

Moderne Theoretische Physik für Lehramtskandidaten

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

Übungsblatt 4

Abgabe: Mi, 02.12.2020 – Besprechung: Fr, 05.12.2020

Aufgabe 1: Ladung und Dipolmoment

7 P

- (a) 1 P Der Raum zwischen zwei konzentrischen Kugeln mit dem Radius R_i und R_a ($R_i < R_a$) sei mit der Dichte

$$\rho(\vec{r}) = \begin{cases} \frac{\alpha}{r^2} & \text{falls } R_i < r < R_a \ (\alpha > 0), \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

geladen. Berechnen Sie die Gesamtladung.

- (b) 2 P Berechnen Sie für die Ladungsverteilung (abgeschirmte Punktladung)

$$\rho(\vec{r}) = q \left[\delta(\vec{r}) - \frac{\alpha^2 e^{-\alpha r}}{4\pi r} \right]$$

die Gesamtladung Q .

- (c) 4 P Eine Hohlkugel vom Radius R trage die Ladungsdichte

$$\rho(\vec{r}) = \sigma_0 \cos \vartheta \delta(r - R).$$

Berechnen Sie die Gesamtladung Q und das Dipolmoment \vec{p} :

$$\vec{p} = \int \vec{r} \rho(\vec{r}) d^3r$$

Aufgabe 2: Der Kugelkondensator**8 P**

Ein Kugelkondensator bestehe aus zwei konzentrischen Kugelschalen mit den Radien R_i und R_a . Auf den (unendlich dünnen) Kugelschalen sollen sich die homogen verteilten Ladungen $+Q$ und $-Q$ befinden.

- (a) **2 P** Geben Sie die Ladungsdichte $\rho(\vec{r})$ an und berechnen Sie daraus mit Hilfe des Gaußschen Satzes die elektrische Feldstärke.
- (b) **2 P** Überprüfen Sie, ob die Stetigkeitsbedingungen

$$\Delta E_{\perp} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \text{und} \quad \Delta E_{\parallel} = 0$$

für die Normalkomponente E_{\perp} und die Tangentialkomponente E_{\parallel} des elektrischen Feldes an den beiden Grenzflächen erfüllt sind.

- (c) **2 P** Bestimmen und skizzieren Sie das Potential unter Berücksichtigung der physikalischen Randbedingungen

$$\varphi(r \rightarrow \infty) = 0; \quad \varphi \text{ stetig bei } r = R_i \text{ und } r = R_a.$$

Berechnen Sie daraus auch die Kapazität des Kugelkondensators.

- (d) **2 P** Was ergibt sich für die Gesamtenergie des Kugelkondensators? Vergleichen Sie Ihr Resultat mit dem Ergebnis für den Plattenkondensator.

Aufgabe 3: Feld eines Kreisrings**3 P**

Ein homogen geladener, unendlich dünner Kreisring mit Radius R liegt in der xy -Ebene und hat seinen Mittelpunkt im Ursprung. Berechne die elektrische Feldstärke \vec{E} und das Potenzial φ entlang der z -Achse. Diskutiere weiterhin den Grenzfall $|z| \gg R$.