Universität des Saarlandes
Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät II
Physik und Mechatronik

Fachrichtung 7.1–Theoretische Physik
Dr. Harald O. Jeschke
Gebäude E 2 6, Zi. 4.21
Tel. (0681) 302 57409

Saarbrücken, 09.05.2008

Übungen zur Theoretischen Physik II, SS 2008

4.Übung

(Abgabe Freitag, 16.05.2008 in der Vorlesung)

Aufgabe 13 (10 Punkte)
(Fragen)

a) Erläutern Sie kurz Idee und Vorgehen bei einer Multipolentwicklung.

b) Was versteht man unter dem *Gaußschen Gesetz*?

c) Was versteht man unter dem *Gaußschen Integralsatz*?

d) Legen Sie den Ursprung eines kartesischen Koordinatensystems in den Massenschwerpunkt der folgenden Molekülionen. Welche der Ionen besitzen ein Dipolmoment? Begründen Sie Ihre Antwort. Ionen: OH^-, NO_2^+, NH_4^+, SO_4^{2-} (2P)

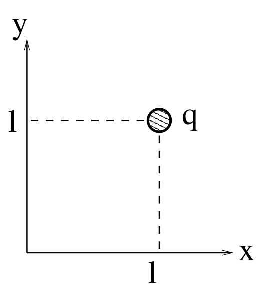
e) Welche Multipolmomente einer Ladungsverteilung sind unabhängig von der Wahl des Ursprungs? Begründen Sie Ihre Antwort.

f) Erklären Sie kurz das grundsätzliche Vorgehen bei der *Inversionsmethode* und der *Methode der Spiegelladungen* zum Lösen elektrostatischer Probleme. (2P)

g) Was versteht man unter einer *Dirichlet*schen und einer *von Neumann*schen Randbedingung?

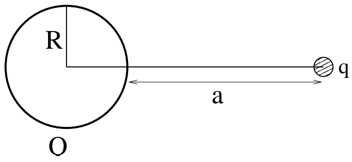
h) Ein Plattenkondensator im Vakuum mit Plattenfläche A und Plattenabstand d trage auf seinen Platten die Ladungen $\pm Q$. Berechnen Sie die im Kondensator gespeicherte elektrische Feldenergie.

Aufgabe 14 (10 Punkte)
(Randwertproblem: Spiegelladungen)



Gegeben sei eine einzelne Punktladung q am Ort $\vec{r} = (l, l, 0)$, $l > 0$. Der Raum im Quadranten $\{x > 0, y > 0, -\infty < z < \infty\}$ sei abgesehen davon leer und bei $x = 0$ und $y = 0$ jeweils von unendlich ausgedehnten metallischen Ebenen begrenzt. Zeigen Sie, dass das elektrostatische Potential im 1.Quadranten als Überlagerung des Potentials der ursprünglichen Punktladung und dreier Spiegelladungen geschrieben werden kann. Geben Sie Größen und Positionen der Spiegelladungen und das elektrostatische Potential im 1.Quadranten an.

Aufgabe 15 (10 Punkte)
(Punktladung vor leitender Kugel: Inversionsmethode)



Gegeben sei eine Punktladung q außerhalb einer ungeladenen leitenden Kugel vom Radius R.

a) Verwenden Sie wie in der Vorlesung vorgeführt die Bildladungsmethode, um das elektrostatische Potential und das elektrische Feld außerhalb der Kugel zu berechnen. Wie groß muss die Bildladung gewählt werden und wo muss sie angebracht werden?

b) Berechnen Sie die Winkelabhängigkeit der auf der Kugeloberfläche induzierten Flächenladungsdichte σ.

c) Integrieren Sie die erhaltene Flächenladungsdichte über die gesamte Kugeloberfläche. Interpretieren Sie das Ergebnis.

d) Berechnen Sie die Kraft, die Kugel und Punktladung aufeinander ausüben.

Hinweis: Legen Sie den Ursprung des Koordinatensystems in den Mittelpunkt der Kugel und die z-Achse entlang der Verbindungslinie zur Punktladung.

Aufgabe 16 (10 Punkte)
(δ-Distribution in krummlinigen Koordinaten)
In kartesischen Koordinaten (x, y, z) schreibt sich die dreidimensionale δ-Distribution als $\delta(\vec{r} - \vec{r}_0) = \delta(x - x_0)\delta(y - y_0)\delta(z - z_0)$.

a) Drücken Sie die dreidimensionale δ-Distribution in Zylinderkoordinaten aus.

b) Berechenn Sie die dreidimensionale δ-Distribution in Kugelkoordinaten.

c) Verwenden Sie die Ergebnisse aus a) und b), um die folgenden Ladungsverteilungen als Raumladungsdichten zu schreiben:

   i) Eine Ladung Q, die homogen auf einer Kugelschale mit dem Radius R verteilt ist.

   ii) Eine Längenladungsdichte λ, die homogen auf einer Zylinderfläche mit Radius R verteilt ist.

   iii) Eine Ladung Q, die homogen auf einer (unendlich dünnen) Kreisscheibe vom Radius R verteilt ist.

d) Integrieren Sie die Ladungsdichten aus Teil c) über den gesamten Raum und überprüfen Sie Ihre Ergebnisse.

Hinweis: Viele Wege führen nach Rom. Eine Möglichkeit: Eine der bekannten Darstellungen der eindimensionalen δ-Distribution (vgl. Übung 6, TP1) auf den dreidimensionalen Fall verallgemeinern und in krummlinige Koordinaten umschreiben.