

# Moderne Physik für Lehramtskandidaten

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

## Übungsblatt 4

Abgabe: 23.11.2022

Besprechung: Fr. 25.11.2022

### 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

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

geladen. Berechnen Sie die Gesamtladung.

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

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

die Gesamtladung  $Q$ .

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

$$\rho(\mathbf{r}) = \sigma_0 \cos \theta \delta(r - R)$$

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  $\phi$  entlang der  $z$ -Achse. Diskutiere weiterhin den Grenzfall  $|z| \gg R$ .