Prof. Dr. Kathy Lüdge
Alexander Kraft, Leonhard Schülen, Thomas Martynec, Jonah Friederich, Isaac Tesfaye

8. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: Mi. 18.12.2019 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

Aufgabe 22 (14 Punkte): *Idealer Koaxialleiter*

Betrachten Sie zwei konzentrische unendlich lange und ideal leitende Zylinder mit Radius $R_1 < R_2$. Der äußere Zylinder sei unendlich dünn. Diese beiden Zylinder bilden einen Hohlleiter, dessen Zwischenraum ($R_1 < r < R_2$) mit einem homogenen isotropen Dielektrikum (ϵ, μ) gefüllt ist.

(a) Welche Randbedingungen gelten für ein elektromagnetisches Feld im Raumgebiet $R_1 \leq r \leq R_2$?

(b) Betrachten Sie elektromagnetische Felder, die entlang der Symmetrieachse (z-Achse) propagieren und die transversal sind, d.h. $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t) \cdot \mathbf{e_z} = \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) \cdot \mathbf{e_z} = 0$. Welche Dispersionsrelation muß für solche TEM (transversal elektromagnetische) Moden gelten?

(c) Zeigen Sie, dass für TEM-Moden folgende Eigenschaften gelten:

- $\Delta \mathbf{E}_{\mathrm{TEM}}(\mathbf{r}, t) = \Delta \mathbf{B}_{\mathrm{TEM}}(\mathbf{r}, t) = 0$,
- $\boldsymbol{\mathcal{E}}(x, y) = -\nabla \phi(x, y)$ und $\Delta \phi(x, y) = 0$,
- $\boldsymbol{\mathcal{B}}(x, y) = \frac{\sqrt{\epsilon\mu}}{c} \mathbf{e_z} \times \boldsymbol{\mathcal{E}}(x, y)$

mit

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_{\mathrm{TEM}}(\mathbf{r}, t) &= \boldsymbol{\mathcal{E}}(x, y) e^{-i(\omega t - kz)} \\ \mathbf{B}_{\mathrm{TEM}}(\mathbf{r}, t) &= \boldsymbol{\mathcal{B}}(x, y) e^{-i(\omega t - kz)} \end{aligned} \tag{1}$$

(d) Bestimmen Sie die allgemeinste Form eines TEM-Feldes. Was passiert für $R_1 \to 0$? Gibt es Frequenzen mit denen sich elektromagnetische Wellen im Koaxialleiter nicht ausbreiten können?

(e) Berechnen Sie die über eine Periode gemittelte Leistung, die durch eine Fläche senkrecht zur Zylinderachse zwischen den beiden ideal leitenden Zylindern transportiert wird.

Aufgabe 23 (6 Punkte): *Beugung an einer Kreisblende*

In einer unendlich großen, ideal leitenden Ebene befinde sich ein kreisrundes Loch vom Durchmesser d. Senkrecht auf diesen Blendenschirm (Normale $\underline{n}$) falle von einer weit entfernten Punktquelle aus monochromatisches Licht der Wellenlänge λ (Wellenvektor $\underline{k} \parallel \underline{n}$). Berechnen Sie das FRAUNHOFER'sche Beugungsmuster dieser Anordnung, d. h. die zweidimensionale Intensitätsverteilung $I(x', y') \sim |\phi(x', y')|^2$. Nutzen Sie die Axialsymmetrie der Verteilung, um die Lösung durch Bessel-Funktionen auszudrücken:

$$J_0(u) := \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \mathrm{d}\varphi \, \cos(u \cos\varphi) \quad \text{und} \qquad J_1(u) := \int_0^1 \mathrm{d}v \, uv \, J_0(uv).$$

Stellen Sie die Intensitätsverteilung in geeigneten Koordinaten graphisch dar.

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in 3er Gruppen).
  Ab dem zweiten Übungsblatt werden Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert. Einzelabgaben werden generell nicht akzeptiert. Zur Vermittlung benutzt bitte die eingerichtete Gruppenbörse am EW 060.
- Regelmäßige, aktive Teilnahme an den Tutorien.
- Bestandene Klausur.

Sprechstunden		
`Prof. Dr. Kathy Lüdge`	Fr, 10:15-11:15	EW 741
`Alexander Kraft`	Mi, 15:00-16:00	EW 269
`Leonhard Schülen`	Do, 10:00-11:00	ER 242
`Thomas Martynec`	Mo, 14:00-15:00	EW 279
`Jonah Friederich`	Di, 10:00-11:00	EW 060
`Isaac Tesfaye`	Do, 15:00-16:00	EW 060