

Experimentalphysik 2 [PK2]

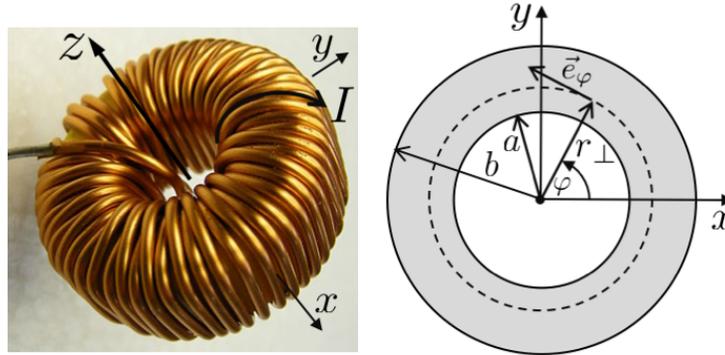
Humboldt-Universität zu Berlin, Sommersemester 2017

Prof. Dr. S. Kowarik

Blatt 7

Abgabe: 8. Juni 2017 bis 13:00 Uhr (Kasten vor NEW 15 1'415)

Aufgabe 1: Ringspule (30%)



Gegeben sei eine Ringspule, bestehend aus N kreisförmigen Leiterschleifen, die dicht nebeneinander liegen und einen Toroiden mit Innenradius a und Außenradius b bilden. Jede Schleife sei (immer im selben Umlaufsinn) durch den Strom I durchflossen. Die z -Achse sei die Symmetrieachse der Ringspule, die (x, y) -Ebene sei die Mittelebene der Spule.

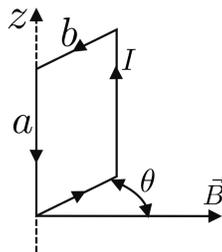
Berechnen Sie das Magnetfeld $\vec{B}(\vec{r})$ im ganzen Raum. Zeigen Sie insbesondere, dass im Innenraum der Spule

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r_{\perp}} \vec{e}_{\varphi} \quad \text{mit } r_{\perp} = \sqrt{x^2 + y^2}$$

gilt. Berechnen Sie ebenfalls die magnetische Erregung $\vec{H}(\vec{r})$.

Hinweis: Aufgrund der Symmetrie der Anordnung müssen die Magnetfeldlinien konzentrische Kreise um die z -Achse bilden.

Aufgabe 2: Kraft auf einen Leiter (30%)

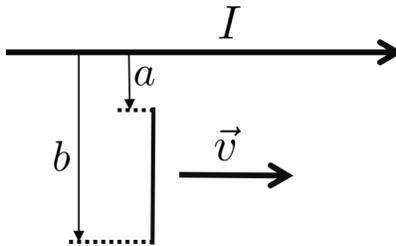


Die Abbildung zeigt eine rechteckige Spule mit Seitenlängen a und b ($a > b$). Die Spule hat $N = 20$ Wicklungen und ist mit der einen (langen) Seite frei drehbar an der z -Achse befestigt. Die Spule wird im eingezeichneten Umlaufsinn von einem Strom der Stärke I durchflossen. Die Spule befindet sich in einem homogenen Magnetfeld $\vec{B} = B\vec{e}_x$. Der Winkel zwischen der kurzen Seite der Spule und dem Magnetfeld betrage θ (wie in der Skizze eingezeichnet). Der Einheitsvektor, der von der z -Achse weg entlang der kurzen Seite der Spule zeigt, lautet also $\vec{e}_{r_{\perp}} = (\cos \theta, \sin \theta, 0)$.

- Berechnen Sie für jeden Punkt \vec{s} der Rechteckschleife die Kraft $d\vec{F}$, die auf ein kurzes Schleifenstück der Länge ds wirkt.
- Berechnen Sie die gesamte magnetische Kraft \vec{F} auf die Spule.
- Berechnen Sie für jeden Punkt \vec{s} der Rechteckschleife das Drehmoment $d\vec{M}$, das bezüglich der z -Achse auf ein kurzes Schleifenstück der Länge ds wirkt.
- Berechnen Sie das Gesamtdrehmoment \vec{M} , das auf die Spule wirkt (Betrag und Richtung). Werten Sie das Ergebnis für das Beispiel $a = 10 \text{ cm}$, $b = 5 \text{ cm}$, $N = 20$, $I = 0,1 \text{ A}$, $B = 1 \text{ T}$, $\theta = 60^\circ$ aus.
- Berechnen Sie das magnetische Dipolmoment \vec{p}_m der Leiterschleife.
- Überprüfen Sie die Beziehung $\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$ durch Vergleich der Ergebnisse aus d) und e).

Die Spule darf als starrer Körper betrachtet werden.

Aufgabe 3: Lorentzkraft (20%)



Ein dünner Kupferstab bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit \vec{v} parallel zu einem geraden Leiter, der in Richtung der Geschwindigkeit von einem Strom I durchflossen wird. Das innere Ende des Stabes habe den Abstand a vom Leiterzentrum, das äußere Ende haben den Abstand b vom Leiterzentrum.

- Berechnen Sie das Magnetfeld $\vec{B}(r_\perp)$ an einem Punkt des Kupferstabes im Abstand r_\perp vom Leiterzentrum.
- Berechnen Sie das elektrische Feld $\vec{E}(r_\perp)$, das an diesem Punkt im Kupferstab herrschen muss, damit die Ladungsverteilung im Leiter statisch ist.
- Berechnen Sie die Spannung U zwischen den Enden des Kupferstabes (Betrag und Richtung). Welcher Wert für U ergibt sich für $v = 5 \text{ m/s}$, $I = 100 \text{ A}$, $a = 1 \text{ cm}$, $b = 20 \text{ cm}$?

Aufgabe 4: Magnetisches Moment im Magnetfeld (20%)

Das magnetische Moment eines Eisenatoms in einem Eisenstab (Dichte $\rho_{\text{Fe}} = 7,9 \text{ g/cm}^3$, Molmasse $M = 56 \text{ g/mol}$) ist $p_m = 1,8 \cdot 10^{-23} \text{ A m}^2$. Der Stab sei $d = 5 \text{ cm}$ lang und habe einen Querschnitt von $A = 1 \text{ cm}^2$. Alle Momente seien in dem Stab entlang der Achse ausgerichtet (Permanentmagnet).

- Berechnen Sie das magnetische Moment p_{Stab} des Stabes.
- Berechnen Sie das Drehmoment M , das auf den Stab wirken muss, damit dieser rechtwinklig zu einem äußeren Magnetfeld der Stärke $B = 1,5 \text{ T}$ steht.