Übungen zur Physik für Chemiker II SoSe 21

Prof. Dr. M. Agio, L. Strauch

Übungsblatt 8 Lösung

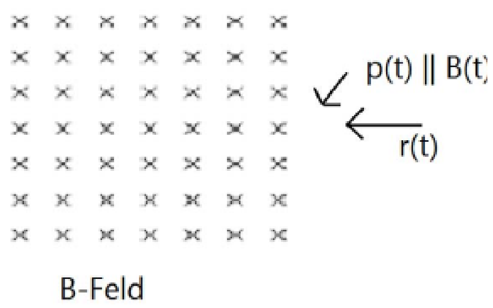
Ausgabe: Mi, 09.06.2021

Aufgabe 1.
Ein Teilchen der Ladung q und der Masse m fällt mit dem Impuls $\vec{p}$ senkrecht auf ein $\vec{B}$-Feld ein, das zwischen den Polschuhen eines Magneten besteht und in $\vec{p}$-Richtung über die Strecke l ausgedehnt ist. Zeigen Sie, dass das Teilchen um den Winkel α mit

$$\alpha = \frac{q\left|\vec{B}\right| l}{|\vec{p}|}$$

abgelenkt wird.

Lösung 1.
Wir betrachten folgende Situation: Die Kraft auf ein Teilchen mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = \frac{\vec{p}}{m}$



ist gegeben durch:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad \text{bzw.} \quad F = |q|vB$$

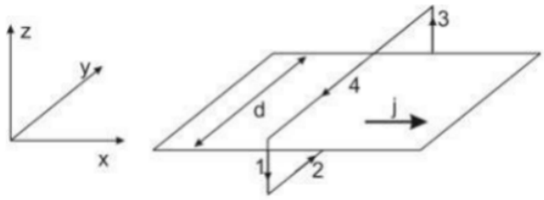
Die Winkelgeschwindigkeit der Kreisbewegung ist durch $\omega^2 R = |\vec{a}| = \frac{F}{m} = |q|vB/m$ und $v = \omega R$ gegeben.
Damit folgt für den Radius der Kreisbahn

$$R = \frac{mv}{|q|B}$$

Damit gilt für den Ablenkwinkel $\alpha \approx \frac{l}{R} = \frac{|q|Bl}{mv}$

Aufgabe 2.
Berechnen Sie das statische Magnetfeld eines Stroms durch eine unendlich ausgedehnte Ebene mit vernachlässigbarer Dicke und konstanter Stromdichte. Benutzen Sie das ampère'sche Gesetz.
Hinweis: O.B.d.A. kann angenommen werden, dass es sich bei der Ebene um die x-y-Ebene handelt und der Stromfluss nur eine x-Komponente aufweist.

Lösung 2.
Als Integrationsweg wählt man ein Rechteck, dessen Normalvektor parallel zur x-Achse steht. Aus dem ampère'schen Gesetz folgt:



$$\oint \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{s} = \int_1 B(z)\mathrm{d}z + \int_2 B(-z)\mathrm{d}y + \int_3 B(z)\mathrm{d}z + \int_4 B(z)\mathrm{d}y = \mu_0 I$$

Aus der Symmetrie des Problems folgt:

$$\int_1 B(z)\mathrm{d}z = -\int_3 B(z)\mathrm{d}z$$

Damit vereinfacht sich das Integral zu:

$$\int_2 B(-z)\mathrm{d}y + \int_4 B(z)\mathrm{d}y = B(-z) \cdot d - B(z) \cdot d = \mu_0 I$$

Wir wissen auch aus der Symmetrie:

$$-B(z) = B(-z)$$

Damit gilt:

$$B(z) = -\frac{\mu_0 I}{2d}$$

Durch die Rechte-Hand-Regel kann man ermitteln, dass das Feld nur eine y-Komponente hat und welches Vorzeichen es haben muss. Der eingeschlossene Strom ist dabei durch $I = j \cdot d$ gegeben. Und somit gilt für das B-Feld:

$$\vec{B} = -\mathrm{sign}(z)\frac{\mu_0 j}{2}\vec{e}_y$$

Aufgabe 3.
Durch einen langen Draht mit Radius r_0 fließe ein Strom I.
Berechnen Sie mit Hilfe des ampère'schen Gesetzes das Magnetfeld innerhalb und außerhalb des Drahtes und skizzieren Sie dessen Verlauf.

Lösung 3.

(1) Beginnen wir mit dem B-Feld außerhalb des Leiters ($r > r_0$):
Zur Berechnung des Integrals verwenden wir aufgund der Zylindersymmetrie Polarkoordinaten:

$$\oint \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{s} = \int_0^{2\pi} r \cdot B \cdot \mathrm{d}\varphi = 2\pi \cdot r \cdot B(r) = \mu_0 I$$

Daraus folgt durch Umstellen der Terme:

$$B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

(2) Nun wird das B-Feld innerhalb des Leiters ($r < r_0$) berechnet. Zu beachten ist, dass wir nicht den gesamten Strom betrachten können, sondern nur einen Teilstrom der gegeben ist durch: $\int \vec{j} \cdot dA = j \cdot \pi r^2$.

$$\begin{aligned} \oint \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{s} &= \mu_0 \cdot j \cdot \pi r^2 \\ \Leftrightarrow 2\pi r \cdot B(r) &= \mu_0 \cdot j \cdot \pi r^2 \\ \Rightarrow B(r) &= \frac{\mu_0 \pi \cdot j r^2}{2\pi r} \\ &= \frac{\mu_0 j}{2} \cdot r \end{aligned}$$

Mit $j = \frac{I}{\pi r_0^2}$ folgt dann:

$$B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0^2} r$$

Daraus folgt die Skizze: