Prof. Dr. G. Hegerfeldt
Dr. M. Weigt

Sommersemester 2001
Blatt 7

Übungen zur Elektrodynamik

Abgabe Mittwoch, den 20.6.2001, 12:00 Uhr (Übungskästen)

Aufgabe 19: (Magnetische Dipolmomente) *6 Punkte*
a) Drücken Sie das magnetische Diplomoment eines *ebenen* geschlossenen Stromfadens mit Hilfe der umschlossenen Fläche aus ($\vec{\jmath}\,(\vec{x})\ d^3x \to I\ d\vec{s}$).
b) (Gyromagnetisches Verhältnis) Gegeben seien N (bewegte) Punktladungen $\{q_i, M_i, \vec{x}_i(t), \vec{v}_i(t)\},\ i = 1, ..., N$, mit gleichem Verhältnis zwischen Ladung und Masse, $q_i/M_i = e/M$. Die Stromdichte lautet dann

$$\vec{\jmath}\,(\vec{x}, t) = \sum_{i=1}^{N} q_i \vec{v}_i \delta^{(3)}(\vec{x} - \vec{x}_i)\ .$$

Drücken Sie das Gesamtdipolmoment $\vec{m}$ durch den Gesamtbahndrehimpuls $\vec{L}$ aus und bestimmen Sie das sogenannte gyromagnetische Verhältnis $|\vec{m}|/|\vec{L}|$.

Aufgabe 20: (Photon-Energie-Impuls) Ein Strahl von Photonen bewege sich in $\hat{k}$-Richtung ($|\hat{k}| = 1$, ν Photonfrequenz, $E = h\nu$ Energie eines Photons, n Photonenzahl pro cm^3, c Photonengeschwindigkeit). Für den Impuls $\vec{P}$ eines Photons nutze man den Ansatz $\vec{P} = p\hat{k}$. Bestimmen Sie die Energiestromdichte (Energiefluss pro Fläche) und die Impulsdichte des Strahls. Man berechne p mit Hilfe der Annahme, dass zwischen diesen beiden Größen dieselbe Beziehung wie für elektromagnetische Felder besteht. *4 Punkte*

Aufgabe 21: (Strahlungsdruck, Intensität) Gegeben sei eine linear polarisierte ebene elektromagnetische Welle *8 Punkte*

$$\vec{E}(\vec{x}, t) = E_0 \cos(\frac{\omega}{c} x_1 - \omega t)\vec{e}_2, \quad \vec{B}(\vec{x}, t) = B_0 \cos(\frac{\omega}{c} x_1 - \omega t)\vec{e}_3.$$

Als Intensität der Welle bezeichnet man den über eine Periode gemittelten Energiefluss durch eine Einheitsfläche senkrecht zur Ausbreitungsrichtung.
a) In welcher Beziehung stehen E_0 und B_0, wenn die obige Welle eine Lösung der Maxwell-Gleichungen ist?
b) Berechnen Sie die Intensität sowie den mittleren Strahlungsdruck auf eine (schwarze) Fläche senkrecht zur Ausbreitungsrichtung.
c) Welche Photonendichte n besitzt den gleichen Strahlungsdruck und die gleiche Energiestromdichte? Bestimmen Sie $n(I)$.

Zusatzaufgabe: (Spannungstensor) *4 Punkte*

a) Leiten Sie analog zur Vorlesung (siehe Gl. 4.30) die Impulsbilanzgleichung her, wenn neben der Lorentzkraft weitere mechanische Kräfte auf die Ladungsträger wirken.

b) Wenden Sie das Ergebnis auf folgendes Problem an: Im Abstand h vor einem unendlich ausgedehnten (geerdeten) leitenden Halbraum ($x < 0$) befindet sich eine fixierte Punktladung q. Man berechne mit Hilfe des Spannungstensors die Kraft, mit der die Ladung auf den Halbraum wirkt. Man vergleiche dies mit der Kraft auf die Spiegelladung von q. Mit welcher Kraft muss man die Punktladung festhalten, um eine Bewegung zu verhindern?