Theoretische Physik II - Elektrodynamik WS 05/06

(PD Dr. Achim Feldmeier) [1]

Übungsblatt 9 (32 Punkte) – Ausgabe: 12.12.2005, Abgabe: 19.12.2005 [2]

▷ Aufgabe 1 (Kugel im homogenen Magnetfeld) (8 Punkte)

Betrachten Sie eine Kugel mit dem Radius R und der Permeabilität μ, die in ein homogenes Magnetfeld B_0 gebracht worden ist.

(a) Zeigen Sie, dass man bei der gegebenen Fragestellung ein Potential gemäß $\vec{H} = -\nabla\Phi$ einführen kann. (2 Punkte)

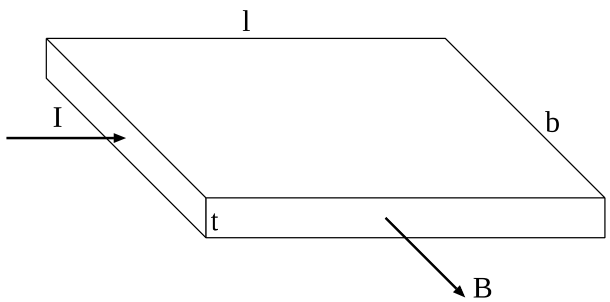
(b) Zeigen Sie ferner, dass das Potential Φ der Laplace-Gleichung genügt, sodass das Problem zum elektrostatischen Problem der dielektrischen Kugel im konstanten äußeren elektrischen Feld (Aufgaben 7.1 a und 8.2) äquivalent ist. Geben Sie $\vec{B}(\vec{r})$ an. (2 Punkte)

(c) Geben Sie die magnetische Feldstärke und die magnetische Flussdichte als Funktion der Magnetisierung $\vec{M}$ an. Berechnen Sie die Oberflächenstromdichte die nötig wäre, diese magnetische Flussdichte zu erzeugen. (2 Punkte)

(d) Zeigen Sie, dass derselbe Oberflächenstrom durch die Rotation einer Kugel mit homogen auf der Oberfläche verteilter Ladung erzeugt werden kann. (2 Punkte)

▷ Aufgabe 2 (Lorentzkraft) (6 Punkte)

Ein Leiter habe die Form eines dünnen Plättchens. Durch das Plättchen fließe ein Strom I von links nach rechts. Ein homogenes Magnetfeld soll aus der Papierebene heraus zeigen.



(a) In welche Richtung werden die *positiven* Ladungsträger abgelenkt? (1 Punkt)

(b) Finden Sie die Potentialdifferenz V zwischen der oberen und der unteren Oberfläche des Plättchens als Funktion der magnetischen Induktion $\vec{B}$, der Geschwindigkeit $\vec{v}$ der Ladungsträger und den Abmessungen des Plättchens. (3 Punkte)

(c) Zeigen Sie, dass Sie mit Hilfe eines Magnetfeldes *keine* Arbeit an elektrischen Ladungsträgern verrichten können. Steht die von Ihnen unter (b) ausgerechnete Potentialdifferenz dazu im Widerspruch? Falls nicht, warum nicht? (2 Punkte)

---

[1] `http://www.quantum.physik.uni-potsdam.de/teaching/ws2005/ed05/`

[2] Abgabe bis 11 Uhr in die jeweiligen Fächer der Übungsleiter im Erdgeschoss von Haus 19

▷ Aufgabe 3 (Gyromagnetisches Verhältnis) (8 Punkte)

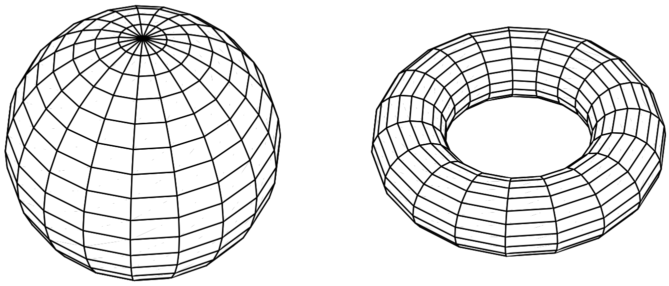
Das magnetische Dipolmoment $\vec{m}$ ist durch

$$\vec{m} = \frac{1}{2} \int_{V'} \vec{r'} \times \vec{j}(\vec{r'})\, dV' \tag{1}$$

mit

$$\vec{j}(\vec{r'}) = \rho(\vec{r'})\, \vec{v}(\vec{r'}) \tag{2}$$

gegeben. Im folgenden sollen Sie das magnetische Dipolmoment eines Körpers berechnen, der mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω um eine feste Drehachse rotiert.



(a) Berechnen Sie $\vec{m}$ einer sich drehenden Kugel. Die Ladungen seien homogen über das Kugelvolumen verteilt. Die Drehachse soll durch den Mittelpunkt der Kugel gehen. (3 Punkte)

(b) Berechnen Sie $\vec{m}$ eines sich drehenden Torus. Die Ladungen seien wieder homogen über das Torus-Volumen verteilt. Die Drehachse sei die Symmetrieachse des Torus. (3 Punkte)

(c) Nehmen Sie für die Körper unter (a) und (b) eine homogene Massenverteilung an. Wie groß sind die jeweiligen Drehimpulse? (Möglicherweise möchten Sie an diesem Punkt nochmal ihre Mechanik-Vorlesungen nach den Trägheitsmomenten der homogenen Kugel und des Torus durchforsten.)

Der Proportionalitätsfaktor zwischen dem magnetischen Dipolmoment $\vec{m}$ und dem Drehimpuls $\vec{L}$ wird *gyromagnetisches Verhältnis* genannt. Wie groß ist das gyromagnetische Verhältnis in den beiden obigen Fällen? Sehen Sie ein Muster? Unter welcher Bedingung gilt dieses Muster?

Finden Sie ein makroskopisches Beispiel, in dem dieses Muster nicht gilt. (2 Punkte)

▷ **Aufgabe 4 (Energieerhaltung im Transformator)** (10 Punkte)

An einem Transformator mit den Primär- bzw. Sekundärwindungszahlen N_1 und N_2 liege die Eingangsspannung $V_\mathrm{i} = V_1 \cos(\omega t)$ und an der Sekundärseite (Ausgangsspannung V_o) liege ein Widerstand R. Führen Sie die folgenden Berechnungen aus, um die Energieerhaltung zu zeigen (je 2 Punkte).

(a) Im idealen Transformator durchsetzt identischer magnetischer Fluß alle Primär- und Sekundärwindungen. Zeigen Sie, dass dann $M^2 = L_1 L_2$, wobei M die gegenseitige Induktivität und L_1, L_2 die Selbstinduktivitäten der beiden Spulen sind.

(b) Zeigen Sie, dass die Ströme gegeben sind durch

$$L_1(dI_1/dt) + M(dI_2/dt) = V_1\cos(\omega t); \quad L_2(dI_2/dt) + M(dI_1/dt) = -I_2 R\,.$$

(c) Bestimmen Sie $I_1(t)$ und $I_2(t)$ (I_1 sei frei von Gleichstromanteilen).

(d) Zeigen Sie, dass $V_\mathrm{o}/V_\mathrm{i} = N_2/N_1$.

(e) Zeigen Sie die Gleichheit der mittleren Ausgangs- und Eingangsleistungen.