11. Übungsblatt zur Elektrodynamik, Sommersemester '06

Prof. M. G. Schmidt, J. Braun

7. Juli 2006

Abgabe am **Freitag, den 14.07.2006** in der Vorlesung

11. 1. **(Präsenzübung: Collider-Energien, 1+1 Punkte)** In der Reaktion $p + p \to p + p + p + \bar{p}$ werden ein Antiproton $\bar{p}$ und ein Proton p mit gleichen Massen $m_p = m_{\bar{p}} = 938\,\mathrm{MeV}/c^2$ erzeugt.

   (a) Fixed Target Experiment: Welche Energie eines auf ein ruhendes Proton auftreffendes Proton ist im Laborsystem notwendig, um diese Reaktion gerade möglich zu machen?

   (b) Collider-Experiment: Welche Energie ist in einem Proton-Proton-Collider notwendig, in dem die beiden Protonen mit entgegengesetzt gleichen Impulsen aufeinanderprallen, um diese Reaktion gerade zu ermöglichen?

   Anmerkungen/Erinnerungen:

   - Viererimpuls: $p_\mu = \left(\frac{E}{c}, \vec{p}\right)$
   - relativistische Energie-Impulsbeziehung: $E = \sqrt{c^2\vec{p}^2 + m^2c^4}$
   - lorentz-invariante Energievariable s (Quadrat der Summe der (Vierer-) Impulse der Teilchen eines Systems):

$$s = c^2 \left(\sum_i p_\mu^{(i)} \right)^2 .$$

11. 2. **(Oszillierender elektrischer Dipol, 7 Punkte)** Ein elektrischer Dipol $\vec{P}$ oszilliert mit einer Frequenz ω und Amplitude P_0, also $\vec{P} = \vec{P}_0 \mathrm{e}^{i\omega t}$. Er befindet sich im Abstand $a/2$ von einer unendlich ausgedehnten leitenden Platte. Der Dipolvektor sei parallel zur Oberfläche der Platte ausgerichtet. Berechnen sie das elektromagnetische Feld und die zeitlich-gemittelte Strahlungsleistung $\frac{dP}{d\Omega}$ des Dipols für Abstände $r \gg \lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$. Wie vereinfacht sich das Resultat, wenn Sie zusätzlich noch $\lambda \gg a$ annehmen?
Hinweis: Nehmen Sie an, daß die leitende Platte in der y-z-Ebene liege. Welchen Effekt hat die leitende Platte für den Raumbereich mit $x > 0$? Denken Sie an die Spiegelladungsmethode! Vernachlässigen Sie Terme höherer Ordnung in $\frac{1}{r}$ bei der Berechnung des elektrischen und magnetischen Feldes.

11. 3. **(Spezielle Lorentztransformation und Galileitransformation, 4 Punkte)** Das Bezugssystem I' bewege sich mit der Geschwindigkeit v in x_1-Richtung relativ zum Bezugssystem I. Schreiben Sie die (speziellen) Lorentztransformationen für die Variablen $t = \frac{x^0}{c}$, x^1, x^2, x^3 und $t' = \frac{x'^0}{c}$, x'^1, x'^2, x'^3 an. Entwickeln Sie die Transformationsformeln nach Potenzen von $\frac{v}{c}$. Zeigen Sie, daß die (speziellen) Lorentztransformationen in führender Ordnung übergehen in (spezielle) Galileitransformationen zwischen zwei Beobachtern (Bezugssystemen), die sich relativ zueinander gleichförmig und geradlinig mit der Geschwindigkeit $v\vec{e}_1$ bewegen.

11. 4. **(Maßstabsparadoxon, 7 Punkte)** Eine Stange der Länge 10 cm bewege sich längs der x-Achse mit der Geschwindigkeit $v_s = \frac{\sqrt{3}}{2}c$, parallel zu einer Platte mit einem 10 cm grossen Loch. Die Platte bewege sich in Richtung der y-Achse aufwärts mit der Geschwindigkeit u, so daß im Bezugssystem K der Platte zum Zeitpunkt $t = 0$ der Mittelpunkt der Stange und des Loches zusammenfallen.

   (a) **(1 Punkt)** Wie lang ist die Stange im Bezugssystem K der Platte? Kann sie das Loch passieren?

   (b) **(6 Punkte)** Wie groß ist das Loch im Bezugssystem K' der Stange? Kann sie das Loch in ihrem Bezugsystem passieren? Wenn ja, passieren beide Enden das Loch gleichzeitig?