INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Prof. Dr. W. Brenig
Dr. R. Darradi

Elektrodynamik SoSe 2009

2. Übungsblatt Abgabe: **Dienstag, den 14.04.2009 um 11:25h, Hausaufgabenkiste bei A316**

1. **Rapidität (Alfred Robb 1911) (6 Punkte)**
Die Lorentz-Tranformation, welche die Koordinaten t, z und t', z' zweier Koordinatensysteme $\mathbf{S}$ und $\mathbf{S}'$ verknüpft, die sich längs der z-Achse mit der Geschwindigkeit $\upsilon = \beta c$ gleichförmig gegeneinander bewegen, ist gegeben durch $t = t'\gamma + z'\beta\gamma$, $z = -t'\beta\gamma + z'\gamma$.
Diese Transformation ähnelt in ihrer Struktur einer Rotation in der t, z-Ebene, $t = t'\cos(\varphi) + z'\sin(\varphi)$, $z = -t'\beta\sin(\varphi) + z'\cos(\varphi)$.
Die Faktoren γ und $\beta\gamma$ sind jedoch größer als 1, was mit Sinus- und Kosinus- funktionen nur bei einem imaginären Argument φ möglich ist. Statt dessen kann man einen Ansatz für die Transformation mit den hyperbolischen Funktionen sinh und cosh mit einem reellen Argument y machen: $t = t'\cosh y + z'\sinh y$, $z = -t'\sinh y + z'\cosh y$.
Das Argument y in diesem Transformationsgleichungen wird als Rapidität bezeichnet.
   (a) Berechnen Sie die Abhängigkeit von y von γ und β.
   (b) Führt man zwei aufeinander folgende Drehungen aus, dann kann man die beiden Drehwinkel einfach addieren. Prüfen Sie, ob diese Beziehung auch für die Rapidität gilt, wenn zwei Lorentz-Transformationen nacheiander ausgeführt werden.

2. **Lorentz-Transformation (4 Punkte)**
Gegeben zwei Koordinatensysteme $\mathbf{S} \widehat{=} (x, y, z, t)$ und $\mathbf{S}' \widehat{=} (x', y', z', t')$ mit Relativgeschwindigkeit $\vec{v}$ mit Komponenten (v_x, v_y, v_z) im Koordinaten System $\mathbf{S}$. Die Lorentz-Transformation zwischen $\mathbf{S}$ und $\mathbf{S}'$ hat die Form
$$T = D_2 L D_1$$
   (a) Beschreiben Sie die Bedeutung von D_2, T und D_1
   (b) Betrachten Sie den Spezialfall $x \| x'$, $y \| y'$, $z \| z'$ und $\vec{v}$ nicht parallel zu x, y, und z. Nehmen Sie an, dass der Ursprung für $t = 0$ beide Systeme identisch ist.

3. **Geschwindigkeits Transformation (4 Punkte)**
Experiment von Fizeau zur Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes in bewegten Flüssigkeiten.
In $\mathbf{S}$ ist ein Medium in Ruhe. Die Lichtgeschwindigkeit im Medium ist v und der Brechnungsindex ist $n = \frac{c}{v}$.
Berechnen Sie die Lichtgeschwindigkeit, wenn sich das Medium mit Geschwindigkeit υ relativ zu $\mathbf{S}$ bewegt.

4. **Geschwindigkeitsabhängigkeit der Protonenmasse (6 Punkte)**
Die Ruhemasse des Protons ist $m_0(p) = 1 \cdot 66 \cdot 10^{-27}$ kg. Berechnen Sie die Masse des Protons, wenn es sich mit
$$a)\ 3 \cdot 10^7 \text{m/s} \quad \text{und} \quad b)\ 2,7 \cdot 10^8 \text{m/s}$$
bewegt. Vergleichen Sie die kinetische Energie des Protons in beiden Fällen nach der klassischen un relativistischen Rechnung.
$$1\,\text{Joule} = 1\text{kg} \cdot (\text{m/s})^2 = 0,62 \cdot 10^{13}\text{Mev}$$

.