



Ferienkurs

Experimentalphysik 2

Sommersemester 2019

Aufgabenblatt 2

Elektrische Ströme und Magnetostatik

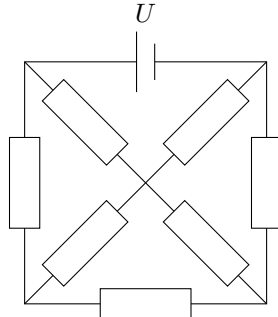
Korbinian ESCHBAUM

Jakob UNFRIED

1 Stromkreise

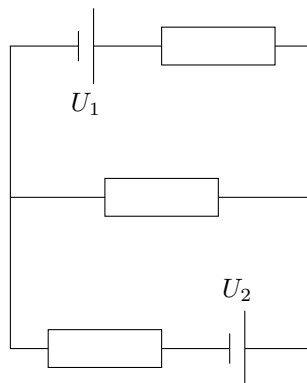
(a) Vergleichen Sie das Verhalten von Kapazitäten von Kondensatoren und Widerständen in Reihen- und Parallelschaltungen. Was stellen Sie fest?

(b) Betrachten Sie folgenden Schaltkreis:



Alle Widerstände haben denselben Betrag R . Stellen Sie mit den Kirchhoff'schen Regeln alle Gleichungen zur Berechnung der Ströme auf.

(c) Betrachten Sie nun die folgende Schaltskizze mit identischen Widerständen R :



Stellen Sie die Gleichungen nach den Kirchhoff'schen Regeln auf und berechnen Sie die Ströme.

2 Magnetfeld durch Leiter

Betrachten Sie einen stromdurchflossenen Leiter (Stromstärke I) in Form eines Polygons mit N Ecken. Der Abstand vom Mittelpunkt zu den Seitenmittelpunkten sei d .

(a) Berechnen Sie das magnetische Feld \mathbf{B} im Mittelpunkt des Polygons.

Hinweis: Benutzen Sie das unbestimmte Integral

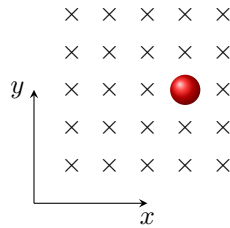
$$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + a^2}^3} = \frac{x}{a^2 \sqrt{x^2 + a^2}} + C.$$

(b) Bilden Sie den Limes $N \rightarrow \infty$.

(c) Berechnen Sie nun dasselbe magnetische Feld für eine kreisförmige Leiterschleife mit Radius d . Stimmt das Ergebnis mit dem aus (a) überein?

3 Lorentzkraft

Betrachten Sie eine Punktladung $q > 0$ mit Masse m , die sich in einem homogenen Magnetfeld $\mathbf{B} = -B\mathbf{e}_z$ befindet (siehe Skizze).



- (a) Die Punktladung bewege sich zunächst mit Geschwindigkeit $\mathbf{v} = v\mathbf{e}_y$. Berechnen Sie die Lorentzkraft, die auf die Punktladung wirkt, sowie den Bahnradius.
- (b) Wir wechseln nun in ein Bezugssystem, in welchem die Punktladung unmittelbar zu Beginn in Ruhe ist. Daher ist in diesem Bezugssystem die Lorentzkraft 0 und die Ladung bewegt sich nicht. Wie kann das sein? Sollte die physikalische Bewegung nicht unabhängig vom Bezugssystem sein?

