

**Übungen zu Physik III**

*H.F. Arlinghaus, R. Friedrich*, Veranstaltung Nr. 110969, WS 2005/06

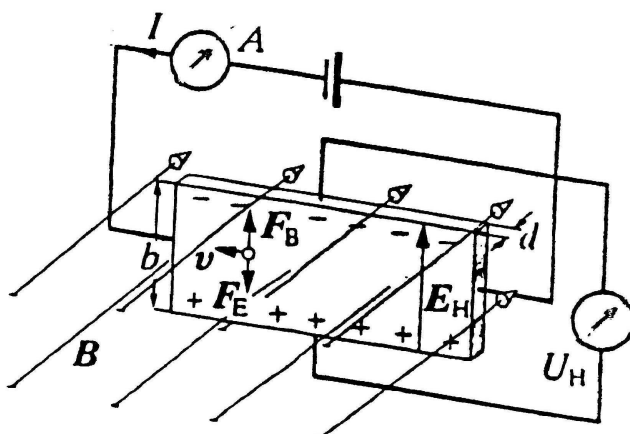
<http://pauli.uni-muenster.de/menu/Arbeitsgebiete/friedrich/lehrews0506.html>

\*=Aufgaben aus der Experimentalphysik

SCHRIFTLICH:

**Aufgabe 1: Hall-Effekt\*** (1 P)

Eine dünne Folie (Länge  $l = 5 \text{ cm}$ , Breite  $b = 1 \text{ cm}$ , Dicke  $d = 10 \mu\text{m}$ ) aus einem Halbleitermaterial wird längs von einem Strom ( $I = 0,1 \text{ A}$ ) durchflossen. Durch ein senkrecht zur Folie stehendes Magnetfeld der Flussdichte ( $B = 0,1 \text{ T}$ ) werden die Leitungselektronen senkrecht zu ihrer Driftgeschwindigkeit  $v$  abgelenkt. Dadurch entsteht ein elektrisches Feld  $E = U_H/b$ , das im Gleichgewichtsfall die Lorentzkraft auf die Elektronen kompensiert. Die Messung der Hallspannung  $U_H$  kann zur Bestimmung der Flussdichte dienen (Magnetfeldsonde). Wie ist der Zusammenhang  $U_H = f(B)$ , wenn  $n = 6 \times 10^{25}/\text{m}^3$  die Dichte der Leitungselektronen in der Folie ist?



MÜNDLICH:

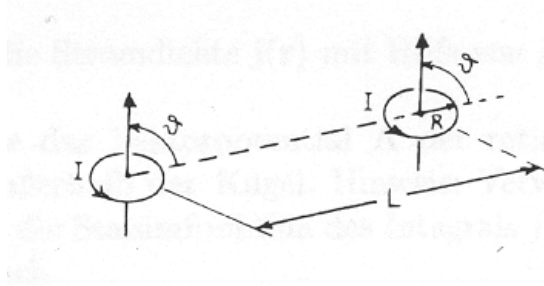
**Aufgabe 2: Zwei Kreisleiter** (3 P)

Bestimmen Sie das Drehmoment  $\mathbf{M}$  und die Kraft  $\mathbf{F}$  zwischen zwei Kreisleitern mit Radius  $R$ , deren Achsen parallel sind und die gleiche und gleichgerichtete Ströme  $I$  tragen, wenn der Abstand  $L$  der Schleifenzentren groß ist:  $L \ll R$ . D.h., betrachten Sie die Leiterschleifen als magnetische Dipole. Drücken Sie Kraft und

Drehmoment als Funktion des Winkels  $\vartheta$  zwischen Verbindungsachse und Leiter-ebene aus.

Hinweis 1: Berechnen Sie zunächst die potentielle Energie des Kreisleiters 1 im  $B$ -Feld des Kreisleiters 2:  $U = -\mathbf{m}_1 \cdot \mathbf{B}_2(\mathbf{r}_1)$ . Die Kraft auf die Leiterschleife 1 erhalten Sie dann über  $\mathbf{F}(\mathbf{r}) = -\nabla U(\mathbf{r})$ .

Hinweis 2: Verwenden Sie ebene Polarkoordinaten. Drücken Sie den Gradienten in ebenen Polarkoordinaten aus.



### Aufgabe 3: Induktion (2 P)

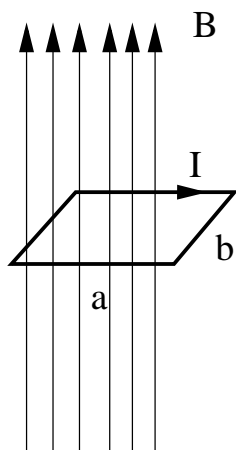
Eine Metallscheibe mit dem Radius  $R$  rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um die Scheibenachse senkrecht zur Scheibenebene. Parallel zur Scheibenachse verläuft ein homogenes Magnetfeld  $B$ . Wie groß ist die Potentialdifferenz zwischen Scheibenachse und Scheibenrand?

