

Übungen zur Theoretischen Physik 2 für das Lehramt L3 – Blatt 4

Aufgabe 1: Feldenergie von Ladungsverteilungen

Auf Blatt 2 haben wir in Aufgabe 2 c) und d) das elektrische Feld für eine homogen geladene Kugel mit Radius a und Ladungsdichte ρ_0 bzw. eine homogen geladene Kugelschale mit Radius a mit der Flächenladungsdichte Σ_0 bestimmt. Die Gesamtladung ist jeweils $Q = 4\pi a^3 \rho_0/3$ bzw. $Q = 4\pi a^2 \Sigma_0$. Die jeweiligen elektrischen Felder sind

$$\vec{E}_1(\vec{r}) = \begin{cases} Q\vec{r}/(4\pi\epsilon_0 a^3) & \text{für } r < a, \\ Q\vec{r}/(4\pi\epsilon_0 r^3) & \text{für } r > a, \end{cases} \quad (1)$$

$$\vec{E}_2(\vec{r}) = \begin{cases} \vec{0} & \text{für } r < a, \\ Q\vec{r}/(4\pi\epsilon_0 r^3) & \text{für } r > a. \end{cases} \quad (2)$$

- (a) Berechnen Sie für die beiden elektrostatischen Felder jeweils das Potential.
 (b) Berechnen Sie mit Hilfe der Energiedichte des elektrischen Feldes

$$w = \frac{\epsilon_0}{2} \vec{E}^2 \quad (3)$$

die gesamte in den jeweiligen Feldern enthaltene Energie.

- (c) Berechnen Sie die Feldenergie für die homogen geladene Kugel nochmals mit Hilfe der alternativen Formel

$$W = \int_{\mathbb{R}^3} d^3r \frac{1}{2} \rho(\vec{r}) \Phi(\vec{r}). \quad (4)$$

- (d) Wie lautet die entsprechende Formel für die homogen geladene Kugelschale? Berechnen Sie auch in diesem Fall die gesamte Feldenergie nochmals mit dieser alternativen Formel.
-

Aufgabe 2: Abgeschirmte Ladung

Das Potential für das elektrische Feld einer abgeschirmten Punktladung kann durch das Yukawa-Potential

$$\Phi(\vec{r}) = V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \exp(-kr) \quad (5)$$

beschrieben werden. Dabei ist $k > 0$ eine Konstante.

- (a) Berechnen Sie das elektrische Feld $\vec{E} = -\text{grad}\Phi$.
 (b) Berechnen Sie $\text{div}\vec{E}$ für $\vec{r} \neq \vec{0}$.
 (c) Berechnen Sie den Fluss des elektrischen Feldes durch eine Kugelschale mit Radius a um den Ursprung, also

$$\frac{1}{\epsilon_0} Q_a = \int_{\partial K_a} d^2\vec{f} \cdot \vec{E}. \quad (6)$$

- (d) (zum Knobeln:) Was kann man aus dem Limes $a \rightarrow 0$ für $\text{div}\vec{E}$ am Ursprung $\vec{r} = \vec{0}$ schließen?
-

Homepage zu Vorlesung und Übungen:

<https://th.physik.uni-frankfurt.de/~hees/theo2-13-SS19/index.html>