Theoretische Physik, Übung 6.

FS13 *Abgabe: 9.04.13*

1. Hertzscher Dipol

Als Hertzschen Dipol bezeichnet man einen zeitabhängigen Punktdipol $\vec{p}(t)$ mit

$$\rho(\vec{x},t) = -\vec{p}(t)\cdot\vec{\nabla}\delta(\vec{x})\,, \qquad \vec{i}(\vec{x},t) = \dot{\vec{p}}(t)\delta(\vec{x})\,.$$

i) Man verifiziere die Kontinuitätsgleichung.

ii) Berechne die retardierten elektromagnetischen Potentiale φ und $\vec{A}$ in der Lorenz–Eichung und daraus die elektromagnetischen Felder

$$\vec{E}(\vec{x},t) = -\vec{\nabla}\varphi(\vec{x},t) - \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}(\vec{x},t)\,, \qquad \vec{B}(\vec{x},t) = \operatorname{rot}\vec{A}(\vec{x},t)\,.$$

Ordne die Beiträge nach Potenzen von r^{-1}.

iii) Die Richtung von $\vec{p}$ sei konstant. Wie liegen $\vec{E}$ und $\vec{B}$?

iv) Im zeitlich harmonischen Fall (Wellenlänge λ) diskutiere man, welche Terme für $r \gg \lambda$ und $r \ll \lambda$ überwiegen. Wie ist die relative Phase zwischen $\vec{E}$ und $\vec{B}$ in beiden Grenzfällen?

v) Man berechne den Poyntingvektor für $r \gg \lambda$, sowie die Winkelabhängigkeit der Leistung. Wie gross ist die insgesamt abgestrahlte Leistung?

2. Thomson Streuformel

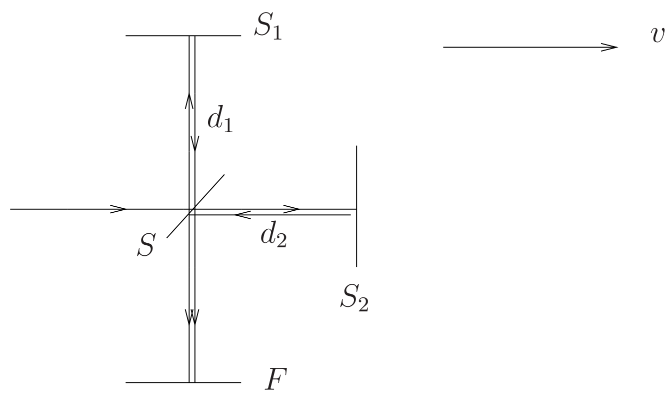
Ein Punktteilchen (Ladung e, Masse m) bewegt sich unter dem Einfluss einer monochromatischen ebenen elektromagnetischen Welle. Dabei strahlt es selbst. Berechne das Verhältnis der abgestrahlten Leistung P zur einfallenden Intensität I_0,

$$\sigma = \frac{P}{I_0},$$

im Fall, dass I_0 klein ist. Der Streuquerschnitt σ hat die physikalische Dimension einer Fläche.
Hinweis: Diskutiere die Schwingung des Teilchens um $\vec{x} = 0$ in erster Ordnung der Amplitude der Welle. Solange I_0 klein ist (gegen was?) reicht der Beitrag der elektrischen Dipolstrahlung zu P.

3. Das Michelson-Morley Experiment

Licht wurde im 19. Jahrhundert als Erregung eines Äthers angesehen. Bzgl. des Äthers ist seine Fortpflanzungsgeschwindigkeit isotrop, nicht aber bezgl. eines dazu bewegten Bezugssystems, sofern Raum- und Zeitkoordinaten einer Galilei-Transformation unterliegen. Im Laufe eines Jahres kann die Erde infolge ihrer Bewegung um die Sonne nicht dauernd relativ zum Äther ruhen. Michelson und Morley suchten 1886 (vergeblich) nach einer solchen Anisotropie. Sie benutzten die Apparatur (Interferometer) der Figur, wobei $\vec{v}$ die Geschwindigkeit des Labors gegenüber dem Äther ist.



Ein Lichtstrahl fällt auf einen halbdurchlässigen Spiegel S, der ihn in zwei senkrechte Teilstrahlen zerlegt. Diese gelangen über Strecken d_i, $(i = 1, 2)$, zu Spiegeln S_i und danach zu S zurück. Von dort gelangt je ein Teil in ein Beobachtungsfernrohr F, wo ein streifenförmiges Interferenzmuster sichtbar wird. Bedingung ist, dass $|d_2 - d_1|$ klein gegen die Kohärenzlänge des Lichts ist und dass die Spiegel S_1 und S_2 nicht exakt senkrecht aufgestellt sind, sodass variable Gangunterschiede resultieren. Verschiebungen des Musters können auf Bruchteile einer Wellenlänge gemessen werden.

i) Finde die Laufzeiten des Lichts t_1 und t_2 des Lichts längs den beiden Wegen SS_iS, und damit $\Delta t = t_2 - t_1$ bis auf relative Fehler $O((v/c)^4)$. Berechne dann $\Delta t'$ für eine um 90° gedrehte Anordnung. Die Differenz $\Delta t' - \Delta t$ bestimmt die Verschiebung des Musters bei der Drehung.

ii) Zahlenbeispiel: $v = 3 \cdot 10^4$m/s, $d_1 + d_2 = 3$m, Wellenlänge des Lichts $\lambda \approx 3 \cdot 10^{-7}$m. Um welchen Teil des Streifenabstandes verschiebt sich das Muster?