Experimentalphysik 2- Elektrodynamik

Übungsblatt 3

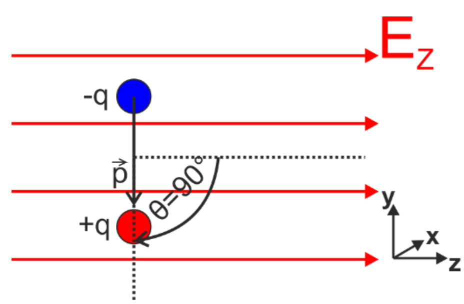
Name(n):	Punkte:	von 30 P
Übungsgruppe:	entspricht	%

Aufgabe 1 (3+3+3 = 9 P)

An einen Plattenkondensator (parallele Platten) wird eine Spannung von $U = 10\ kV$ angelegt. Die Platten des Plattenkondensators sind $d = 1\ cm$ voneinander entfernt. Die Fläche der Kondensatorplatten beträgt jeweils $A = 151\ cm^2$.

(a) Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators, die Ladung der Platten und die elektrische Feldstärke zwischen den Platten.

Im Feld dieses Kondensators befindet sich exakt mittig ein Molekül, dass ein Dipolmoment besitzt. ($q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$, Ladungsabstand $a = 3 \cdot 10^{-11}\ m$).



(b) Wie groß ist das Drehmoment, dass auf das Molekül wirkt, wenn die Dipolachse parallel zu den Kondensatorplatten steht?

(c) Welche Arbeit gewinnt man / muss aufgebracht werden, wenn das Molekül durch das elektrische Feld aus dieser Lage in die Lage $\theta = 45°$ gedreht wird?

Aufgabe 2 (3+2 = 5 P)

Ein Plattenkondensator mit der Plattenfläche A und dem Plattenabstand d wird mit der elektrischen Ladung Q aufgeladen. Nun wird der Plattenabstand bei fester Ladung auf das Doppelte erhöht.

(a) Berechnen Sie die Energie, die aufgebracht werden muss, um diese Änderung durchzuführen.

(b) Diskutieren Sie das Ergebnis in Bezug auf die Energieerhaltung, woher kommt die zusätzliche im Feld gespeicherte Energie?

Aufgabe 3 (2+5 = 7 P)

Betrachten Sie:

- Einen Dipol, bestehend aus einer positiven und einer negativen Ladung gleichen Betrages auf einer Linie.
- Einen Quadrupol, bestehend aus zwei positiven und zwei negativen Ladungen gleichen Betrages, die auf den Ecken eines Quadrates sitzen.
- Einen Oktupol, bestehend aus je vier positiven und vier negativen Ladungen, die auf den Ecken eines gleichseitigen Quaders sitzen.

Beim Quadrupol und beim Oktupol besitzen benachbarte Ladungen entgegengesetzte Vorzeichen.

(a) Skizzieren Sie die angegebenen Ladungsverteilungen.
(b) Geben Sie die Orte im Raum an, an denen das elektrische Feld des Dipols, Quadrupols, Oktupols exakt verschwindet.

Aufgabe 4 (4+5 = 9 P)

Das Potential einer beliebigen Ladungsverteilung $\rho(\vec{r}')$ in einem Volumen V wird allgemein berechnet über

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \frac{\rho(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|}\, dV'$$

Eine Näherung dieser Beschreibung ist die sogenannte Multipolentwicklung. Hierfür wird der Term $\frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}'|}$ für kleine $\vec{r}'$ um den Ort $\vec{r} = \vec{0}$ entwickelt (Dies ist zulässig, wenn wir nur Orte $r \gg r'$ betrachten). Die Taylor-Entwicklung für skalare Felder lässt sich in folgender Form schreiben:

$$\phi(\vec{r} + \Delta\vec{r}) \approx \sum_{n=0}^{N} \frac{1}{n!} \left(\Delta\vec{r} \cdot \vec{\nabla}\right)^n \cdot \phi(\vec{r})$$

(a) Zeigen Sie zunächst

$$\vec{\nabla}\frac{1}{r} = -\frac{\vec{r}}{r^3} \qquad \text{und} \qquad \vec{\nabla}\frac{1}{r^3} = -3\frac{\vec{r}}{r^5}$$

(Hinweis: Rechnen sie kartesisch, $|\vec{r}| = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$)

(b) Führen Sie nun die Taylor-Entwicklung von $\frac{1}{|\vec{r}-\vec{r}'|}$ explizit bis zum Quadrupolterm (N=2) durch. (Hinweis: Zur Anwendung der Taylor-Formel setzten sie $\Delta\vec{r} = -\vec{r}'$. Der Nabla-Operator wirkt nur auf $\vec{r}$, nicht auf $\vec{r}'$.)