

Übungen zur Vorlesung Theorie II (Elektrodynamik)

Blatt 3

Quickies:

31. Was ist das Monopolmoment einer Stromverteilung?
32. Wie ist das magnetische Moment einer Stromverteilung definiert?
33. Welche Kraft wirkt auf einen magnetischen Dipol einem äusseren magnetostatischen Feld?
34. Wie ist die mechanische Energie einer Stromverteilung im äusseren Potential? Wie ist die Gesamtenergie einer Stromverteilung im äusseren Potential? Wie unterscheiden sich die beiden und warum?

Aufgaben (abzugeben bis 22. Mai, 13:00 Uhr, im roten Kasten 34, Erdgeschoss Physik-Gebäude)

Aufgabe 8) Multipolentwicklung II (10 Punkte)

Betrachten Sie ein stationäres System mit Ladungsdichteverteilung $\rho(\vec{r}) = \frac{1}{64\pi} r^2 e^{-r} \sin^2 \theta$. (Das entspricht etwa den $m = \pm 1$ -Zuständen des $2p$ -Niveaus von Wasserstoff).

- (a) Drücken Sie die Ladungsverteilung durch Kugelflächenfunktionen aus in der Form $\rho(\vec{r}) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l c_{lm}(r) Y_{lm}(\theta, \phi)$
- (b) Rekapitulieren Sie den Ausdruck aus der Vorlesung für die Entwicklung des Potentials einer beliebigen räumlich begrenzten Ladungsverteilung $\rho(\vec{r})$ für große Abstände nach sphärischen Multipolmomenten q_{lm} . Bestimmen Sie für die vorliegende Ladungsverteilung alle nichtverschwindenden Multipolmomente.
Hinweis: Wenn Sie die Aufgabe (a) nicht lösen konnten, dann rechnen Sie weiter mit $\rho(\vec{r}) = r^2 e^{-r} (c_0 Y_{00}(\theta, \phi) + c_2(r) Y_{20}(\theta, \phi))$, wobei c_0 und c_2 Konstanten sind.
- (c) Bestimmen Sie nun mit Hilfe von (a) auch das Potential bei $r \rightarrow 0$ bis zur Ordnung r^2 . Sie erhalten $\Phi(r) \approx \frac{1}{4} - \frac{r^2}{120} P_2(\cos \theta)$, wobei $P_2(x) = \frac{1}{2}(3x^2 - 1)$ das zweite Legendre-Polynom ist.

Aufgabe 9) Magnetische Multipole (10 Punkte)

- (a) Zeigen Sie, dass auf eine Stromschleife im homogenen Magnetfeld keine Kraft wirkt.
- (b) Berechnen Sie das magnetische Moment einer ebenen, vom Strom I durchflossenen Stromschleife, die die Fläche A einschliesst.
- (c) Stellen Sie eine Beziehung her zwischen dem magnetischen Moment aus (b) und dem Drehimpuls für den Fall, dass der Strom I durch ein einzelnes Elektron erzeugt wird.

Aufgabe 10) Kugelkondensator mit Dielektrikum (10 Punkte)

Zwei konzentrische leitende Kugeln vom inneren und äußeren Radius a bzw. b tragen die Ladung $\pm Q$. Der Raum zwischen den Kugeln ist zur Hälfte mit einem Dielektrikum gefüllt (siehe Bild)



- (a) Bestimmen Sie das elektrische Feld an allen Punkten zwischen den Kugeln.
- (b) Berechnen Sie die Verteilung der Flächenladung auf der inneren Kugel.
- (c) Berechnen Sie die Dichte der auf der Oberfläche des Dielektrikums bei $r = a$ induzierten Polarisationsladung.