

# Moderne Physik für Lehramtskandidaten

Vorlesung: PD Dr. S. Gieseke – Übung: Dr. C. B. Duncan

## Übungsblatt 5

Abgabe: 30.11.2022

Besprechung: Fr. 02.12.2022

### 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

$$\begin{pmatrix} -d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -d/2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

## Aufgabe 2: Ladungsverteilungen (10 P)

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

$$\mathbf{E}(r) = \begin{cases} \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0}(r/3 - r^2/(4R))\mathbf{e}_r & \text{falls } r \leq R \\ \frac{\rho_0}{48\pi\epsilon_0}R^3/r^2\mathbf{e}_r & \text{falls } r > R \end{cases}$$

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  $Q_{zz}$ .