

Übungsblatt 9

11.12.2014

1. Feldtransformationen

1952 hat Einstein geschrieben: “Was mich mehr oder weniger direkt auf die spezielle Relativitätstheorie geführt hat, war die Überzeugung, dass die elektromotorische Kraft, die auf ein sich im Magnetfeld bewegendes Objekt wirkt, nichts anderes ist als das elektrische Feld”.

Betrachte ein Bezugssystem S mit $\vec{B} = b\vec{e}_y$ und $\vec{E} = 0$. Eine Ladung q bewege sich mit Geschwindigkeit $\vec{u} = v\vec{e}_x$ in \vec{S} . Sei S' das Ruhesystem von q .

- Berechne \vec{E}' und \vec{B}' in S' .
- Berechne die Kraft auf q in S und S' . Wie hängt das Resultat damit zusammen, was Einstein geschrieben hat?

2. Viererpotential

Ein Teilchen mit Ladung q_1 hat in seinem Ruhesystem S' die Potentiale $V(\vec{r}') = \frac{q_1}{r'}$, $\vec{A}(\vec{r}') = \vec{0}$.

- Berechne die Potentiale $V(\vec{r})$, $\vec{A}(\vec{r})$ im Laborsystem S in welchem sich das Teilchen mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = (0, 0, v)^T$ bewegt.
- Zeige, dass $V(\vec{r})$ und $\vec{A}(\vec{r})$ die Lorentzbedingung erfüllen. Wähle dafür ein möglichst einfaches Bezugssystem. Warum kann man das Bezugssystem frei wählen?
- Berechne die Feldstärken $\vec{E}(\vec{r})$ und $\vec{B}(\vec{r})$. Hierzu zeige zuerst, dass $\vec{B} = \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{E}$ und berechne \vec{E} .
- Welche Kraft \vec{F} übt von S aus gesehen das erste Teilchen auf ein zweites Teilchen der Ladung q_2 aus, das sich mit derselben 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. Feldstärketensor einer bewegten Punktladung

Eine Ladung q bewege sich mit Geschwindigkeit $\vec{u} = u\vec{e}_x$. Definiere einen antisymmetrischen Tensor $r^{\mu\nu}$:

$$r^{\mu\nu} = \frac{1}{c} (\eta^\mu x^\nu - \eta^\nu x^\mu), \quad (1)$$

wobei η^μ die Vierergeschwindigkeit von q ist. Definiere weiters $r^2 = -\frac{1}{2} r^{\mu\nu} r_{\mu\nu}$.

- Berechne r^2 .

(b) Zeige, dass

$$F^{\mu\nu} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 c} \frac{r^{\mu\nu}}{(r^2)^{\frac{3}{2}}}. \quad (2)$$

Ankreuzbar: 1ab, 2ab, 2cd, 3a, 3b