

Prof. Dr. Gernot Schaller

Dr. Dirk Kulawiak, Dr. Jérôme Burelbach, Alexander Kraft, Philip Knospe, Philipp Stammer

6. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik**Abgabe: Mo. 03.12.2018 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude****Aufgabe 17 (9 Punkte): Retardierte Potenziale**

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

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

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

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

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

Hinweis: Die Lorenz-Eichung lautet: $\nabla \cdot \mathbf{A} = -\frac{1}{c^2} \dot{\Phi}$

Aufgabe 18 (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 breite 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 in $|f(x, t)|$ auf $1/e$ des maximalen Werts definiert. Berechnen Sie die Breite als Funktion der Zeit. Erklären Sie anschließend die physikalische Bedeutung von b.

Aufgabe 19 (3 Punkte): Begrenzte Energieausbreitungsgeschwindigkeit

Zeigen Sie allgemein, dass die Energieausbreitungsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Felds,

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

mit dem Poyntingvektor $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$ und der Energiedichte w , begrenzt ist durch

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

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

6. Übung TPIII WS 18/19

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in 3er Gruppen).
Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Regelmäßige, aktive Teilnahme an den Tutorien.
- Bestandene Klausur.

| Sprechstunden | | |
|---------------------------|--------|---------------|
| Prof. Dr. Gernot Schaller | EW 744 | Di, 13-14 Uhr |
| Dr. Dirk Kulawiak | EW 627 | Di, 14-15 Uhr |
| Dr. Jérôme Burelbach | EW 708 | Mi, 14-15 Uhr |
| Alexander Kraft | EW 269 | Mi, 15-16 Uhr |
| Philip Knospe | EW 060 | Mi, 16-17 Uhr |
| Philipp Stammer | EW 060 | Fr, 14-15 Uhr |