

Moderne Physik für Lehramtskandidaten

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

Übungsblatt 4

Abgabe: 22.11.2023

Besprechung: 23.11.2023 and 24.11.2023

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

$$\rho(\mathbf{r}) = \begin{cases} \frac{\alpha}{r^3} & \text{falls } R_i < r < R_a \quad (\alpha > 0) \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

geladen. Berechnen Sie die Gesamtladung.

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

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

die Gesamtladung Q .

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

$$\rho(\mathbf{r}) = \sigma_0 \left[2 \cos^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) - 1 \right] \delta(r - R)$$

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

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

Aufgabe 2: Der Kugelkondensator (10 P)

Ein Kugelkondensator besteht 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 $\rho(\mathbf{r})$ an und berechnen Sie daraus mit Hilfe des Gaußschen Satzes die elektrische Feldstärke.
- (b) (3 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) **(3 P)** Bestimmen und skizzieren Sie das Potential unter Berücksichtigung der physikalischen Randbedingungen

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

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. Berechnen Sie die elektrische Feldstärke \mathbf{E} und das Potential ϕ entlang der z -Achse. Diskutiere weiterhin den Grenzfall $|z| \gg R$.