

Moderne Theoretische Physik für Lehramtskandidaten

Vorlesung: PD Dr. S. Gieseke – Übung: Dr. F. Staub

Übungsblatt 5

Ausgabe: Mi, 14.11.2018 – Besprechung: Fr, 23.11.2018

Aufgabe 1: Ladungsverteilungen

4 P

Bestimmen Sie die Ladungsverteilung, die das elektrische Feld

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

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

Aufgabe 2: Eine Konfiguration von Punktladungen

10 P

Zwei Punktladungen $\pm Q$ befinden sich an den Orten $(0, 0, \pm a/2)$.

- 2 P Wie sehen Ladungsverteilung und Potential aus?
- 3 P Die Ladungen sollen so zusammenrücken, dass die Größe $p = Qa$ konstant bleibt. Entwickeln Sie das Potential um $a = 0$, und zeigen Sie, dass sich für $a \rightarrow 0$ das Potential $\Phi = pz/r^3$ ergibt.
- 3 P Welches Potential ergibt sich aus der Ladungsdichte $\rho = -p\delta(x)\delta(y)\delta'(z)$? Vergleichen Sie das Ergebnis mit b.) und interpretieren Sie es.
- 2 P Berechnen Sie das elektrische Feld des Dipols, und skizzieren Sie die Feld- und Äquipotentiallinien.

Aufgabe 3: Quadrupolmoment**5 P**

Vier Ladungen q befinden sich in einem kartesischen Koordinatensystem an den Punkten

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

und fünf Ladungen $-q$ an den Punkten

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

Berechnen Sie das Dipolmoment \vec{p} und den Quadrupoltensor Q dieser Ladungsanordnung.

Aufgabe 4: Kreisförmige Lochscheibe**6 P**

Eine kreisförmige Lochscheibe mit innerem Radius R_i und äußerem Radius R_a ist mit der Flächenladungsdichte σ belegt.

- (a) **3 P** Berechnen Sie die Kraft, die auf eine Punktladung q wirkt, die sich im Abstand x von der Kreisscheibe auf der Mittelachse senkrecht zur Kreisscheibe befindet.
- (b) **3 P** Wie lautet das Ergebnis für folgende Grenzfälle:
- (i) $R_i \rightarrow 0$
 - (ii) $R_a \rightarrow \infty$
 - (iii) $R_i \rightarrow 0$ und $R_a \rightarrow \infty$
 - (iv) $R_i \rightarrow R_a$ bei konstanter Ladung auf dem Ring.
Was ergibt sich, wenn man in (iv) den Grenzfall $R_a \rightarrow 0$ betrachtet?