

ÜBUNGEN ZUR THEORETISCHEN PHYSIK III
(THEORIE C, ELEKTRODYNAMIK), WS 2011/12

Prof. Dr. F.R. Klinkhamer; Dr. S.Thambyahpillai
Institut für Theoretische Physik

BLATT 10

Abgabe: 16. 01. 12
Besprechung: 18. 01. 12

Name:

Bitte die Gruppe ankreuzen und dieses Blatt mit abgeben (bitte tackern):

- | | | | |
|--|--|---|---|
| ☐ Gruppe 1
Matthias Weinreuter | ☐ Gruppe 2
Juraj Streicher | ☐ Gruppe 3
Philip Wollfarth | ☐ Gruppe 4
Ulf Briskot |
| ☐ Gruppe 5
Valentin Bolsinger | ☐ Gruppe 6
Robin Roth | ☐ Gruppe 7
Julian Stöckel | ☐ Gruppe 8
Stefan Miereis |
| ☐ Gruppe 9
Philipp Rudo | ☐ Gruppe 10
Marius Bürkle | ☐ Gruppe 11
Guillaume Chalons | ☐ Gruppe 12
Justus Zorn |
| ☐ Gruppe 13
Yasmin Anstruther | | | |

*

Aufgabe 1: Reflexion an einer leitenden Fläche

5

- i) In einem leitenden Material mit Leitwert σ propagiere eine monochromatische ebene elektromagnetische Welle in die positive z -Richtung. Die Polarisation zeige in x -Richtung. Frequenz und elektrische bzw. magnetische Amplituden seien mit ω , E_0 und B_0 bezeichnet. Die Wellengleichungen lauten in diesem Fall 2P

$$\Delta \vec{E} = \mu\epsilon \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{E} + \mu\sigma \frac{\partial}{\partial t} \vec{E}, \quad \Delta \vec{B} = \mu\epsilon \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{B} + \mu\sigma \frac{\partial}{\partial t} \vec{B}.$$

Geben Sie einen Ansatz für $\vec{E}$ und $\vec{B}$ an. [Hinweis: Wegen der Dämpfungsterme wird der Wellenvektor $\vec{k}$ komplex.] Finden Sie $\vec{k}^2$ als Funktion von ϵ , μ , σ und ω .

Berechnen Sie mittels der Maxwell-Gleichung $\nabla \times \vec{E} = -\partial \vec{B} / \partial t$ den Zusammenhang zwischen elektrischer und magnetischer Amplitude.

[Diese Aufgabe benützt SI-Einheiten!]

- ii) Überprüfen Sie, dass die elektromagnet. Welle in Ausbreitungsrichtung gedämpft wird. 1P
- iii) Die x - y -Ebene bilde eine Grenzfläche zwischen einem nichtleitenden Medium (ϵ_1, μ_1) für $z < 0$ und einem Leiter ($\epsilon_2, \mu_2, \sigma_2 \neq 0$) für $z > 0$. Eine ebene elektromagnetische Welle mit Frequenz ω , Wellenvektor $\vec{k}_1$, Amplitude E_{0I} , die in x -Richtung polarisiert ist, propagiert in die positive z -Richtung und fällt somit senkrecht auf die Grenzfläche. Geben Sie Ansätze für die einfallenden, reflektierten und gebrochenen elektrischen und magnetischen Felder an (benützen Sie die obigen Resultate für die letzteren). 1P
- iv) Für eine senkrecht auf die Grenzschicht auftreffende elektromagnetische Welle lauten die relevanten Randbedingungen 1P

$$\vec{E}_1^{\parallel} - \vec{E}_2^{\parallel} = 0, \quad \frac{1}{\mu_1} \vec{B}_1^{\parallel} - \frac{1}{\mu_2} \vec{B}_2^{\parallel} = 0.$$

Berechnen Sie hieraus die resultierenden Fresnel-Gleichungen, d.h. die Amplituden E_{0R} und E_{0T} in Abhängigkeit von E_{0I} und den Materialkonstanten. Was geschieht im Limes unendlich großer Leitfähigkeit?

Aufgabe 2: Lineare Antenne

4

Die Stromverteilung einer linearen Antenne sei gegeben durch $\vec{j}(\vec{x}, t) = \vec{j}(\vec{x})e^{-i\omega t}$ mit

$$\vec{j}(\vec{x}) = I_0 \sin\left(\frac{kd}{2} - k|\vec{x}|\right) \delta(x)\delta(y)\vec{e}_z \quad \text{falls} \quad |z| \leq \frac{d}{2},$$

$$\vec{j} = 0 \quad \text{falls} \quad |z| > \frac{d}{2}.$$

- i) Berechnen Sie das resultierende elektrische und magnetische Feld in der Fernzone (Strahlungszone). 2P
- ii) Berechnen Sie die pro Raumwinkel in der Fernzone abgestrahlte Leistung. 1P
- iii) Zeigen Sie, dass keine magnetische Dipol- und keine elektrische Quadrupolstrahlung ausgesandt wird. 1P

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Feld einer bewegten Punktladung

3

- i) Eine Punktladung q , die zur Zeit $t = 0$ am Ursprung $\vec{r} = 0$ war, bewege sich mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v}$. Zeigen Sie, ausgehend von den Liénard-Wiechert-Potentialen für eine beliebige bewegte Punktladung, dass sich die entsprechenden Potentiale als 2P

$$\Phi(\vec{r}, t) = \frac{qc}{\sqrt{(c^2t - \vec{r} \cdot \vec{v})^2 + (c^2 - v^2)(\vec{r}^2 - c^2t^2)}} ,$$

$$\vec{A}(\vec{r}, t) = \frac{\vec{v}}{c} \Phi(\vec{r}, t) ,$$

schreiben lassen.

- ii) Berechnen Sie das elektrische Feld der gleichförmig bewegten Punktladung von 1P
 i). In welche Richtung zeigt dieses Feld?