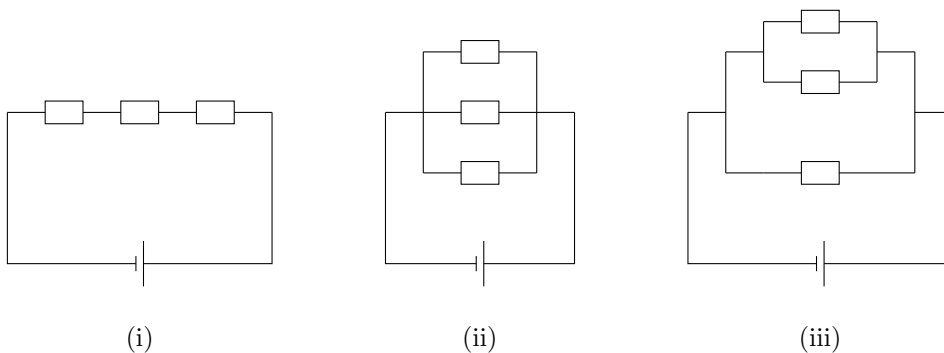
4 Dickes Kabel

Betrachten Sie ein (unendlich langes, gerades) Kabel mit kreisförmigem Querschnitt und Radius $R_0 = 3\text{ mm}$. Es sei von einem homogenen Strom von $I = 2\text{ A}$ durchflossen.

- (a) Skizzieren Sie das Kabel im Querschnitt. Zeichnen Sie die Stromrichtung und einige Feldlinien des vom Strom erzeugten magnetischen Feldes ein. Definieren Sie ein Koordinatensystem.
- (b) Berechnen Sie das magnetische Feld $\mathbf{B}(\mathbf{r})$ außerhalb **und** innerhalb des Kabels. Skizzieren Sie die Abhängigkeit vom Abstand r von der Mittelachse.
Hinweis: Orientieren Sie sich an der Aufgabe zum Zylinderkondensator auf Blatt 1.

5 Leistung in Widerstandsschaltungen

Betrachten Sie die folgenden Schaltbilder. Alle bestehen aus den gleichen Bauteilen: 3 identischen Widerständen und einer idealen Spannungsquelle.



- (a) Von welcher Schaltung erwarten Sie die höchste Heizleistung? Von welcher die niedrigste?
- (b) Überprüfen Sie ihre Vermutung durch explizite Rechnung.

6 Maxwell-Gleichungen

- (a) Nennen Sie die 4 (zeitunabhängigen) Maxwellgleichungen.
- (b) Nennen Sie zu jeder eine anschauliche Intuition.
(z.B.: Spins sind die Quellen und Senken des Gravitationsfelds, befinden sich in einem Volumen Spins, so ist der Nettofluss des Gravitationsfelds durch die Oberfläche positiv. Dieses Beispiel ist im übrigen Unfug.)
Was bedeutet die Gleichung über $\nabla \cdot \mathbf{B}$ für die Feldlinien des magnetischen Felds? Was bedeutet die analoge Gleichung des elektrischen Felds für seine Feldlinien?

7 Stern-Gerlach Experiment

Das Stern-Gerlach Experiment demonstriert die Quantisierung des quantenmechanischen Drehimpulses („Spin“). Die Spins verhalten sich im Experiment anders, als man es klassisch (= ohne Quantenmechanik) erwarten würde. In dieser Aufgabe beschäftigen wir uns mit der klassischen Erwartung.

Die Silberatome im Experiment haben ein magnetisches Dipolmoment von $p_m = 9,27 \cdot 10^{-24}$ J/T. Die Ausrichtung der Dipolmomente ist zufällig (der Strahl ist „unpolarisiert“) sowie eine Masse von $m = 1,79 \cdot 10^{-25}$ kg. Sie bewegen sich zu Anfang mit einer Geschwindigkeit $v_0 = 200$ m/s in x -Richtung. In einer Kammer der Länge $d = 50$ cm werden die Atome durch ein inhomogenes Magnetfeld $\mathbf{B}(z) = (B_0 + \alpha \cdot z)\mathbf{e}_z$ mit $B_0 = 4$ T und $\alpha = 2 \cdot 10^{-2}$ T/m abgelenkt. Direkt hinter der Kammer befindet sich ein Schirm, auf dem die Atome aufschlagen und dort eine Markierung hinterlassen.

- (a) Skizzieren Sie den Aufbau und insbesondere die Flugbahn der Atome.
- (b) Wieso werden die Atome abgelenkt?
- (c) Welche Atome im Strahl werden am stärksten abgelenkt?
- (d) Auf dem Schirm entsteht eine Linie von Markierungen. Unter Idealbedingungen wäre sie vernachlässigbar dünn. Wie lang ist sie?