
Ferienkurs Experimentalphysik 2

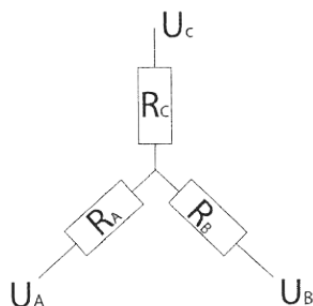
Übungsblatt 2: Elektrischer Strom und Magnetostatik

Tutoren: Katharina HIRSCHMANN und Gabriele SEMINO

2 Elektrischer Strom

2.1 Widerstandsnetzwerk

Gegeben sei die folgende Schaltung. Es liegen die Potentiale $U_A = 10\text{ V}$, $U_B = 20\text{ V}$, $U_C = 30\text{ V}$ an den Eckpunkten A, B, C an. Die Widerstände seien $R_A = 1\text{ k}\Omega$, $R_B = 1.5\text{ k}\Omega$, $R_C = 3\text{ k}\Omega$. Bestimmen Sie die Stromflüsse I_A , I_B , I_C durch die drei Widerstände.



2.2 Stromdichte und Ampere'sches Gesetz

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

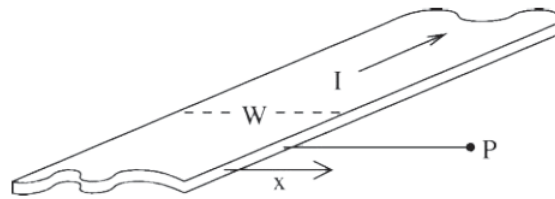
1. Berechnen Sie die Stromdichte $j = |\vec{j}|$ und den Gesamtstrom I .
2. Berechnen Sie mit dem Ampere'schen Gesetz das Magnetfeld in allen relevanten Bereichen. Verwenden Sie dabei die Idealisierung $l \rightarrow \infty$.

3 Magnetostatik

3.1 Magnetisches Feld eines leitenden Bandes

Ein dünnes, flaches, unendlich langes Band der Weite W transportiert einen gleichmäßigen Strom I . Bestimmen Sie das magnetische Feld an einem Punkt P , der sich in der Ebene des

Bandes befindet und einen Abstand x von dessen Rand hat. Überlegen Sie sich das Feld eines Streifens. Wie sieht das Ergebnis für den Limes $W \rightarrow 0$ aus? (Hinweis: $\ln(1 + \delta) \approx \delta$ für kleine δ).



3.2 Dipol- und Drehmoment

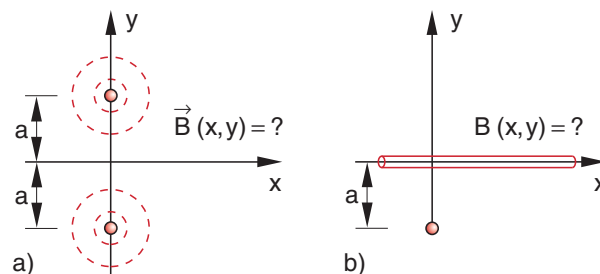
Ein dünner, nicht leitender Stab der Länge $l = 28\text{mm}$ trage eine gleichmäßig über seine Länge verteilte Ladung Q . Er rotiere mit einer Kreisfrequenz $\omega = 1920\text{s}^{-1}$ um eine senkrecht zu seiner Längsachse durch eins seiner Enden gehende Achse und erzeuge dadurch ein magnetisches Dipolmoment $\vec{m} = 2,17 \cdot 10^{-10}\text{Am}^2$.

1. Wie ist das magnetische Dipolmoment definiert?
2. Wie groß ist die Ladung Q ?
3. Wie groß ist der Betrag des auf den magnetischen Dipol wirkenden Drehmoments in einem Magnetfeld mit der Flussdichte $\vec{B} = 0,322\text{ T}$, das unter einem Winkel von 68° zum Vektor des Dipolmoments steht?

3.3 Magnetische Kraft

Zwei lange gerade Drähte sind im Abstand von $2a = 2\text{cm}$ parallel zueinander in z -Richtung ausgespannt und werden jeweils von dem Strom $I = 10\text{A}$ durchflossen, und zwar einmal in gleicher Stromrichtung, im anderen Fall in entgegengesetzter Richtung.

1. Man veranschauliche das resultierende Magnetfeld in der x - y -Ebene senkrecht zu den Drähten. (siehe Abbildung (a))



2. Man bestimme die Kräfte pro Längeneinheit, die die Drähte aufeinander ausüben (Abbildung (a)).
3. Wie groß ist die Kraft, wenn die Drähte senkrecht zueinander stehen, das heißt auf den Geraden $z = y = 0$ und $x = 0, y = -2\text{cm}$ (siehe Abbildung (b)).

3.4 Biot-Savart und Ampere

Berechnen Sie durch die Wahl einer geeigneten Methode das Magnetfeld folgender Anordnungen:

1. Auf der Achse senkrecht durch den Mittelpunkt einer kreisförmigen, mit Strom I durchflossenen Leiterschleife mit Radius R .
2. Einer unendlich langen, mit Strom I durchflossenen Platte der Breite d (d sei so groß, dass Streufelder am Rand der Platte vernachlässigbar sind) mit vernachlässigbarer Dicke.
3. zweier konzentrisch angeordneter, unendlich langer Rohre mit Innenradien r_1 und r_2 und Wandstärke d , die in entgegengesetzter Richtung jeweils vom Strom I durchflossen werden. Bestimmen und skizzieren Sie $B(r)$ für $0 \leq r < 1$. Die Stromdichte in den Rohren sei jeweils konstant (ortsunabhängig).

3.5 Magnetisierung

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

1. Ist Aluminium para-/ferro- oder diamagnetisch?
2. Wie groß ist die Magnetisierung M des Aluminiums?
3. Wie hoch ist die magnetische Flussdichte B im Aluminium?
4. 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?