Fachbereich C – Mathematik und Naturwissenschaften
– Physik –

Prof. Dr. A. Klümper
M. Brockmann
(G-16.04, 439-2541, michael.brockmann@physik.uni-wuppertal.de)

Elektrodynamik und Spezielle Relativitätstheorie
Sommersemester 2009

10. Übungsblatt

Abgabe bis zum 10.07.2009 um 14:00 Uhr ins Postfach
Besprechung am 13.07.2009 in der Übung

25. **Ein Fotograph (6 Punkte)**

Ein Beobachter möchte ein Foto eines quadratischen Netzes aus 4×4 quadratischen Maschen der Maschenweite 1 machen, das mit der Geschwindigkeit v an ihm vorüberfliegt. Zur Beschreibung der Situation führen wir zwei Koordinatensysteme K und K' ein. Der Beobachter ruhe in K und das Netz in K'. Das System K' mit Ursprung im Mittelpunkt des Netzes sei so gewählt, dass das Netz in der $x'y'$-Ebene parallel zu den Koordinatenachsen aufgespannt ist. Das System K sei mit seinen Achsen parallel zum System K' ausgerichtet. Die Geschwindigkeit des Netzes im System K sei $\vec{v} = (v, 0, 0)$. Die Uhren in beiden Systemen seien so synchronisiert, dass die Ursprünge beider Systeme zum Zeitpunkt $t = t' = 0$ zusammenfallen. Die Kamera des Beobachters befinde sich bei $\vec{x} = (0, 0, d)$.
Zu welchem Zeitpunkt t muss der Verschluss der Kamera geöffnet werden, um ein Bild des Netzes zum Zeitpunkt des Zusammenfallens der Ursprünge zu bekommen? Welches Bild des Netzes erscheint auf dem Film?

26. **Strahlung eines beschleunigten Teilchens (6 Punkte)**

Für das von einer beschleunigt bewegten Ladung erzeugte Feld in der Fernzone gilt:

$$\vec{E} = \frac{q}{cr_0}\frac{\vec{n}\times[(\vec{n}-\vec{\beta})\times\dot{\vec{\beta}}]}{(1-\vec{n}\cdot\vec{\beta})^3} \tag{1}$$

$$\vec{B} = \vec{n}\times\vec{E}. \tag{2}$$

Es sollen die Richtungen bestimmt werden, in denen die Ausstrahlung verschwindet.

(a) Zeige zunächst, dass hierfür $\vec{n}$, $\vec{\beta}$ und $\dot{\vec{\beta}}$ in einer Ebene liegen müssen

(b) Gib für den Fall verschwindender Ausstrahlung eine Relation zwischen den Winkeln $\alpha = \angle(\vec{\beta}, \dot{\vec{\beta}})$ und $\chi = \angle(\dot{\vec{\beta}}, \vec{n})$ an.

(c) Betrachte nun den Spezialfall einer kreisförmigen Bewegung, d.h. $\vec{\beta}\cdot\dot{\vec{\beta}} = 0$. Zeige, dass hierfür gilt:

$$dI = \frac{q^2\dot{\beta}^2}{4\pi c}\frac{1}{(1-\beta\cos\vartheta)^6}\left\{(1-\beta\cos\vartheta)^2 - (1-\beta^2)\sin^2\vartheta\cos^2\varphi\right\}d\Omega \tag{3}$$

wobei $\vartheta = \angle(\vec{n}, \vec{\beta})$ ist. Der Winkel φ ist der Winkel zwischen $\dot{\vec{\beta}}$ und der Projektion des Vektors $\vec{n}$ in die Ebene, die von $\dot{\vec{\beta}}$ und $\vec{\beta}\times\dot{\vec{\beta}}$ aufgespannt wird. Bestimme die Winkel ϑ und φ, für die die Intensität verschwindet.

27. **Lorentztransformation des elektromagnetischen Feldes (6 Punkte)**

(a) Bestimme mit Hilfe des Feldstärketensors F die Transformationsgleichungen für die Felder $\vec{E}$ und $\vec{B}$ für den Übergang von einem Bezugssystem K in ein parallel zu K ausgerichtetes Bezugssystem K', dessen Ursprung zu einem Zeitpunkt $t = t' = 0$ mit dem von K zusammenfällt und das sich bezüglich K mit konstanter Geschwindigkeit v in y-Richtung bewegt.

(b) Zeige durch explizites Nachrechnen, dass die Größen $E^2 - B^2$ und $\vec{E} \cdot \vec{B}$ invariant unter der in (a) bestimmten Transformation sind.

(c) Berechne unter Verwendung des Ergebnisses aus (a) die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ und die magnetische Feldstärke $\vec{B}$, die von einer sich mit konstanter Geschwindigkeit v bewegenden Ladung q erzeugt werden.