Prof. Dr. Holger Stark
Johannes Blaschke, Alice von der Heydt, Benjamin Lingnau, Maria Zeitz,
Samuel Brem, Christopher Wächtler

2. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: Mo. 02.11.2015 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

M Aufgabe 4: *Feldlinien in der Elektrostatik*

Skizzieren Sie die elektrischen Feldlinien und die dazugehörigen Equipotenziallinien für folgende Fälle:

a) Zwei Punktladungen (elektrischer Dipol), mit Ladung $q_1 = -q_2$, und Abstand $d > 0$.

b) Zwei gleiche Punktladungen, $q_1 = q_2$, und Abstand $d > 0$.

c) Zwei Punktladungen, mit Ladung $q_1 = -2q_2$, und Abstand $d > 0$.

d) Zwei gleichmäßig geladene parallele Kondensatorplatten mit $q_1 = -q_2$, und Abstand $d > 0$.

e) Zwei gleichmäßig geladene koaxiale zylindrische Kondensatorplatten mit $q_1 = -q_2$, und Abstand $d > 0$.

Hinweis: Benutzen Sie dafür den Satz von Gauss

$$\oint \mathbf{E} \cdot \mathbf{da} = \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} \tag{1}$$

um genaue Aussagen über die Feldstärke zu machen.

S Aufgabe 5 (10 Punkte): *Poisson Gleichung für das Elektrische Potential*

Benutzen sie die Poisson Gleichung:

$$\nabla^2 \phi = -\frac{\rho}{\epsilon_0} \,. \tag{2}$$

um das elektrische Potential, ϕ und das elektrische Feld, $\mathbf{E} = -\nabla\phi$ für folgende Ladungsdichten ρ zu bestimmen:

a) $\rho(\mathbf{r})$ ist gleichmäßig verteilt innerhalb einer Kugel mit Radius R:

b) $\rho(\mathbf{r})$ ist gleichmäßig verteilt auf einer Kugeloberfläche mit Radius R.

c) $\rho(\mathbf{r})$ ist gleichmäßig verteilt auf einer Zylinderoberfläche mit Radius R.

Hinweis: Benutzen Sie ein Koordinatensystem das zu der Geometrie von $\rho(\mathbf{r})$ passt. ∇^2 hat die Form

$$\nabla^2 f = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 \frac{\partial f}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2 \sin\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(\sin\theta \frac{\partial f}{\partial \theta}\right) + \frac{1}{r^2 \sin^2\theta}\frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2} \tag{3}$$

in sphärischen Koordinaten und

$$\nabla^2 f = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r \frac{\partial f}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \tag{4}$$

in zylindrischen Koordinaten.

S **Aufgabe 6 (10 Punkte):** *Kondensatoren*

Ein einfacher Kondensator besteht aus zwei Kondensatorplatten, mit einem Spalt der Breite d, der mit einem dielektrischen Material gefüllt ist. Das elektrische Potential durch das dielektrischen Material um einen Faktor $1/\epsilon_r$ reduziert ($\epsilon_0 \to \epsilon_0\epsilon_r$ in Gleichungen (1) und (2)).

Elektrisches Potential innerhalb eines leitenden Materials:

a) Begründen Sie warum das elektrische Potential innerhalb eines Metalls konstant ist, wenn ein externes elektrisches Feld angelegt wird. Wie verteilen sich die Ladungsträger?

Kapazitäten von verschiedenen Kondensatoren:

Um Kapazitäten zu berechnen, werden Ladungen Q_1, und $Q_2 = -Q_1$ auf beide Kondensatorplatten angelegt. Es entsteht so ein elektrisches Potential im Spalt zwischen den Platten. Die Kapazität, C, entspricht dann:

$$C = \frac{Q}{V} \tag{5}$$

wobei $V = \phi_2 - \phi_1$ die elektrische Potentialdifferenz an den Kondensatorplattenoberflächen ist. Berechnen Sie die Kapazitäten für:

b) einen Plattenkondensator mit Fläche A, und Plattenabstand d. (siehe Gl. (3.40) aus der Vorlesung)

c) einen zylindrischen Koaxialkondensator, mit Länge L und Radien $r_1 < r_2$. (siehe Gl. (3.41) mit Skizze aus der Vorlesung)

d) einen konzentrischen Kugelkondensator, mit Radien $r_1 < r_2$. (siehe Gl. (3.42) aus der Vorlesung)

Hinweis: Vernachlässigen Sie den Effekt von Rändern und Kanten. D.h. nehmen Sie an, dass es kein elektrisches Feld *ausserhalb* des Kondensators gibt.

Zum Übungsbetrieb: Die Übungsaufgaben teilen sich auf in mündliche **M** und schriftliche **S** Aufgaben. Die Bedingung für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich daher in zwei Teile:

- Es müssen mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte erreicht werden. Die Abgabe erfolgt in Dreiergruppen. Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung diejenigen Aufgaben auf einer ausliegenden Liste an, die er oder sie bearbeitet hat. Wer eine Aufgabe angekreuzt hat, ist bereit diese Aufgabe an der Tafel vorzurechnen. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.

Prof. Dr. Holger Stark
Johannes Blaschke, Alice von der Heydt, Benjamin Lingnau, Maria Zeitz,
Samuel Brem, Christopher Wächtler

	Mo	**Di**	**Mi**	**Do**	**Fr**
08-10					EW 203 HS
10-12				EB 133C AH/MZ	BH-N 333 BL/JB
12-14	ER 164 CW	H 3012 SB	EW 203 HS		
14-16			H 1029 CW		
16-18			BH-N 333 SB		

Sprechstunden			
HS	Prof. Dr. Holger Stark	Fr 11:30–12:30	EW 709
AH	Alice von der Heydt	Do 13–14	EW 266
BL	Benjamin Lingnau	Di 14–15	EW 629
CW	Christopher Wächtler	Mo 14–15	EW 060
JB	Johannes Blaschke	Di 10–11	EW 708
MZ	Maria Zeitz	Mi 10–11	EW 702
SB	Samuel Brem	Di 11–12	EW 060