

Klassische Theoretische Physik III (Theorie C)

Institut für Theoretische Teilchenphysik

Prof. Dr. M. Steinhauser, Dr. T. Kasprzik, Dr. L. Mihaila
<http://www.ttp.kit.edu/~kasprzik/theoc/>

WS 13/14
Übungsblatt 13
Besprechung: 12.02.2014

Aufgabe 1: Klassisches Wasserstoffatom

Ein Elektron bewegt sich klassisch auf einer Kreisbahn mit dem Radius r um ein Proton; es wirke die Coulomb-Kraft

$$\vec{F}(\vec{r}) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{e}_r}{r^2}.$$

- (a) Drücken Sie die Energie E und den Drehimpuls \vec{L} als Funktion des Bahnradius r aus.
- (b) Berechnen Sie die abgestrahlte Leistung P .
- (c) Die abgestrahlte Leistung P führt zu einer Abnahme des Bahnradius $r(t)$. Stellen Sie eine Differentialgleichung für $r(t)$ auf und integrieren Sie diese mit der Anfangsbedingung $r(0) = a_B$. Schätzen Sie die Spiralzeit τ ab, nach der das Elektron auf das Proton fällt.
- (d) Diskutieren Sie den zeitlichen Verlauf der Energie $E(t)$ und des Drehimpulses $\vec{L}(t)$.

Aufgabe 2: Gleichförmig bewegte Ladung

Gegeben sei die Ladungsdichte

$$\rho(\vec{r}, t) = q\delta(x - vt)\delta(y)\delta(z).$$

- (a) Wie lauten die zugehörigen retardierten Potentiale $\vec{A}(\vec{r}, t)$ und $\varphi(\vec{r}, t)$?
- (b) Berechnen Sie die elektrischen und magnetischen Felder. Vergleichen Sie jeweils mit dem Resultat, das aus der Lorentztransformation folgt.

Aufgabe 3: Energie-Impuls-Tensor

Der Energie-Impuls-Tensor des elektromagnetischen Feldes ist gegeben durch

$$T^{\mu\nu} = \frac{1}{\mu_0} \left(F^{\mu\rho} F_{\rho}{}^{\nu} + \frac{1}{4} g^{\mu\nu} F^{\alpha\beta} F_{\alpha\beta} \right).$$

- (a) Drücken Sie die Komponenten T^{00} , T^{0i} und T^{ik} durch die Felder \vec{E} und \vec{B} aus und interpretieren Sie das Ergebnis.
 - (b) Zeigen Sie, dass $T^{\mu\nu}$ ein symmetrischer Tensor ist.
 - (c) Berechnen Sie $\partial_{\mu} T^{\mu\nu}$.
 - (d) Zeigen Sie, dass bei Abwesenheit von Ladungen der Vierer-Impuls des elektromagnetischen Feldes erhalten ist.
-