

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

5. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: Mo 23.11.2015 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

M Aufgabe 14: *Kugelkondensator mit dielektrischer Teilfüllung*

Zwei konzentrische, leitende, dünne Kugelflächen mit Radien R_1 und $R_2 > R_1$ seien flächenhomogen geladen mit Gesamtladung $+Q$ bzw. $-Q$. Im Raumwinkelbereich $0 \leq \vartheta \leq \vartheta_0$ des Zwischenraums zwischen beiden Kugeln befindet sich ein Dielektrikum (homogen, isotrop) der relativen Dielektrizitätskonstante $\varepsilon_r > 1$, im Winkelbereich $\vartheta_0 < \vartheta \leq \pi$ Vakuum ($\varepsilon_r = 1$).

- (a) Berechnen Sie die Kapazität dieses Kondensators.
- (b) Geben Sie die Verteilung der Oberflächenladung auf der äußeren Kugelfläche an.

S Aufgabe 15 (10 Punkte): *Dielektrikum im homogenen elektrischen Feld*

- (a) Betrachte wie in der Vorlesung eine dielektrische Kugel ($\varepsilon_r > 1$) mit Radius R im Vakuum ($\varepsilon_r = 1$), die einem homogenen elektrischen Primärfeld $\mathbf{E}_0 = E_0 \mathbf{e}_z$ ausgesetzt ist.
 - (i) Berechnen Sie das elektrostatische Potential und das elektrische Feld innerhalb/außerhalb der Kugel, indem Sie der Vorgehensweise in der Vorlesung folgen.
 - (ii) Bestimmen Sie explizit das Entelektisierungsfeld innerhalb der Kugel als Funktion von \mathbf{E}_0 und den zugehörigen Entelektisierungsfaktor λ .
- (b) Berechnen Sie den Entelektisierungsfaktor λ_\perp für eine in der xy -Ebene unendlich ausgedehnte, dünne, dielektrische Platte ($\varepsilon_r > 1$) in einem homogenen elektrischen Feld $\mathbf{E}_0 = E_0 \mathbf{e}_z$ senkrecht zur Platte, indem Sie die Randbedingungen für E_\perp auswerten.

S Aufgabe 16 (10 Punkte): *Dielektrikum im Plattenkondensator*

1. Ein lineares Dielektrikum mit der Ausdehnung V_1 und der Dielektrizitätskonstante ε_1 innerhalb von V_1 wird in ein elektrisches Feld \mathbf{E}_0 gebracht.
 - (a) Zeigen Sie, dass die Änderung der Energie $W = W_1 - W_0$

$$W = \frac{1}{2} \int (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}_0 - \mathbf{E}_0 \cdot \mathbf{D}) d^3r + \frac{1}{2} \int (\mathbf{E} + \mathbf{E}_0) \cdot (\mathbf{D} - \mathbf{D}_0) d^3r \quad (1)$$

beträgt. W_0 sei die Energie des elektrostatischen Feldes ohne Dielektrikum und W_1 sei die Energie nachdem das Dielektrikum in das Feld gebracht wurde.

- (b) Überlegen Sie, welche Terme der Gleichung (1) verschwinden und welche Terme relevant sind. Begründen Sie.
- (c) Zeigen Sie nun, dass die Energiedifferenz W der Gleichung (4.43) der Vorlesung

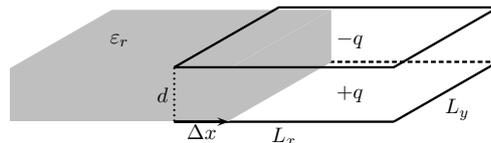
$$W = -\frac{1}{2} \int \mathbf{P} \cdot \mathbf{E}_0 d^3r$$

entspricht.

5. Übung TPIII WS 15/16

Hinweis: Die Schritte zu Gleichung (4.42) in der Vorlesung könnten hilfreich sein. Beachten Sie außerdem, dass die das Feld \mathbf{E}_0 erzeugende Ladungsverteilung $\rho(\mathbf{r}) = \text{const.}$ ist.

2. Ein dielektrischer Quader (relative Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r > 1$) der Dicke d werde in einen isolierten Plattenkondensator mit Plattenabstand d und Ladung q geschoben/gezogen (s. Abb.).



- (a) Berechnen Sie die Energiedifferenz $\Delta U_Q(\Delta x)$ und die Kraft $F_Q(\Delta x)$ auf das Dielektrikum für den Fall, dass der dielektrische Quader bei festgehaltener Kondensatorladung Q um die Wegstrecke Δx in den Kondensator hineingeschoben wird.
- (b) Berechnen Sie die Energiedifferenz $\Delta U_V(\Delta x)$ und die Kraft $F_V(\Delta x)$ für den gleichen Prozess bei festgehaltener Spannung V am Kondensator.

Begründen Sie für beide Fälle die Richtung der Kraft (Stichwort: Minimierung der Energie).

Hinweis: Vernachlässigen Sie Streufelder an den Rändern.

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 11:30–12:00	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	Do 10–11	EW 708
MZ	Maria Zeitz	Mi 10–11	EW 702
SB	Samuel Brem	Di 11–12	EW 060