1) \quad N = n \cdot A \cdot L$$

n : Anzahldichte

Elektronen mit einer Driftgeschwindigkeit v in Richtung des Leiters bewegen, beträgt der Strom durch den Leiter

$$(2) \quad I = n \cdot e \cdot A \cdot v$$

e : Elementarladung

Befindet sich der Leiter in einem Magnetfeld B , so wirkt auf alle „driftenden“ Elektronen zusammen die Lorentz-Kraft.

$$(3) \quad F = N \cdot e \cdot v \times B$$

Ist der Leiter senkrecht zum Magnetfeld ausgerichtet, lässt sich Gl. (3) vereinfachen zu

$$(4) \quad F = I \cdot B \cdot L$$

wobei F senkrecht zum Leiter und senkrecht zum Magnetfeld gerichtet ist.

Im Experiment wird die Lorentz-Kraft F auf einen stromführenden Kupferstab gemessen, der wie eine Schaukel horizontal an zwei vertikalen Stromzuleitungen in einem Magnetfeld hängt (siehe Abb. 1). Nach Einschalten des Stromes wird die Schaukel durch die Lorentz-Kraft F um einen Winkel φ aus der Vertikalen gelenkt, daher gilt für F die Bestimmungsgleichung

$$(5) \quad F = m \cdot g \cdot \tan \varphi$$

$m = 6,23 \text{ g}$: Masse des Kupferstabes

Das Magnetfeld B wird durch einen Permanentmagneten erzeugt, dessen Polschuhabstand d zur Änderung von B variiert werden kann. Durch Drehen der Polschuhe um 90° kann außerdem deren Breite b in Leiterrichtung und somit die in das Magnetfeld eintauchende wirksame Länge L des Leiters geändert werden. Die wirksame Länge L des Leiters ist etwas größer als die Breite b der Polschuhe, da das inhomogene Magnetfeld aus den Rändern der Polschuhe „quillt“, dies umso mehr, je größer der Abstand d der Polschuhe ist. In guter Näherung gilt

$$(6) \quad L = b + d$$

AUSWERTUNG

Der Winkel φ lässt sich aus der Pendellänge s und der horizontalen Auslenkung x des Kupferstabes ermitteln:

$$\frac{x}{\sqrt{s^2 - x^2}} = \tan \varphi$$

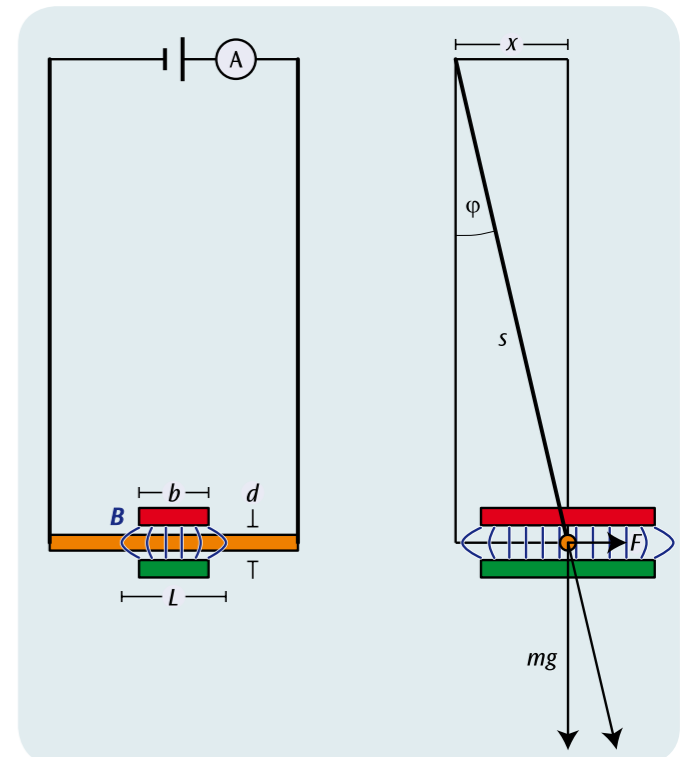
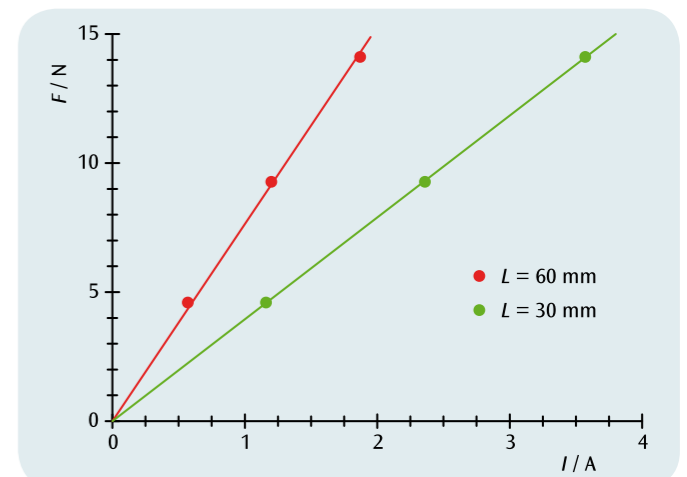


Abb. 1: Messanordnung von der Seite und von vorne betrachtet.


 Abb. 2: Kraft auf einen stromführenden Leiter in Abhängigkeit von der Stromstärke I für zwei verschiedene Leiterlängen L . Die Steigungen der eingezeichneten Ursprungsgeraden sind proportional zu L .