

## 1. Übungsblatt zur Einführung in die Theoretische Physik II

**Abgabe:** bis Dienstag 31.10.2006 14:00 Uhr im Briefkasten im Physik Altbau/Ernst-Ruska Bau.

### **Aufgabe 1 (12 Punkte):** *Poisson-Gleichung für homogene Vollkugel*

Gegeben sei eine homogen geladene Vollkugel vom Radius  $R$  mit der Gesamtladung  $q$ . Bestimmen Sie das elektrische Potential  $\phi$  innerhalb und außerhalb der Kugel so, daß es im Unendlichen verschwindet.

1. Wählen Sie dazu dem Problem angepaßte Koordinaten (also Kugelkoordinaten) und zeigen Sie zunächst, dass in diesen für kugelsymmetrische Probleme der Gradient die Form

$$\nabla f = \frac{\partial f}{\partial r} \underline{e}_r$$

und der Laplaceoperator die Form

$$\Delta f = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial f}{\partial r} \right)$$

besitzen. Dabei sind  $r$  die Radialkomponente und  $\underline{e}_r$  der dazugehörige Koordinateneinheitsvektor.

*Hinweis: gehen Sie von den bekannten Ausdrücken für Gradient und Laplace-Operator in karthesischen Koordinaten  $x_i$  mit  $i = 1, 2, 3$  aus und berücksichtigen Sie, daß sich  $r$  durch  $r = \sqrt{\sum_{i=1}^3 x_i^2}$  darstellen läßt.*

2. Stellen Sie nun für die beiden Bereiche innerhalb und außerhalb der Kugel mittels des obigen Ausdrucks für den Laplace-Operator jeweils die Poisson-Gleichung in Kugelkoordinaten auf. Lösen Sie die beiden Differentialgleichungen durch Integration und bestimmen Sie dann die dabei auftretenden Integrationskonstanten. Dazu ist insbesondere zu fordern, daß das Potential  $\phi$  im Ursprung regulär ist (keine Singularität besitzt) und überall stetig ist.  
*Hinweis: benutzen Sie ggfs. bei der Bestimmung der Integrationskonstanten den Satz von Gauß.*
3. Bestimmen Sie aus dem Potential  $\phi$  das elektrische Feld  $\underline{E}(\underline{r})$  und stellen Sie sowohl das Potential, als auch die radiale Abhängigkeit der elektrischen Feldstärke graphisch dar.

**Aufgabe 2 (8 Punkte): Vektorfelder**

*Elektrische und magnetische Felder sind Vektorfelder. Die Grundgleichungen der Elektrodynamik sind partielle Differentialgleichungen, die mit den Vektoroperatoren rot und div formuliert werden. Wir üben daher den Umgang mit solchen Feldern und den Operatoren.*

Es sei  $\underline{v} : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3, \underline{r} \mapsto \underline{v}(\underline{r})$  ein Vektorfeld, das unabhängig von  $x_3$  sei, keine Komponente in die  $\underline{e}_3$ -Richtung besitze und im Uhrzeigersinn (von oben gesehen) um die  $x_3$ -Achse rotiere. Die Richtung des Feldes in der  $x_1$ - $x_2$ -Ebene sei tangential zu den konzentrischen Kreisen in dieser Ebene um den Ursprung. Die Stärke des Feldes sei proportional zu  $\rho^{-1}$ , wobei  $\rho$  der Abstand von der  $x_3$  Achse sei.

1. Skizziere den Verlauf des Vektorfeldes.
2. Schreibe das Vektorfeld in kartesischen Koordinaten  $(x_1, x_2, x_3)$ .
3. Schreibe das Feld in Zylinderkoordinaten  $(\rho, \phi, z)$ .
4. Schreibe das Feld in Kugelkoordinaten  $(r, \theta, \phi)$ .
5. Welche Koordinaten sind am sinnvollsten? Begründe die Antwort.
6. Berechne die Rotation des Vektorfeldes  $\nabla \times \underline{v}$  [= rot  $\underline{v}$ ] und seine Divergenz  $\nabla \cdot \underline{v}$  [= div  $\underline{v}$ ].
7. Wo tritt das hier behandelte Feld in der Physik auf?.

**Bitte Rückseite beachten!—>**

## Termine:

- **Vorlesung:** Dienstag und Mittwoch 8:30 Uhr bis 10:00 Uhr im PN 203

## Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in Dreiergruppen).
- Teilnahme an einem Projekt.
- Bestandene Klausur.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme an der Übung und den Tutorien.

## Literatur zur Lehrveranstaltung:

- Elektrodynamik
  - W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 3, Elektrodynamik (Springer, 2002)
  - J. D. Jackson, Klassische Elektrodynamik (de Gruyter, 2002; ältere Auflagen nicht im SI-System)
  - L. D. Landau, E. M. Lifschitz, Theoretische Physik 2, Feldtheorie (Akademie-Verlag, ?)
  - R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, Feynman Vorlesungen über Physik, Band 2, Elektromagnetismus und Struktur der Materie (Oldenbourg, 2001)
- Quantenmechanik
  - W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/1, Quantenmechanik-Grundlagen (Springer, 2002)
  - C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik, Teil I und II (de Gruyter, 1999)
  - A. I. M. Rae, Quantum Mechanics (IOP Publishing Ltd, 1992)
  - F. Schwabl, Quantenmechanik (Springer 1993)
  - R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, Feynman Vorlesungen über Physik, Band 3, Quantenmechanik (Oldenbourg, 2001)
- Mathematische Hilfsmittel
  - S. Großmann: Mathematischer Einführungskurs in die Physik (Teubner 2000)

## Hinweise:

Die **Anmeldung** für die Lehrveranstaltung erfolgt **online**: Hierzu kann der Link auf der WWW-Seite [www.itp.tu-berlin.de/etp2\\_ws2006.html](http://www.itp.tu-berlin.de/etp2_ws2006.html) benutzt werden.

**Anmeldeschluss** für die Registrierung ist Dienstag der **24.10.06 um 17:59 Uhr**

Die Übungsblätter werden am Dienstags in der Vorlesung ausgegeben. Abgabe erfolgt dann (14 Tage später) am Dienstag bis spätestens 14:00 Uhr per Einwurf in den Briefkasten am hinteren Eingang zum Physik Altbau/Ernst-Ruska Bau. Später abgegebene Übungsblätter können nicht mehr berücksichtigt werden!! Es wird voraussichtlich insgesamt 12 reguläre Übungsblätter geben.

Bitte schreiben Sie Ihre Namen und Ihre Matrikelnummer auf die Zettel.