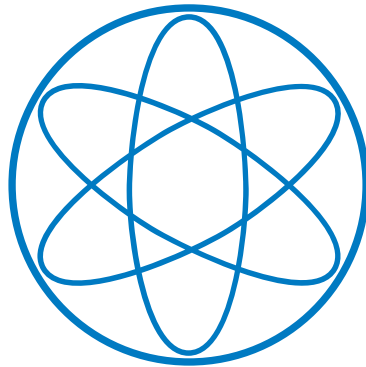


FERIENKURS ZUR THEORETISCHEN PHYSIK II
21. MÄRZ - 24. MÄRZ 2016
PHILIPP LANDGRAF, FRANZ ZIMMA



ÜBUNGSBLATT 2
MAGNETOSTATIK IM VAKUUM, FELDER IN POLARISIERBARER MATERIE

Aufgabe 2.1: Gemischte Magnetostatik

Wir betrachten im Folgenden stromerzeugende (bzw. stromdurchflossene) Objekte mit Zentrum (bzw. Schwerpunkt) bei $\vec{0}$. Wir interessieren uns für verschiedene physikalische Größen im gesamten Raum. Wählen Sie für jedes Problem ein geeignetes Koordinatensystem. Alle angegebenen Größen sind zeitlich konstant.

- (a) Eine homogen mit Q geladene (unendlich dünne) Kreisscheibe mit Radius R rotiert mit konstanter Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega} = \omega \hat{e}_z$.
- Geben Sie die Stromdichte $\vec{j}(\vec{r})$ an
 - Berechnen Sie das zugehörige magnetische Dipolmoment \vec{m} .

Hinweis: Für die Geschwindigkeit bei starrer Rotation gilt $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$.

- (b) Ein unendlich langer Vollzylinder mit Radius R_i ist in z -Richtung orientiert. Konzentrisch dazu liegt ein (unendlich dünner) Zylindermantel mit Radius $R_a > R_i$. Ein konstanter Strom I fließt über den Vollzylinder (in z -Richtung) und über den Zylindermantel wieder zurück.
- Geben Sie die Stromdichte $\vec{j}(\vec{r})$ an
 - Berechnen Sie das \vec{B} -Feld dieser Anordnung im gesamten Raum.

- (c) Eine gerade (sehr dicht gewickelte) Spule kreisförmigen Querschnitts (Radius R) der Länge L mit N Windungen ist in z -Richtung entlang ihrer Symmetrieachse orientiert und wird von einem Strom I durchflossen. Die Drahtdicke ist vernachlässigbar.
- Geben Sie die Stromdichte $\vec{j}(\vec{r})$ an
 - Nun geht $L \rightarrow \infty$, während wir das Verhältnis $\frac{N}{L}$ konstant halten.
Welchen Wert erwarten Sie für das Wegintegral $\int_{-L/2}^{L/2} dz B_z(z)$? Geben Sie einen Rechenweg und eine Erklärung.

Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass das Magnetfeld (mit zunehmendem L) im Außenraum der Spule verschwindet und ansonsten konstant ist.

- (d) Ein stromdurchflossener, zylindrischer Draht mit Radius R und unendlicher Länge ist entlang seiner Symmetrieachse (in z -Richtung) orientiert.
- Geben Sie die Stromdichte $\vec{j}(\vec{r})$ an
 - Berechnen Sie anschließend das (stetige) Vektorpotential \vec{A} und das \vec{B} -Feld dieser Anordnung im gesamten Raum.

Hinweis: Da die Funktion $A(\rho)$ nur vom Radius ρ abhängt, gilt für den Laplaceoperator in Zylinderkoordinaten:

$$\Delta A(\rho) = A''(\rho) + \frac{1}{\rho} A'(\rho) = \frac{1}{\rho} \frac{d}{d\rho} [\rho A'(\rho)]$$



Aufgabe 2.2: Plattenkondensator mit eingeschobenem Dielektrikum

In einem rechteckigen Plattenkondensator (Plattenabstand a und Fläche $b \cdot c$) ist um eine Strecke x (mit $0 < x < b$) ein Dielektrikum der relativen Dielektrizitätskonstante $\epsilon > 1$ eingeschoben. Der restliche Raum zwischen den Platten ist leer. Die Ladungen auf der unteren und oberen Platte sind Q und $-Q$. Alle Felder zwischen den Platten können als (stückweise) homogen angenommen werden.

- (a) Welche Beziehung gilt zwischen den elektrischen Feldern E_1 und E_2 ? Welche Beziehung gilt zwischen den dielektrischen Verschiebungen D_1 und D_2 . Begründen Sie ihre Aussagen.
- (b) Welcher Zusammenhang besteht zwischen D_1, D_2 und den Flächenladungsdichten σ_1, σ_2 ? Begründen Sie ihre Aussagen.
- (c) Berechnen Sie in Abhängigkeit von Q und x das elektrische Feld \vec{E} und die dielektrische Verschiebung \vec{D} im gesamten Raum zwischen den Platten.
- (d) Berechnen Sie in Abhängigkeit von Q und x die elektrostatische Feldenergie

$$W(x) = \frac{1}{2} \int dV \vec{E} \cdot \vec{D}.$$

- (e) Mit welcher Kraft $\vec{F} \sim \hat{e}_x$ wird das Dielektrikum in den Kondensator hineingezogen?

Aufgabe 2.3: Punktladung vor Dielektrikum

Sei der Rechte Halbraum ($x > 0$) von einem Dielektrikum mit einem dielektrischen Medium mit $\epsilon_r > 1$ gefüllt. Im Linken Halbraum ($x < 0$) befinde sich eine Punktladung der Ladung q an der Stelle $-a\hat{e}_x$.

- (a) Berechnen sie das Elektrische Feld im ganzen Raum.
- (b) Berechnen Sie die auf der Grenzfläche influenzierte Polarisationsflächenladungsdichte.