

Prof. Dr. Tobias Brandes
Dipl.-Phys. Arash Azhand, Dipl.-Phys. Valentin Flunkert, Dipl.-Phys. Philipp Zedler
Benjamin Regler, Jan Techter

10. Übungsblatt zur Theoretischen Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: Montag 17.01. bis 10:00 in den Briefkasten im Ernst-Ruska Gebäude (Physik Altbau).
Die Abgabe erfolgt in **3er Gruppen**.

Aufgabe 26 (7 Punkte): *Medium mit freien Ladungen*

Betrachten Sie ein Medium mit nur freien Ladungen, in dem ein Ohmsches Gesetz

$$\tilde{\mathbf{j}}(\mathbf{q}, \omega) = \sigma(\mathbf{q}, \omega) \tilde{\mathbf{E}}(\mathbf{q}, \omega) \quad \text{skalare Leitfähigkeit } \sigma(\mathbf{q}, \omega) \quad (1)$$

gelten soll.

1. Begründe die Form der Gl. (1) aus dem allgemeinsten linearen Zusammenhang zwischen elektrischem Feld und Stromdichte im raum-zeitlich translationsinvarianten und isotropen Fall.
2. Ausgehend von der longitudinalen dielektrische Funktion $\varepsilon_l(\mathbf{q}, \omega)$ (Skript S. 76, Gl. (4.41))

$$\tilde{V}(\mathbf{q}, \omega) = \frac{\tilde{V}_{\text{ext}}(\mathbf{q}, \omega)}{\varepsilon_l(\mathbf{q}, \omega)}, \quad (2)$$

soll der Zusammenhang

$$\varepsilon_l(\mathbf{q}, \omega) = 1 + i \frac{\sigma(\mathbf{q}, \omega)}{\varepsilon_0 \omega}$$

hergeleitet werden¹. Benutzen Sie für die Herleitung den Zusammenhang zwischen externem elektrischen Potential V_{ext} und vollem elektrischen Potential V , sowie die Kontinuitätsgleichung.

Aufgabe 27 (7 Punkte): *Propagation durch Grenzfläche*

Betrachten Sie die Propagation einer ebenen elektromagnetischen Welle in z -Richtung, wobei die Ebene $z = 0$ die Grenze zwischen zwei Medien 1 und 2 mit dielektrischer Funktion und Permeabilität $\tilde{\varepsilon}_{1,2}$, $\tilde{\mu}_{1,2}(\omega)$ bezeichnet.

1. Leiten Sie die Stetigkeitsbedingungen für das \mathbf{E} - und das \mathbf{H} -Feld her.
2. Beweisen Sie folgendes Theorem:

Eine ebene elektromagnetische Welle propagiert reflektionsfrei senkrecht zwischen zwei homogenen Medien mit gleicher Impedanz.

Aufgabe 28 (6 Punkte): *Koaxialkabel*

Betrachten Sie ein Koaxialkabel in z -Richtung, das aus zwei idealen Leitern mit Radien a (innere 'Seele') und b (Außenleiter) besteht. Leiten Sie in Analogie zur Plattengeometrie für TEM-Wellen den Zusammenhang zwischen elektrischem Feld/magnetischem Feld und Spannung $V(z)$ /Strom $I(z)$ her, und berechnen Sie die Impedanz $Z = V/I$. Skizzieren Sie das E und H Feld im Kabel.

¹Beachten Sie, dass die dielektrische Funktion hier dimensionslos definiert ist und deshalb im Vergleich zur Gl. (4.119) im Skript, $\tilde{\varepsilon}_{\text{tot}}(\omega) = \tilde{\varepsilon}(\omega) + i\sigma(\omega)/\omega$, der Faktor ε_0 im Nenner auftritt.