

Bachelor-Nachholklausur zur Theoretischen Physik II (Elektrodynamik)

Name

Matrikelnummer

Anmerkungen:

Erlaubte Hilfsmittel: ein selbstbeschriebenes Blatt DIN A4

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Beschriften Sie bitte jedes Blatt mit Namen und Matrikelnummer.

1 Multiple-Choice Fragen (7 P)Zu jeder Frage darf nur *eine* Antwort angekreuzt werden. Für jede richtige Antwort gibt es einen Punkt.

a) Bewegt sich eine elektromagnetische Welle in einem dielektrischen Medium mit $\varepsilon > 1$ und $\mu = 1$ genauso schnell wie im Vakuum?

- ja nein

b) Gegeben sind drei Ladungen q_1 , $q_2 = -2q_1$ und $q_3 = q_1$. Gibt es eine Anordnung, in der keine der drei Ladungen über einer anderen liegen darf, für die das Quadrupolmoment der Gesamtladungsverteilung verschwindet?

- ja nein

c) Die Normalkomponente welcher Größe ist an einer Grenzfläche zwischen zwei Medien mit verschiedener Permeabilität stetig?

- die des magnetischen Felds, H_n die der magnetischen Induktion, B_n

d) Eine elektromagnetische Welle im Medium 1 trifft so auf eine planare Grenzfläche zu einem unendlich dicken Medium 2 mit reellem, niedrigerem Brechungsindex, dass **keine** Totalreflektion auftritt. Sind die folgenden Aussagen richtig oder falsch?

richtig falsch

- Die transmittierte Welle klingt exponentiell mit dem Abstand von der Grenzfläche ab.
 Die reflektierte Welle ist phasenverschoben zur einfallenden Welle.
 Der Energiefluss von der Welle in das Medium 2 ist proportional zum Cosinus des Winkels θ_i , in dem die Welle einfällt.

e) Ändert sich der Wert der Phase $\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r}$ einer ebenen Welle unter einer Lorentz-Transformation?

- ja nein

2 Zylinderkondensator (8 P)

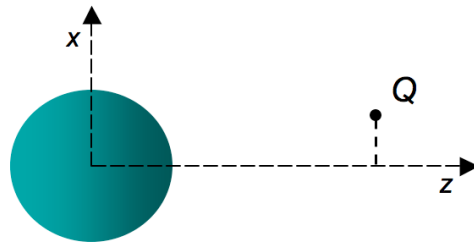
Ein Kondensator besteht aus drei infinitesimal dünnen, konzentrischen Zylinderschalen der Länge l entlang der z -Achse mit den Radien R_1, R_2 ($R_1 < R_2 < 2R_1$) und $R_3 = 2R_1$ mit den Ladungen $q_1, q_2 = -2q_1$ und $q_3 = q_1$. Im Bereich $R_1 < r < R_2$ befindet sich ein Dielektrikum mit Dielektrizitätskonstante $\tilde{\epsilon}$. Randeffekte, die durch die endliche Ausdehnung der Zylinder entlang der z -Achse entstehen, können vernachlässigt werden.

- Bestimmen Sie das elektrische Feld $E(r)$ und das Potenzial $\Phi(r)$.
- Bestimmen Sie die im Kondensator gespeicherte Energie als Funktion von R_2 .

3 Spiegelladung (8 P)

Gegeben sei eine Punktladung Q am Ort (x_0, z_0) vom Mittelpunkt einer geerdeten leitenden Kugel mit dem Radius R . Die Dielektrizitätskonstante außerhalb der Kugel sei $\epsilon = 1$.

Bestimmen Sie das Potential außerhalb der Kugel mit Hilfe der Methode der Spiegelladungen.



4 Antenne (12 P)

Wir betrachten 2 Ladungen $\pm q$, die auf den Enden eines Stabes mit Länge a sitzen. Der Stab rotiert im Vakuum mit der Winkelgeschwindigkeit ω um die Achse senkrecht zum Dipol, die durch den Mittelpunkt des Dipols geht. Die Rotationsachse sei die z -Achse.

- Bestimmen Sie das erzeugte zeitabhängige Dipolmoment $\vec{p}(t)$ als Realteil einer komplexen Größe.
- Geben Sie den dazugehörigen Poynting-Vektor an. Betrachten Sie dabei $r \gg a$ (Fernfeldnäherung), wo Sie für $\vec{E}(t, \vec{r})$ und $\vec{B}(t, \vec{r})$ eines Dipolmoments $\vec{p}(t) = \Re[\vec{p}_0 e^{-i\omega t}]$ verwenden können:

$$\vec{E}(t, \vec{r}) = \Re \left[\frac{\exp(i(kr - \omega t))}{4\pi\epsilon_0 r} k^2 (\hat{e}_r \times \vec{p}_0) \times \hat{e}_r \right]$$

$$\vec{B}(t, \vec{r}) = \Re \left[\frac{\exp(i(kr - \omega t))}{4\pi\epsilon_0 r} \frac{k^2}{c} (\hat{e}_r \times \vec{p}_0) \right].$$

- Berechnen Sie die Richtungsabhängigkeit der abgestrahlten Leistung

$$\frac{dP}{d\Omega} = \frac{1}{T} \int_{t'}^{t'+2\pi/\omega} \vec{S}(t, \vec{r}) r^2 \hat{e}_r dt.$$

- Berechnen Sie die mittlere abgestrahlte Gesamtleistung.
- Geben Sie die Frequenz der Strahlung an.