

Ferienkurs Experimentalphysik 2

Sommersemester 2015

Gabriele Semino, Alexander Wolf, Thomas Maier

Übungsblatt 2

Elektrischer Strom und Magnetostatik

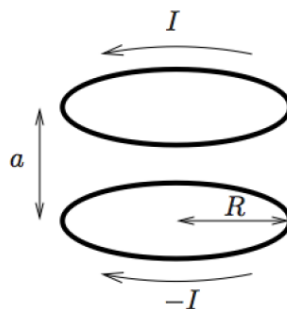
Aufgabe 1: Kupferrohr

Ein Kupferrohr (Hohlzylinder) mit Innenradius $r_i = 0,4$ cm, Außenradius $r_a = 0,5$ cm und Länge $l = 5$ m wird mit den Enden an eine Spannungsquelle mit $U = 6$ V angeschlossen. Der spezifische Widerstand von Kupfer beträgt bei Raumtemperatur etwa $\rho = 1,72 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$.

- Berechnen Sie die Stromdichte $j = |\vec{j}|$ und den Gesamtstrom I .
- Berechnen Sie mit dem Ampere'schen Gesetz das Magnetfeld in allen relevanten Bereichen. Verwenden Sie dabei die Idealisierung $l \rightarrow \infty$.

Aufgabe 2: Helmholtz-Spulen

Gegeben seien zwei koaxiale und parallel kreisförmige Leiterschleifen mit Radius R , die vom gleichen Strom I in entgegengesetzter Richtung durchflossen werden (siehe Skizze).



- Berechnen Sie zunächst mithilfe des Biot-Savart'schen Gesetzes das Magnetfeld einer einzelnen kreisförmigen Leiterschleife mit Radius R , die von einem Strom I durchflossen wird, auf der z -Achse. Wählen Sie Ihr Koordinatensystem so, dass der Mittelpunkt im Ursprung liegt und die z -Achse parallel zur Flächennormalen verläuft.
- In welchem Abstand a voneinander müssen die beiden Leiterschleifen positioniert werden, damit das Magnetfeld im Mittelpunkt zwischen den Leiterschleifen einen möglichst konstanten Feldgradienten (in z -Richtung) aufweist?

Hinweis: Betrachten Sie nur die z-Komponente des B-Feldes und entwickeln Sie $B_z(z)$ um den Mittelpunkt der Anordnung. Die nullte und alle geraden Ordnungen verschwinden und die erste Ordnung ist der Feldgradient. Fordern Sie nun, dass die dritte Ordnung verschwinden soll.

Aufgabe 3: Tetraeder aus Widerständen

Sechs identische Widerstände R werden zu einer tetraedischen Anordnung verlötet, so dass auf jeder Tetraederkante ein Widerstand angebracht ist. Zwischen zwei Ecken (1 und 2) wird eine Spannung U , angelegt, die beiden übrigen Ecken werden mit 3 und 4 bezeichnet.

- Wie groß ist der Gesamtwiderstand zwischen den Punkten 1 und 2?
- Wie groß ist die Spannung zwischen den Tetraederecken 2 und 3?
- Welcher Strom fließt zwischen 1 und 3, welcher zwischen 3 und 4?

Aufgabe 4: Dünner Draht

Gegeben sei ein langer dünner Draht mit Längensladungsdichte λ . Im Draht fließe außerdem ein Strom der Stärke I .

- Zeigen Sie, dass elektrisches und magnetisches Feld des Drahtes gegeben sind durch:

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \vec{e}_r \quad \text{und} \quad \vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_\phi \quad (1)$$

- Mit welcher Geschwindigkeit v muss ein Teilchen mit Masse m und Ladung q parallel entlang des Drahtes fliegen, damit der Abstand r zwischen Ladung und Draht konstant ist.

Aufgabe 5: Elektronen im Magnetfeld

Elektronen (Ladung $q = -e$) bewegen sich mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 in x -Richtung in ein homogenes Magnetfeld $\vec{B} = B\vec{e}_z$.

- Stellen Sie die Bewegungsgleichung auf.
- Lösen Sie die Gleichung durch einen Ansatz mit Sinus und Cosinus.
- Berechnen Sie die Winkelgeschwindigkeit ω_c (Zyklotron-Frequenz), den Kreismittelpunkt \vec{R} sowie den Radius der Kreisbahnen in Abhängigkeit von B , v_0 und dem Anfangsort $\vec{r}(0)$.
- Zeigen Sie, dass sich der Lösungs-Geschwindigkeitsvektor allgemein durch eine Drehmatrix darstellen lässt, d.h. $\vec{v}(t) = D[\phi(t)]\vec{v}(0)$ mit $\phi(t) = \omega_c t$ und: $D[\phi(t)] = \begin{pmatrix} \cos\phi(t) & -\sin\phi(t) \\ \sin\phi(t) & \cos\phi(t) \end{pmatrix}$.

Aufgabe 6: Magnetisierung Aluminiumspule

Ein Aluminiumstab (Permeabilität von Aluminium: $\mu_{r,Al} = 1 + 2 \cdot 10^{-5}$) der Länge $l = 20\text{cm}$ wird mit $N = 250$ Drahtwicklungen gleichmäßig umwickelt. Im Draht fließe nun ein Strom $I = 10\text{A}$.

- Ist Aluminium para-/ferro- oder diamagnetisch?
- Wie groß ist die Magnetisierung M des Aluminiums?
- Wie hoch ist die magnetische Flussdichte B im Aluminium?
- Welcher Strom müsste in einer baugleichen Spule mit Eisenkern (Permeabilität von Eisen: $\mu_{r,Fe} \approx 500$) fließen, damit dort die gleiche magnetische Flussdichte herrscht?