

Moderne Physik für Lehramtskandidaten

Vorlesung: PD Dr. S. Gieseke – Übung: Dr. B. Agarwal

Übungsblatt 5

Abgabe: 29.11.2023

Besprechung: 30.11.2023 und 1.12.2023

Aufgabe 1: Dipol- und Quadrupolmoment (10 P)

Berechnen Sie das Dipolmoment \mathbf{p} und den Quadrupoltensor Q der folgenden Ladungsanordnungen.

- (a) (**2 P**) Zwei Ladungen q befinden sich in einem kartesischen Koordinatensystem an den Punkten

$$\begin{pmatrix} 0 \\ d \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

und zwei Ladungen $-q$ an den Punkten

$$\begin{pmatrix} d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ -d \\ 0 \end{pmatrix}$$

- (b) (**3 P**) Zwei Ladungen q befinden sich in einem kartesischen Koordinatensystem an den Punkten

$$\begin{pmatrix} d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

und zwei Ladungen $-q$ an den Punkten

$$\begin{pmatrix} 0 \\ d \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ -d \\ 0 \end{pmatrix}$$

Gibt es einen Unterschied zwischen die Lösungen der Teilen (a) und (b)? Und wenn ja, warum?

- (c) (**5 P**) Vier Ladungen q befinden sich in einem kartesischen Koordinatensystem an den Punkten

$$\begin{pmatrix} 0 \\ d \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ -d \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ d \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -d \end{pmatrix}$$

und vier Ladungen $-q$ an den Punkten

$$\begin{pmatrix} -d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -d/3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 3d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Aufgabe 2: Ladungsverteilungen (10 P)

- (a) (4 P) Bestimmen Sie die Ladungsverteilung, die das elektrische Feld

$$\mathbf{E}(r) = \begin{cases} \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0}(r/6 - r^2/(8R))\mathbf{e}_r & \text{falls } r \leq R \\ \frac{\rho_0}{96\pi\epsilon_0}R^3/r^2\mathbf{e}_r & \text{falls } r > R \end{cases}$$

erzeugt. Was passiert an der Stelle $r = R$?

- (b) (6 P) Eine gegebene Ladungsverteilung $\rho(\mathbf{r})$ besitze axiale Symmetrie um die z -Achse.

- (i) Zeigen Sie, dass der Quadrupoltensor diagonal ist.
- (ii) Verifizieren Sie: $Q_{xx} = Q_{yy} = -Q_{zz}/2$.
- (iii) Berechnen Sie das Potential und die elektrische Feldstärke des Quadrupols als Funktion von Q_{zz} .