

## Übungen zur Experimentalphysik II — Blatt 10

### Aufgabe 1: *Barlow'sches Rad*

3 Punkte (2 + 1)

- Skizzieren Sie die Funktionsweise des Barlow'schen Rades und geben Sie die Kräfte an, die dazu führen, dass es sich dreht.
- Wovon hängt die Rotationsgeschwindigkeit des Rades ab? Entwickeln Sie Ideen, um diese zu steigern. Eine qualitative Diskussion ist ausreichend.

### Aufgabe 2: *Teilchen im Magnetfeld*

4 Punkte (1 + 3)

Ein Teilchen der Masse  $m$  und Ladung  $-q$  bewege sich im Uhrzeigersinn auf einer festen Kreisbahn mit Radius  $R$  um eine feststehende Ladung  $+Q$ .

- Zeigen Sie, dass die Kreisfrequenz für die Umlaufbahn gegeben ist durch

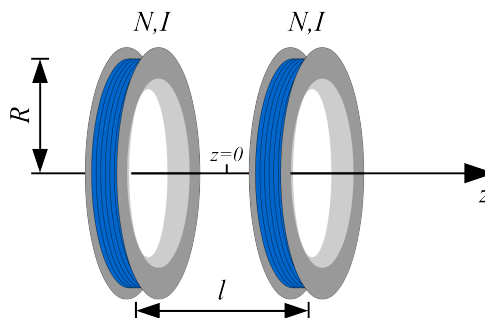
$$\omega_0^2 = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 m R^3}.$$

- Ein homogenes  $B$ -Feld senkrecht zur Bewegungsebene werde eingeschaltet. Im Ergebnis ändert sich die Kreisfrequenz zu  $\omega_0 + d\omega$ , der Radius  $R$  bleibt aber unverändert (Larmor-Theorem, muss hier nicht bewiesen werden). Entwickeln Sie einen Ausdruck für  $d\omega$ . Nehmen Sie an, dass das Magnetfeld so gering ist, dass das Produkt aus  $B$  und  $d\omega$  und Terme höherer Ordnung vernachlässigt werden können. Interpretieren Sie das Resultat.

### Aufgabe 3: *Helmholtzspulen*

6 Punkte (2 + 2 + 1 + 1)

Gegeben seien Helmholtzsspulen, die jeweils den Radius  $R = 10$  cm haben. Der Abstand der Spulen voreinander sei  $l = 10$  cm (in  $z$ -Richtung). Beide Spulen haben  $N = 1000$  Windungen und werden von einem Strom  $I = 1,5$  A durchflossen.



- Berechnen Sie zuerst allgemein den Verlauf des Magnetfelds  $B(z)$  entlang der  $z$ -Achse im Zentrum ( $x, y = 0$ ) des Helmholtzspulenpaares.
- Entwickeln Sie das Magnetfeld  $B(z)$  entlang der Symmetrieachse ( $z$ -Achse) um den Mittelpunkt des Spulenpaares ( $z = 0$ ) bis in die zweite Ordnung in  $z$ .
- Welchen Abstand müssen die Spulen haben, damit in b) auch der quadratische Term verschwindet?
- Berechnen Sie den Wert des Magnetfelds im Zentrum (Punkt  $(0,0,0)$ ) der Spulen für den Spezialfall  $l = R$ .

### Aufgabe 4: Hall-Effekt

5 Punkte (1 + 2 + 1 + 1)

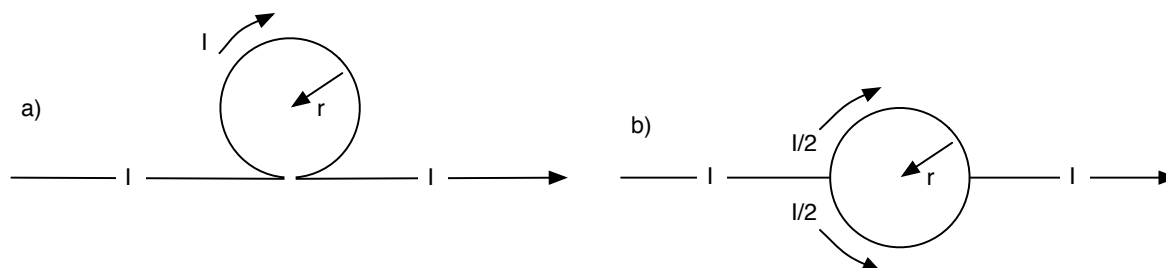
Sie möchten die Hall-Spannung an einem leitenden Material messen.

- a) Ihr Nachbar fragt, was passiert, wenn es außer den negativen auch positive Ladungsträger gibt. Welchen Einfluss hat das auf die Messung?
- b) Zur Messung des Magnetfeldes mit Hilfe des Hall-Effektes benutzen Sie eine  $b = 5$  mm breite und  $d = 1,0$  mm dicke Kupferplatte, durch die ein Strom von 1 A fließt. Das Magnetfeld habe eine Stärke von 0,1 T. Welche Hall-Spannung erwarten Sie zu messen? Ist Kupfer ein geeignetes Material für die Messung? Durch welches Material ließe sich Kupfer ersetzen, und wie ändert sich die Hall-Spannung?
- c) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Ladungsträger für die in b) gemessene Hall-Spannung.
- d) Die Platte habe eine Länge von  $l = 6$  mm. Welche Spannung muss man anlegen, um einen Strom von 0,7 A zu erhalten, für spezifische Widerstände  $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$  und  $\rho_{\text{Si}} = 4,6 \cdot 10^{-2} \Omega \text{ m}$  (n-dotiert mit etwa  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$ )? Ist dies realistisch?

### Aufgabe 5: Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters

3 Punkte

In einem unendlich langen, geraden Leiter ist an einem Punkt eine kreisrunde Schleife mit Radius  $r$  gebogen (Abb. a)). Bestimmen Sie das Magnetfeld im Mittelpunkt der Schleife, wenn ein Strom  $I$  durch den Leiter fließt. Wie groß ist das Feld im Mittelpunkt für die Anordnung in Abb. b)?



### Aufgabe 6: Maxwell-Gleichungen

4 Punkte

Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form auf, wie sie bisher in der Vorlesung präsentiert worden sind, siehe Anfang des Skriptteils 7. Beschreiben Sie die physikalische Bedeutung dieser vier Gleichungen und leiten Sie jeweils explizit die zugehörige Integralform her.

**Allgemeiner Hinweis:** Bitte rechnen Sie grundsätzlich so lange wie möglich mit den Variablen, d.h. setzen Sie die gegebenen Zahlenwerte erst ganz am Schluss ein. Fertigen Sie außerdem aussagekräftige Skizzen an wo immer es hilfreich ist.