
Übungen zur Vorlesung Experimentalphysik II

V. Austrup, F. Ellinghaus, G. Jäkel, N. Lehmann, F. Schröder

Sommersemester 2018

Universität Wuppertal

BLATT IV

ABGABE BIS DONNERSTAG, DEN 17. MAI 2018 UM 10:00

(IN DIE JEWEILIGEN POSTFÄCHER IHRES ÜBUNGSGRUPPENLEITERS AUF D09)

1. Divergenz

(3 Punkte)

Das elektrische Feld einer homogen geladenen Kugel mit Radius R und Ladung Q (bzw. Ladungsdichte ρ) ist

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{r}{R^3} \cdot \vec{e}_r \quad \text{für } r < R \quad \text{und} \quad \vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \vec{e}_r \quad \text{für } r \geq R.$$

Zeigen Sie explizit, dass $\text{div } \vec{E} = \rho/\epsilon_0$ für $r < R$ und $\text{div } \vec{E} = 0$ für $r \geq R$.

Hinweis: Überlegen Sie sich, wie $\vec{E}$ in kartesischen Koordinaten aussieht und bilden dann die Divergenz.

2. Geladene Kugeln

(2.5+2.5+2+2+2 = 11 Punkte)

In trockener Luft bilden sich schnell Ionen, falls sie einem elektrischen Feld von mehr als etwa $10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ ausgesetzt wird. Die Luft wird dadurch elektrisch leitend und das Feld bricht zusammen. Daher gibt es eine Obergrenze für die Ladung, die ein von Luft umgebener Körper maximal tragen kann.

- Berechnen Sie mit Hilfe des Gaußschen Satzes und Symmetrieargumenten das elektrische Feld im Abstand r vom Mittelpunkt einer homogen geladenen (nicht leitenden) Kugel mit Radius R . Die Gesamtladung der Kugel sei Q . Vergleichen Sie mit dem elektrischen Feld einer Metallkugel, bei der (durch Influenz) die gesamte Ladung auf der Kugeloberfläche verteilt ist. Skizzieren Sie den Betrag der elektrischen Feldstärke für beide Fälle in Abhängigkeit von r .
- Berechnen und skizzieren Sie das elektrostatische Potential für die homogen geladene Kugel und für die Metallkugel als Funktion von r .
- Welche Ladungsmenge kann maximal auf eine Kugel vom Radius $R = 10 \text{ cm}$ gebracht werden, bevor das elektrische Feld durchbricht? Wie groß müsste eine Kugel sein, die (in einer Luftumgebung) eine Ladung von 1 C tragen soll?
- Wie groß ist die elektrische Selbstenergie einer maximal aufgeladenen Metallkugel mit $R = 10 \text{ cm}$? Die Selbstenergie entspricht der aufgewendeten Arbeit, um die Ladung in Portionen dQ nach und nach aus dem Unendlichen auf die Kugel zu bringen.

- (e) Betrachten Sie zwei maximal, aber entgegengesetzt aufgeladene Bleikugeln mit Radius 10 cm im Abstand von 10 m zueinander. Wie groß sind die elektrische und die gravitative Anziehungskraft und wie groß ist das Verhältnis von beiden ($\rho_{\text{Blei}} = 11,34 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)?

3. Potential eines Ringes

(2.5+1+1.5+1 = 6 Punkte)

- (a) Berechnen Sie das Potential Φ eines homogenen, geladenen Ringes mit Radius a und Ladung q an einem beliebigen Punkt x auf seiner Symmetrieachse. Die Symmetrieachse sei die x-Achse und der Ring liege bei $x = 0$.
- (b) Tragen Sie $\Phi(x)$ gegen x auf.
- (c) Wo liegt das Maximum von $\Phi(x)$?
- (d) Wie groß ist $E(x)$ in diesem Punkt?