

ÜBUNGEN ZUR ELEKTRODYNAMIK II WS 13/14

Aufgabenblatt 3

25.10.2013

Aufgabe 3.1: Geladener Stab

Ein unendlich langer dünner Stab trage – in einem Inertialsystem Σ gemessen – eine elektrische Ladung $Q > 0$ pro Längeneinheit und einen elektrischen Strom $J > 0$. Untersuche, unter welchen Voraussetzungen für Q und J es ein Bezugssystem Σ' gibt, in dem die Ladungsdichte verschwindet, $\rho'(\vec{r}') = 0$ (d.h. es liegt ein rein magnetisches Feld vor), bzw. die Stromdichte verschwindet, $\vec{j}'(\vec{r}') = 0$ (d.h. es liegt ein rein elektrisches Feld vor). Benutze dazu die Lorentz-Transformation der Vierer-Stromdichte. Gib Ladung Q' und Strom J' in Σ' jeweils als Funktion von Q und J an.

Aufgabe 3.2: Bewegte elektrische Ladungen

Ein Teilchen der elektrischen Ladung q_1 hat in seinem Ruhesystem Σ' die Potentiale $\varphi'(\vec{r}') = \frac{q_1}{r'}$ und $\vec{A}'(\vec{r}') = 0$.

1. Welche Potentiale $\varphi(\vec{r})$ und $\vec{A}(\vec{r})$ hat es im Bezugssystem Σ , welches sich mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = v\vec{e}_z$ relativ zu Σ' bewegt?
2. Zeige, dass $\varphi(\vec{r})$ und $\vec{A}(\vec{r})$ der Loren(t)z-Eichbedingung $\partial_\mu A^\mu = 0$ genügen. In welchem Bezugssystem überprüft man dies am einfachsten? Warum kann man hierbei das Bezugssystem frei wählen?
3. Berechne aus $\varphi(\vec{r})$ und $\vec{A}(\vec{r})$ die Feldstärken $\vec{E}(\vec{r})$ und $\vec{B}(\vec{r})$ in Σ . Zeige zunächst $\vec{B} = \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{E}$ und berechne dann \vec{E} explizit.
4. Welche Kraft \vec{F} übt von Σ aus gesehen das erste Teilchen auf ein zweites Teilchen der Ladung q_2 aus, das sich mit der selben Geschwindigkeit \vec{v} wie das erste bewegt? Zerlege \vec{F} in einen Anteil senkrecht und in einen parallel zur z -Achse, $\vec{F} = \vec{F}_\perp + \vec{F}_\parallel$.

3.3 Lorentzkraft

Eine Punktladung q befinde sich in einem Inertialsystem S zum betrachteten Zeitpunkt in einem Magnetfeld $\vec{B} = (0, 0, B)$ und habe die momentane Geschwindigkeit $\vec{v} = \frac{1}{\sqrt{3}}(v, v, v)$. Berechne die Kraft, die auf die Punktladung

1. im Inertialsystem S wirkt.
2. in einem Inertialsystem S' wirkt, das sich relativ zu S mit der Geschwindigkeit $\vec{V} = (V, 0, 0)$ bewegt. Berechne hierzu zunächst das elektromagnetische Feld sowie die Geschwindigkeit der Punktladung in S' und dann die daraus folgende Lorentzkraft.