

Klassische Theoretische Physik III (Theorie C)

Institut für Theoretische Teilchenphysik

Prof. Dr. M. Steinhauser, Dr. T. Kasprzik, Dr. L. Mihaila
<http://www.ttp.kit.edu/~kasprzik/theoc/>

WS 13/14
Übungsblatt 3
Besprechung: 13.11.2013

Aufgabe 1: Energie des elektrostatischen Feldes

Bestimmen Sie die Energie der elektrostatischen Felder, die aus den folgenden Ladungsverteilungen resultieren:

- (a) homogen geladene Kugel mit der Gesamtladung Q und dem Radius R .
- (b) homogen geladene Kugelschale mit der Gesamtladung Q und den Radien R_i und R_a ($R_i < R_a$).

Hinweis: Berechnen Sie das elektrische Feld \vec{E} in den drei Raumbereichen

$$(i) 0 \leq r < R_i; \quad (ii) R_i \leq r \leq R_a; \quad (iii) R_a < r.$$

Aufgabe 2: Zylinderkondensator

Ein Zylinderkondensator besteht aus zwei coaxialen Zylindern der Höhe h mit den Radien $R_i < R_a$. Der innere Zylinder habe die Ladung $+Q$, der äußere Zylinder $-Q$.

- (a) Berechnen Sie das elektrische Feld $\vec{E}(\vec{r})$ und das Potential $\varphi(\vec{r})$ im gesamten Raum.
- (b) Bestimmen Sie die Kapazität des Kondensators.
- (c) Berechnen Sie die Gesamtenergie des Kondensators.

Hinweis: Vernachlässigen Sie die Streufelder an den Rändern.

Aufgabe 3: Multipolentwicklung

Das Potential einer räumlich begrenzten Ladungsverteilung $\rho(\vec{r})$ hat für große Abstände die Form:

$$\varphi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{Q}{r} + \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3} + \frac{1}{2} \sum_{i,j} Q_{ij} \frac{x_i x_j}{r^5} + \dots \right].$$

Die kartesischen Monopol-, Dipol-, und Quadrupolmomente sind gegeben durch

$$Q = \int d^3r' \rho(\vec{r}'), \quad p_i = \int d^3r' \rho(\vec{r}') x'_i, \quad Q_{ij} = \int d^3r' \rho(\vec{r}') (3x'_i x'_j - r'^2 \delta_{ij}).$$

- (a) Berechnen Sie Q, p_i, Q_{ij} für die folgenden Anordnungen von Punktladungen:
 - (i) eine Ladung q am Punkt $(0, 0, d)$ und eine Ladung $-q$ am Ursprung;
 - (ii) zwei Ladungen q an den Punkten $(0, d, 0)$ und $(0, -d, 0)$ und zwei Ladungen $-q$ an den Punkten $(0, 0, d)$ und $(0, 0, -d)$.
 - (b) Geben Sie das resultierende Potential $\varphi(\vec{r})$ für die Fälle (i) und (ii) an und berechnen Sie daraus die elektrische Feldstärke $\vec{E}(\vec{r})$.
-