Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Theoretische Festkörperphysik

Klassische Theoretische Physik III   WS 2020/2021

Prof. Dr. M. Garst

Dr. B. Narozhny

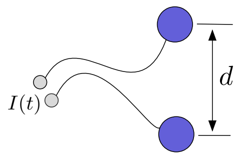
Blatt 12

Abgabe 05.02.2021, Besprechung 09-10.02.2021

---

1. Dipolstrahlung: (40 Punkte)

(a) Zwei leitende Kugeln bilden einen elektrischen Dipol, der an einer idealen Stromquelle $I(t) = I_0 e^{-i\omega t}$ gekoppelt ist (siehe Abbildung).



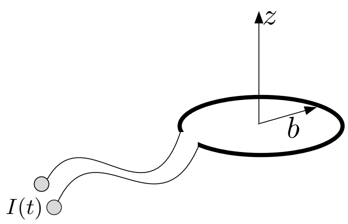
1. Berechnen Sie die gesamte abgestrahlte Leistung für den Fall $d \ll \lambda$, wobei λ die Wellenlänge der Strahlung ist.
2. Zeigen Sie, dass der Strahlungswiderstand (dies ist der Widerstand, der die gleiche durchschnittliche Verlustleistung - zu Wärme - geben würde, wie der schwingende Dipol in der Tat in Form von Strahlung ausgibt) durch

$$R_s = 790 \frac{d^2}{\lambda^2}\,[\Omega]$$

gegeben ist. ($[\Omega]$ bezeichnet hier die SI-Einheit des Widerstands - Ohm).

3. Berechnen Sie den Strahlungswiderstand für die Wellenlänge des Radiosenders "Neue Welle Karlsruhe".

(b) Eine leitende kreisförmige Schleife, die senkrecht zur z-Achse ausgerichtet ist, ist an einer idealen Stromquelle $I(t) = I_0 e^{-i\omega t}$ gekoppelt (siehe Abbildung).



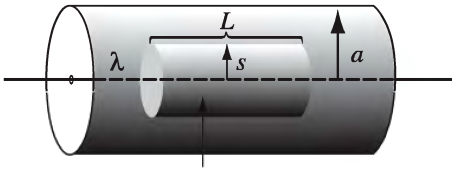
Der Radius der Schleife, b, ist viel kleiner als die Wellenlänge, $b \ll \lambda$.

1. Berechnen Sie $\frac{dP}{d\Omega}[\theta, \varphi]$, d.h., die abgestrahlte Leistung pro Raumwinkel.

2. Bestimmen Sie den Strahlungswiderstand. Drücken Sie das Ergebnis durch λ und b aus und vergleichen Sie es mit dem Strahlungswiderstand eines elektrischen Dipols.

2. Dielektrische Verschiebung: (10 Punkte)

Ein langer gerader Draht trägt die gleichförmige Linienlading λ. Er ist bis zu einem Radius a von einem Gummiisolierung umgeben. Bestimmen Sie die dielektrische Verschiebung.

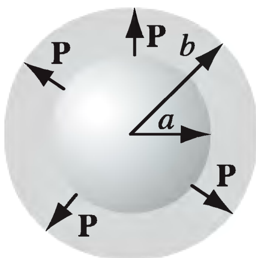


3. Dielektrische Polarisation: (20 Punkte)

Eine dicke Kugelschale (mit Innenradius a und Außenradius b) besteht aus einem dielektrischen Material mit fester Polarisation

$$\vec{P}(\vec{r}) = \frac{A\vec{r}}{r^2}.$$

Darin ist A eine Konstante, und r ist die Entfernung vom Mittelpunkt. Es gibt in dieser Aufgabe keine freien Ladungen.



Bestimmen Sie in allen drei Gebieten das elektrische Feld mithilfe zweier unterschiedlicher Methoden:

(a) Bestimmen Sie alle Polarisationsladungen und berechnen Sie das davon hervorgerufene Feld mithilfe des Gauß'schen Gesetzes.

(b) Bestimmen Sie die dielektrische Verschiebung mithilfe des Gauß'schen Gesetzes und danach das elektrischen Feld.

4. Elektrisches Feld in Dielektrikum: (30 Punkte)

Nehmen Sie an, das Feld im Inneren eines großen Bereichs eines Dielektrikums (mit fester Polarization $\boldsymbol{P}$) sei $\vec{E}_0$, sodass die dielektrische Verschiebung $\vec{D}_0 = \epsilon_0 \vec{E}_0 + \vec{P}$ beträgt.

(a) Nun wird ein kleiner kugelförmiger Hohlraum aus dem Material herausgearbeitet. Drücken Sie das Feld im Mittelpunkt des Hohlraums durch $\vec{E}_0$ und $\vec{P}$ aus. Drücken Sie zudem die Verschiebung im Mittelpunkt des Hohlraums durch $\vec{E}_0$ und $\vec{P}$ aus.

(b) Wiederholen Sie diese Rechnungen für einen langen, nadelförmigen Hohlraum, der Parallel zu $\vec{P}$ verläuft.

(c) Wiederholen Sie diese Rechnungen für einen dünnen scheibenförmigen Hohlraum, auf dem $\vec{P}$ senkrecht steht.