



## Übungen zur Theoretischen Physik II, SS 2008

### 11. Übung

(Abgabe Freitag, 04.07.2008 in der Vorlesung)

#### **Aufgabe 40** (10 Punkte) **(Fragen)**

- a) Erläutern Sie den Unterschied zwischen transversalen und longitudinalen Wellen und geben Sie jeweils ein Beispiel an.
- b) Wann heißt eine Welle *monochromatisch*?
- c) Was ist eine *Schwebung*?
- d) Was versteht man unter *Amplituden-* und *Frequenz-Modulation* einer Welle?
- e) Was versteht man unter *Träger-* und *Modulationsfrequenz* eines Signals?
- f) Was versteht man unter der *Dispersionsbeziehung*? Geben Sie die Dispersionsbeziehung für elektromagnetische Wellen im Vakuum an.
- g) Was bedeutet *Kausalität*?
- h) Was versteht man unter *retardierten* und *avancierten* Potentialen?
- i) Was sind die *Liénard-Wiechert-Potentiale*?
- j) Was ist die wesentliche zusätzliche Bedingung an ein *Strahlungsfeld* gegenüber einem allgemeinen elektromagnetischen Feld?

#### **Aufgabe 41** (10 Punkte) **(Wellen zwischen Leiterplatten)**

Gegeben seien zwei unendlich ausgedehnte parallele Leiterplatten mit Abstand  $a$ . Im Raum zwischen den Platten mögen sich weder Ladungen noch Ströme befinden.

- a) Begründen Sie, dass das elektrische Feld überall senkrecht auf den Leiterplatten stehen muss.
- b) Zeigen Sie unter Verwendung des Induktionsgesetzes, dass für ein zeitlich veränderliches  $\vec{B}$ -Feld die Normalkomponente auf den Leiterplatten verschwinden muss.

- c) Finden Sie eine Lösung der Wellengleichung, die eine fortschreitende elektromagnetische Welle zwischen den Platten beschreibt und die obigen Randbedingungen erfüllt.
- d) Geben Sie eine reelle Lösung für das  $\vec{E}$ - und  $\vec{B}$ -Feld an.

**Aufgabe 42** (10 Punkte)

**(Retardierte Potentiale 1)**

Gegeben sei ein unendlich langer gerader und dünner Draht, der den Strom

$$I(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ I_0, & t \geq 0 \end{cases}$$

trage. D.h.: Der Strom werde zur Zeit  $t = 0$  instantan entlang des gesamten Drahtes eingeschaltet.

- a) Berechnen Sie die retardierten Potentiale  $\Phi(\vec{r}, t)$  und  $\vec{A}(\vec{r}, t)$  im gesamten Raum außerhalb des Drahtes.
- b) Berechnen Sie die zugehörigen  $\vec{E}$ - und  $\vec{B}$ -Felder.
- c) Wird Energie ins Unendliche abgestrahlt? Begründen Sie Ihre Antwort.
- d) Prüfen Sie nach, dass Sie im Limes  $t \rightarrow \infty$  wieder die bekannten elektrostatischen Felder erhalten.

**Aufgabe 43** (10 Punkte)

**(Retardierte Potentiale 2)**

Zeigen Sie ausgehend von den retardierten Potentialen, dass die Verallgemeinerungen des Coulomb- und des Biot-Savart-Gesetzes im dynamischen Fall

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \left[ \frac{\rho(\vec{r}', t_r)}{R^2} \vec{e}_R + \frac{\dot{\rho}(\vec{r}', t_r)}{cR} \vec{e}_R - \frac{\dot{\vec{j}}(\vec{r}', t_r)}{c^2 R} \right] d^3r' \quad \text{und}$$

$$\vec{B}(\vec{r}, t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \left[ \frac{\vec{j}(\vec{r}', t_r)}{R^2} + \frac{\dot{\vec{j}}(\vec{r}', t_r)}{cR} \right] \times \vec{e}_R d^3r'$$

lauten mit:

$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{r}', \quad R = |\vec{R}|, \quad \vec{e}_R = \frac{\vec{R}}{R}, \quad t_r = t - \frac{R}{c}$$