

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD  
 Dr. Alice von der Heydt, Dr. Benjamin Lingnau, Lasse Ermoneit, Anne-Kathleen Malchow

**3. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik**

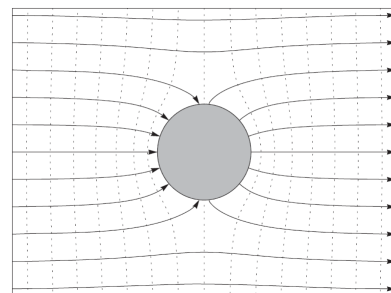
**Abgabe: Di. 15.11.2016 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude**

**Aufgabe 7 (6 Punkte): Dipol-Dipol Wechselwirkung**

Bestimmen Sie die Wechselwirkungsenergie und die Kraft, die ein im Ursprung lokalisierter elektrischer Dipol mit Moment  $\underline{p}_1$  auf einen anderen Dipol  $\underline{p}_2$  am Ort  $\underline{r}$  ausübt. Betrachten Sie speziell Fälle  $\underline{p}_1 \parallel \underline{p}_2$  und  $\underline{p}_1 \perp \underline{p}_2$ , und diskutieren Sie die zugehörige Feld- und Potenzialverteilungen.

**Aufgabe 8 (8 Punkte): Leitende Kugel im homogenen elektrischen Feld**

Eine ungeladene Metallkugel im Ursprung mit dem Radius  $R$  befindet sich in einem homogenen elektrischen Feld  $\underline{E} = (0, 0, E_0)^T$ . Gesucht ist das elektrostatische Potential  $\phi(\underline{r})$ .



- (a) Um die Symmetrie der Kugel nutzen zu können, begeben wir uns in Kugelkoordinaten. Stellen Sie zunächst das zu dem externen elektrischen Feld gehörige Potential  $\phi_{\text{ex}}(\underline{r})$  in kartesischen und Kugelkoordinaten dar. Wählen Sie  $\vartheta = \angle(\underline{r}, \underline{e}_z)$ .
- (b) Finden Sie die korrekten Randbedingungen für  $\phi(\underline{r})$ 
  - (i) am Rand der Kugel  $r = R$ ,
  - (ii) unendlich weit weg von der Kugel, für  $r \rightarrow \infty$ .
- (c) Durch das in  $z$ -Richtung zeigende elektrische Feld ist das Problem zylindersymmetrisch. Die Laplace-Gleichung in Kugelkoordinaten mit dieser Symmetrie lässt sich mit dem folgenden Ansatz lösen:

$$\phi(r, \vartheta, \varphi) = \sum_{\ell=0}^{\infty} \left( a_{\ell} r^{\ell} + b_{\ell} r^{-(\ell+1)} \right) P_{\ell}(\cos \vartheta) \quad (1)$$

$$P_0(\cos \vartheta) = 1$$

$$P_1(\cos \vartheta) = \cos \vartheta$$

$$P_2(\cos \vartheta) = \frac{1}{2} (3 \cos^2 \vartheta - 1)$$

...

Hierbei sind  $P_{\ell}$  die Legendre-Polynome. Nutzen Sie die in (b) gefundenen Randbedingungen, um die Konstanten in (1) zu bestimmen (*Hinweis*: Koeffizientenvergleich). Berechnen Sie  $\phi(\underline{r})$  und  $\underline{E}(\underline{r})$ .

- (d) Berechnen Sie die Oberflächenladungsdichte  $\sigma$ .
- (e) Bestimmen Sie das durch diese Oberflächenladung induzierte Dipolmoment  $\underline{p}$ .  
*Hinweis*: Vergleichen Sie das elektrische Feld mit der aus der Vorlesung bekannten Multipolentwicklung.

**Bitte Rückseite beachten! →**

3. Übung TPIII WS 16/17

**Aufgabe 9 (6 Punkte):** *Biot-Savart'sches Gesetz, Magnetfeld eines geraden Leiters*

Verwenden Sie das BIOT-SAVART'SCHE Gesetz,

$$\underline{B}(\underline{r}) = I' \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{L'} \frac{d\underline{r}' \times (\underline{r} - \underline{r}')}{|\underline{r} - \underline{r}'|^3}$$

um die magnetische Induktion eines unendlich langen geraden Leiters  $L'$  zu berechnen. Der Leiter werde von einem zeitlich konstanten Strom  $I'$  durchflossen. Berechnen Sie die Rotation dieses Feldes außerhalb des Leiters explizit und erklären Sie, warum sich kein *skalares* Potential für dieses Feld definieren lässt.

**Scheinkriterien:**

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in 3er Gruppen).
- Regelmäßige, aktive Teilnahme an den Tutorien.
- Vorstellen einer Übungsaufgabe im Tutorium.
- Bestandene Klausur. Diese findet am 10.02.2017 um 08:00 s.t. im H3010 statt.

	Mo	Di	Mi	Do	Fr
08-10					EW 203 ES
10-12				EW 226 LE	EW 114 LE EW 226 BL
12-14		EW 114 AH EW 731 AM	EW 203 ES		
14-16				EW 226 AM	

Sprechstunden			
ES	Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD	nach Vereinbarung	EW 735
AM	Anne-Kathleen Malchow	Mo 14-15	EW 060
BL	Benjamin Lingnau	Di 15-16	EW 629
AH	Alice von der Heydt	Mi 15:30-16:30	EW 266
LE	Lasse Ermoneit	Do 13:30-14:30	EW 060