Übungsblatt # 8 zur Vorlesung
Klassische Theoretische Physik III

Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Theoretische Festkörperphysik

Dr. Giuseppe Toscano (giuseppe.toscano@kit.edu)

Prof. Dr. Carsten Rockstuhl (carsten.rockstuhl@kit.edu)

Übung 1 - Steighöhe (2 Punkte)

Ein Plattenkondensator der Höhe h, Breite b und Plattenabstand d sei bis zu einer Höhe y $(0 \leq y \leq h)$ mit einem linearen Dielektrikum der relativen Dielektrizitätskonstante ε_r gefüllt.

(a) An die Platten werde die Spannung U angelegt. Berechnen Sie die Kraft auf das Dielektrikum.

(b) Berechnen Sie die Kraft auf das Dielektrikum, wenn der Kondensator nach Aufbringen einer Ladung von der Spannungsquelle getrennt wird.

Übung 2 - Dielektrische Kugel mit Punktdipol im Zentrum in einem Dielektrikum (2+3+1=6 Punkte)

Gegeben ist eine dielektrische Kugel mit Radius r_0, in deren Zentrum sich ein Punktdipol $\mathbf{p}$ befindet, umgeben von einem anderen Dielektrikum. Berechnen Sie an Hand der folgenden Schritte das elektrostatische Potential und das zugehörige elektrische Feld dieser Anordnung. Verwenden Sie den Ansatz $\phi(r, \theta) = R(r)\cos(\theta)$ zur Berechnung des elektrostatischen Potentials.

(a) Durch Anwendung der Übergangsbedingungen für das Potential lässt sich das allgemeine Potential für den Innen- und Außenraum bis auf eine Konstante a_{2k} bestimmen. Bestimmen Sie dieses allgemeine Potential in den beiden Räumen!

(b) Wenden Sie die Bedingung an, dass ein Punktdipol im Zentrum der Kugel steht, um die Konstante a_{2k} zu bestimmen.

(c) Bestimmen Sie das zugehörige elektrische Feld.

Übung 3 - Der Maxwellsche Spannungstensor (2+1+3+1=7 Punkte)

Zwei geladene Kugelschalen (Radius R) mit der Oberflächenladungsdichte σ, sind in einer Distanz von $d > 2R$ zueinander plaziert (Abb. 1).

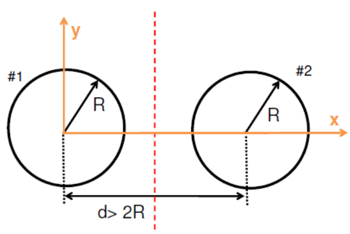

Abbildung 1: Geometrische Parameter zweier identischer Kugelschalen (xy-Ebene) im freien Raum mit der Oberflächenladungsdichte σ.

(a) Berechnen Sie das elektrische Feld der beiden Kugelschalen auf der Mittelebene mit $x = \frac{d}{2}$ (siehe Abbildung 1, rote gestrichene Linie).

(b) Zeigen Sie, dass für den Maxwellschen Spannungstensor gilt

$$\overleftrightarrow{\mathbf{T}} = \epsilon_0 \begin{bmatrix} -\frac{E^2}{2} & 0 & 0 \\ 0 & E_y^2 - \frac{E^2}{2} & E_y E_z \\ 0 & E_z E_y & E_z^2 - \frac{E^2}{2} \end{bmatrix},$$

mit $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$.

(c) Berechnen Sie die Kraft ($\mathbf{F} = \oint_s \overleftrightarrow{\mathbf{T}} \cdot d\mathbf{A}$) die Schale #1 auf Schale #2 ausübt und zeigen Sie, dass diese genau

$$\mathbf{F} = \frac{4\pi\sigma^2 R^4}{\epsilon_0 d^2} \mathbf{e}_x$$

ist.

Hinweis: Eine geeignete Integrationsoberfläche des Spannungstensors befindet sich zwischen beiden Schalen und ist mit der roten gestrichenen Linie gekennzeichnet.

(d) Zeigen Sie, dass die vorher berechnete Kraft identisch der Kraft zwischen zwei Punktladungen mit $q = 4\pi R^2 \sigma$ ist.

Abgabetermin: Freitag, 11. 12. 2015 um 9:45 Uhr.