Übungen zu Theoretische Physik 4 (12-PHY-BTP4), SS 16

Serie 1
Abgabe zu Beginn der Vorlesung am 12.4.

Übung 1. 4 P.

Überprüfen Sie, dass Galilei-Transformationen $g = (a, R, \vec{v}, \vec{b})$ mit

$$t' = t + a, \qquad \vec{x}' = R\vec{x} - \vec{v}t + \vec{b}$$

eine *Gruppe* bilden, d.h.

1. die Verkettung zweier Transformationen $g = (a, R, \vec{v}, \vec{b})$ und $g' = (a', R', \vec{v}', \vec{b}')$ ist wiederum eine,
2. es existiert ein neutrales Element e, d.h. $e \circ g = g \circ e = g$,
3. und zu jedem g existiert eine Inverses g^{-1} s.d. $g \circ g^{-1} = g^{-1} \circ g = e$.

Übung 2. 4 P.

Ein Michelson-Morley Experiment mit Armlänge L bewege sich mit einer Geschwindigkeit $\vec{v}$ relativ zu einem Bezugssystem in dem die Maxwell-Gleichungen gelten, d.h., in dem die Lichtgeschwindigkeit richtungsunabhängig ist. Berechnen Sie die Laufzeitdifferenz zwischen einem Signal, das parallel zu $\vec{v}$ verläuft, und einem dazu senkrechten und nähern Sie in zweiter Ordnung in $\beta = \frac{v}{c}$. (Hinweis: Beachten Sie, dass ein Signal, welches im bewegten Bezugssystem senkrecht zu $\vec{v}$ verläuft, dies im unbewegten Bezugssystem nicht tut.) Sei ν die Frequenz der elektromagnetischen Strahlung. Bestimmen Sie die Phasenverschiebung der beiden Signale. Wie groß ist diese für $L = 1\,\mathrm{m}$, $v = 30\,\mathrm{km\,s^{-1}}$ und Licht mit Wellenlänge $\lambda = 500\,\mathrm{nm}$?

Übung 3. 4 P.

Überprüfen Sie, dass sich die Lorentz-Transformation

$$t' = \gamma(t - \tfrac{v}{c^2}x), \qquad x' = \gamma(x - vt)$$

mit $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ als

$$t' = \cosh(\theta)t - \tfrac{1}{c}\sinh(\theta)x, \qquad x' = \cosh(\theta)x - c\sinh(\theta)t$$

schreiben lässt. Skizzieren Sie den Orbit der Vektoren

$$v_1 = (1, 0), \qquad v_2 = (0, 1), \qquad v_3 = (1, 1)$$

unter Lorentz-Tranformationen, d.h. unter Ausführung der obigen Abbildung für $\theta \in \mathbb{R}$. (Hierbei sei $v = (t, x)$ und die Einheiten so gewählt dass $c = 1$.)