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, 02.05.2008

Übungen zur Theoretischen Physik II, SS 2008

3.Übung

(Abgabe Freitag, 09.05.2008 in der Vorlesung)

Aufgabe 9 (10 Punkte)
(Ladungsverteilung im Wasserstoffatom)
Das Zeitmittel des Potentials eines neutralen Wasserstoffatoms sei gegeben durch

$$\phi(r) = q\frac{e^{-\alpha r}}{r}\left(1 + \frac{\alpha r}{2}\right),$$

wobei q der Betrag der elektronischen Ladung ist.
Bestimmen Sie die Ladungsverteilung, die dieses Potential erzeugt und interpretieren Sie das Ergebnis.
Hinweis: Das Wasserstoffatom besteht aus einem Proton und einem Elektron. Das Proton sei punktförmig und raumfest mit der Ladung $+q$ und das Elektron durch die Ladungsdichte $\rho(r)$ $(r \neq 0)$ charakterisiert.

Aufgabe 10 (10 Punkte)
(Geladene Kugeln)
Berechnen Sie das elektrische Feld innerhalb und außerhalb der folgenden Kugeln vom Radius R, die jeweils die Gesamtladung Q tragen. Skizzieren Sie das Verhalten der Feldstärke in Abhängigkeit vom Radius (für das dritte Beispiel fertigen Sie die Skizze für die beiden Fälle $n = \pm 2$ an).

a) Eine leitende Vollkugel.

b) Eine homogen geladene Vollkugel.

c) Eine Vollkugel, die mit einer kugelsymmetrischen Ladungsdichte mit der Radialabhängigkeit $\rho(r) = \rho_0 r^n$ $(n > -3)$ belegt ist.

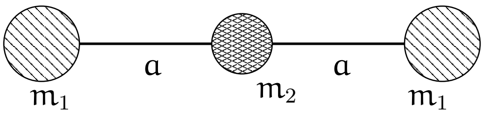
Aufgabe 11 (5 Punkte)
(Greensche Identitäten)
Benutzen Sie den Satz von Gauß, um die beiden Greenschen Identitäten

i) $\int_V (\phi\Delta\psi + \nabla\phi \cdot \nabla\psi)\, dV = \oint_{\partial V} \phi \frac{\partial \psi}{\partial n}\, dA$

ii) $\int_V (\phi\Delta\psi - \psi\Delta\phi)\, dV = \oint_{\partial V} \left(\phi \frac{\partial \psi}{\partial n} - \psi \frac{\partial \phi}{\partial n}\right) dA$

herzuleiten. Dabei seien ϕ, ψ zwei skalare Felder. Das Volumen V sei durch die orientierbare geschlossene Fläche ∂V berandet. dA sei das Flächenelement der Randfläche. $\frac{\partial \phi}{\partial n}$ bezeichne die partielle Ableitung in Richtung der äußeren Flächennormalen. Δ sei der Laplace-Operator.

Aufgabe 12 (15 Punkte)
(Molekül im elektrischen Feld)



Gegeben sei ein dreiatomiges lineares CO_2-Molekül. Die Massen betragen $m_1 = 16u$, $m_2 = 12u$. Die Punktmassen m_1 tragen die Ladung $-e$, die Masse m_2 hat die Ladung $+2e$. Der Abstand benachbarter Massen sei a.

a) Berechnen Sie für dieses Molekül den Trägheitstensor im Hauptachsensystem.

b) Berechnen Sie im Hauptachsensystem des Trägheitstensors das Dipolmoment und den Tensor des elektrischen Quadrupolmoments.

c) Das Molekül werde in ein homogenes elektrisches Feld $\vec{E} = \frac{E_0}{\sqrt{3}} \cdot (1, 1, 1)^T$ mit konstantem E_0 gebracht. Bestimmen Sie das auf das Molekül wirkende Drehmoment. Interpretation?

d) Nun werde das gleiche Molekül in ein elektrisches Feld der Form $\vec{E} = E_0 \cdot (z, z, z)^T$ gebracht. Dabei sei die z-Achse mit der Molekülachse identisch. Skizzieren Sie zunächst den Feldverlauf und berechnen Sie dann wieder das Drehmoment, das auf das Molekül wirkt. Interpretieren Sie das Ergebnis.