Hinweis: Betrachten Sie die Kräfte, die auf die Elektronen im Metall wirken. Diese können als frei beweglich angenommen werden.

### Aufgabe 4: Leiterschleife (2 P)

Durch eine rechteckige Leiterschleife der Länge  $a$  und Breite  $b$  fließt ein Strom  $I$ . Die Leiterschleife befindet sich in einem homogenen Induktionsfeld  $\mathbf{B}$  (siehe Abbildung).

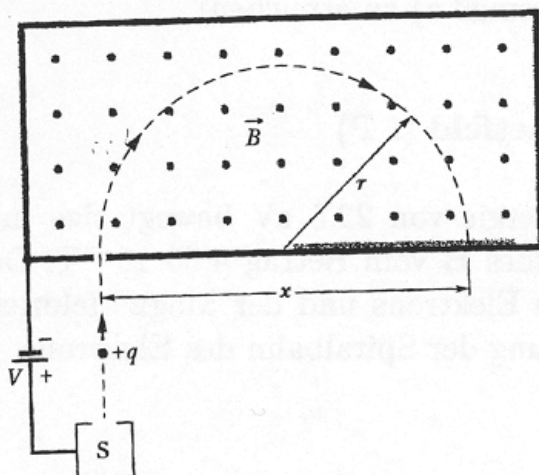
- Berechnen Sie das magnetische Moment  $\mathbf{m}$  der Leiterschleife.
- Berechnen Sie das Drehmoment  $\mathbf{M}$ , das auf die Leiterschleife wirkt.



### Aufgabe 5: Massenspektrometer (1 P)

Die Abbildung unten zeigt das Prinzip eines Massenspektrometers, ein Gerät, mit dem man die Masse eines Ions messen kann. Ionen der Masse  $m$  und der Ladung  $q$  werden in der Ionenquelle  $S$  erzeugt und in einer Potentialdifferenz  $V$  beschleunigt. Der Ionenstrahl tritt dann in einen Raumbereich ein, in dem ein homogenes Magnetfeld  $\mathbf{B}$  senkrecht zur Bewegungsrichtung der Ionen besteht. In diesem  $B$ -Feld durchlaufen die Ionen unter der Wirkung der Kraft  $\mathbf{F}_B$  eine halbkreisförmige Bahnkurve und treffen in einem Abstand  $x$  vom Eintrittsspalt auf eine Fotoplatte.

Bei einem bestimmten Experiment sei  $B = 80\text{mT}$ ,  $V = 1000\text{V}$  und man erzeugt Ionen der Ladung  $q = +1.6022 \cdot 10^{-19}\text{C}$ , die in einer Entfernung  $x = 1.6254\text{m}$  vom Eintrittsspalt entfernt auf die Fotoplatte treffen. Wie groß ist die Ionenmasse  $m$  in atomaren Masseneinheiten ( $1u = 1.6605 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ )?



**Abb. 29-14**

Prinzip eines Massenspektrometers: Ein positiv geladenes Ion wird in der Quelle  $S$  erzeugt, beim Durchlaufen der Potentialdifferenz  $V$  beschleunigt und tritt dann in ein homogenes Magnetfeld  $\vec{B}$  ein. Im Magnetfeld durchläuft es eine halbkreisförmige Bahnkurve mit dem Radius  $r$  und trifft schließlich in einer Entfernung  $x$  von seiner Eintrittsstelle in das Magnetfeld auf eine Fotoplatte.

**Aufgabe 6: Ein historisches Problem** (1 P)

Am Beginn des 19. Jahrhunderts stand sowohl die experimentelle wie auch theoretische Untersuchung von Magnetfeldern, die von verschiedenen Anordnungen Stromdurchflossener Leiter erzeugt wurden, im Zentrum des physikalischen Interesses. Ein Spezialfall war ein zu einem  $V$  gebogener Draht, der den Öffnungswinkel  $2\Theta$  besitzt und vom Strom  $I$  durchflossen wird. Laut der Berechnung von Ampere sollte das Magnetfeld am Punkt  $P$ , der den Abstand  $d$  vom Knick hat, proportional zu  $\tan(\Theta/2)$  sein. Im Gegensatz dazu schlugen Biot und Savart vor, dass das Magnetfeld proportional zu  $\Theta$  ist.

- a) Wer könnte Recht haben?
- b) Wie sieht der Proportionalitätsfaktor aus.

Hinweis: Betrachten Sie Spezialfälle für  $\Theta$ . Für einen Spezialfall gilt ein bekanntes Gesetz der Magnetostatik.

