

Prof. Dr. Kathy Lüdge

Alexander Kraft, Leonhard Schülen, Thomas Martynek, Jonah Friederich, Isaac Tesfaye

7. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik**Abgabe: Mi. 11.12.2019 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude****Aufgabe 19 (9 Punkte): Retardierte Potenziale**

Betrachten Sie einen elektrischen Dipol $\underline{p}(t)$ im Ursprung. Zeigen Sie ausgehend vom Vektorpotential \underline{A} in elektrischer Dipolstrahlungsnäherung

$$\underline{A}(\underline{r}, t) = \frac{\mu_0}{4\pi r} \dot{\underline{p}}\left(t - \frac{r}{c}\right)$$

und unter Benutzung der Lorenz-Eichung, dass für die Felder in Fernfeldnäherung gilt:

$$\underline{B}(\underline{r}, t) = \frac{\mu_0}{4\pi c r^2} \left[\ddot{\underline{p}}\left(t - \frac{r}{c}\right) \times \underline{r} \right] + O\left(\frac{1}{r^2}\right),$$

$$\underline{E}(\underline{r}, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{1}{r^3} \left[\ddot{\underline{p}}\left(t - \frac{r}{c}\right) \times \underline{r} \right] \times \underline{r} + O\left(\frac{1}{r^2}\right).$$

Aufgabe 20 (8 Punkte): Wellenpaket in dispersivem Medium

Ein eindimensionales Wellenpaket sei gegeben durch

$$f(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} A(k) e^{i(kx - \omega(k)t)} dk \quad \text{mit} \quad A(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(k-k_0)^2}{2\sigma^2}}$$

Dieses Wellenpaket breitet sich in einem dispersivem Medium mit der folgenden Dispersionsrelation aus:

$$\omega(k) = \omega_0 + a(k - k_0) + \frac{b}{2}(k - k_0)^2$$

- Berechnen Sie $f(x, t)$. Was ist die orts- und zeitabhängige Amplitude der ebenen Welle? (Hinweis: Es ist nützlich die Abkürzung $h^2 = 1/\sigma^2 + ibt$ zu verwenden.)
- Berechnen Sie $|f(x, t)|$. Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich das Maximum von $|f(x, t)|$?
- Die Breite des Wellenpakets sei durch den Abfall der Amplitude der exp-funktion von $|f(x, t)|$ auf $1/e$ des maximalen Werts definiert. Berechnen Sie die Breite als Funktion der Zeit. Erklären Sie anschließend die physikalische Bedeutung von b.

Aufgabe 21 (3 Punkte): Begrenzte Energieausbreitungsgeschwindigkeit

Zeigen Sie allgemein, dass die Energieausbreitungsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Felds,

$$\underline{v}_E := \frac{\underline{S}}{w},$$

mit dem Poyntingvektor \underline{S} und der Energiedichte w , begrenzt ist durch

$$|\underline{v}_E| \leq c.$$

Hinweis: Verwenden Sie eine geeignete Abschätzung für $|\underline{E}|^2 |\underline{B}|^2 - \frac{1}{4} (|\underline{E}|^2 + |\underline{B}|^2)^2$

7. Übung TPIII WS 19/20

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 |