

Übungen zur Vorlesung
 Theoretische Physik B: Elektrodynamik (WS 2016/2017)
 BLATT XI

30. **Magnetisches Moment und Drehimpuls**

Man betrachte einen starren Körper mit Ladungsdichte $\rho_q(r)$ und Massendichte $\rho_m(r)$, der mit der Winkelgeschwindigkeit ω um die z-Achse rotiere. In dieser Aufgabe geht es darum, einen Zusammenhang zwischen dem magnetischen Moment \vec{m} und dem Drehimpuls \vec{L} des Körpers herzuleiten:

- a) Zeigen Sie, dass für ein einzelnes Elektron, das sich kreisförmig um die z-Achse bewegt, der Zusammenhang

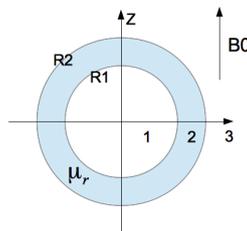
$$\vec{m} = -\frac{e}{2me} \vec{L}$$

gilt. Bestimmen Sie dafür das magnetische Moment eines Kreisstroms um die z-Achse.

- b) Gehen Sie nun von dem allgemeinen Fall aus (d.h. gegeben ist ein Körper mit $\rho_q(r)$, $\rho_m(r)$) und leiten Sie analog einen Ausdruck für \vec{m} in Abhängigkeit von \vec{L} her. Verwenden Sie dabei, dass $\frac{\rho_q(r)}{\rho_m(r)} = \frac{Q_g e s}{M_g e s} = \text{const.}$ gilt.
 c) Vergleichen Sie (a) und (b). Wieso ist das Ergebnis zu erwarten?

31. **Hochpermeable Kugelschale im äußeren Feld**

Eine Kugelschale (Radien R_1 und R_2) mit der Permeabilität μ_r befindet sich im äußeren homogenen Magnetfeld $\vec{B}_0 = B_0 \vec{e}_z$.



- a) In den einzelnen Bereichen kann mit $\vec{H} = -\vec{\nabla} \Psi$ mit einem magnetischen Potenzial

$$\Psi(r, \theta) = \sum_{l=0}^{\infty} \left(a_l r^l + \frac{b_l}{r^{l+1}} \right) P_l(\cos \theta)$$

gerechnet werden. Begründen Sie kurz den Ansatz für \vec{H} und $\Psi(r, \theta)$.

- b) Was können Sie über $\Psi(r = 0, \theta)$ und $\Psi(r \rightarrow \infty, \theta)$ sagen?
 c) Bestimmen Sie H_θ und B_r für die Bereiche 1, 2 und 3. Schreiben Sie das lineare Gleichungssystem auf, um die Entwicklungskoeffizienten zu bestimmen. Lösen Sie dieses **nicht!**
 d) Der Koeffizient für den Innenbereich lautet:

$$a_1^1 = \frac{-9\mu_r B_0}{(\mu_r + 2)(2\mu_r + 1) - 2(\mu_r - 1)^2 (R_1/R_2)^3}$$

Was können Sie für das \vec{B} -Feld in Abhängigkeit von μ_r sagen. Kennen Sie ein Pendant?

32. Haltekraft eines Permanentmagneten

Bestimmen Sie die Kraft \vec{F} eines Permanentmagneten auf eine Pinnwand. Die Wand sei aus Weicheisen ($\mu_r \approx \infty$) und sehr groß gegen den Magneten. Die Fläche des Magneten sei $A = 1 \text{ cm}^2$, das \vec{B} -Feld an der Oberfläche betrage $B = 0.7 \text{ T}$.

Hinweis: Berechnen Sie die Kraft aus der Änderung der Feldenergie $W_{\text{mag}} = \frac{1}{2} \int d^3r \vec{H} \cdot \vec{B}$ in einem sehr kleinen Spalt zwischen Magnet und Wand, wenn sie den Magneten infinitesimal bewegen. Kontrollergebnis: $\vec{F} = -\vec{n} B^2 A / (2\mu_0)$, wobei \vec{n} den Normalenvektor der Wand bezeichne.