

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

Serie 3

Abgabe zu Beginn der Vorlesung am 26.4.

Übung 1.

6 P.

Beweisen Sie:

1. Sei v zeit-artig. Durch eine orthochrone Lorentz-Transformation lässt sich v in die Form $v' = (a, 0, 0, 0)$ bringen.
2. Sei v raum-artig. Durch eine orthochrone Lorentz-Transformation lassen sich für v'^0 sowohl $v'^0 > 0$, $v'^0 = 0$ als auch $v'^0 < 0$ erreichen.
3. Sei v zeit-artig. Alle nicht verschwindenden, senkrecht auf v stehenden Vektoren sind raumartig.
4. Seien v, w kausal und zukunftsweisend. Zeigen Sie, dass $v \cdot w \geq 0$ und dass $v + w$ kausal und zukunftsweisend ist. Zeigen Sie außerdem, dass $v \cdot w = 0$ genau dann gilt, wenn v und w parallel und licht-artig sind.

Übung 2.

4 P.

Ein Beobachter bewege sich entlang der Kurve

$$x^\mu(t) := (ct, 1 - \cos(\omega t), \sin(\omega t), 0)$$

1. Skizzieren Sie die Kurve für $t \in [0, \frac{2\pi}{\omega}]$ für ein $\omega > 0$.
2. Für welche Werte ω ist die Kurve zeit-artig?
3. Für welche Werte ω schneidet die Kurve das Ereignis $(cT, 0, 0, 0)$ für ein $T > 0$? Was ist dann die Eigenzeit des Beobachters zwischen $t = 0$ und $t = T$?
4. Für welche Werte von ω ist die Eigenzeit weniger als die Hälfte der Eigenzeit eines Beobachters entlang der Geraden $t \mapsto (ct, 0, 0, 0)$? Wie schnell muss der Beobachter sich bewegen, um nur halb so schnell zu altern wie ein Beobachter, der am Ursprung des Koordinatensystems ruht?

Übung 3.

2 P.

Beim LHC kollidieren entgegenlaufende Protonenstrahlen, bei denen die Protonen eine Gesamt-Energie von jeweils $6.5 \cdot 10^6 \text{MeV}$ haben. Die Ruheenergie eines Protons in diesen Einheiten ist $m_0 c^2 = 938 \text{MeV}$. Vergleichen Sie die Gesamtenergie im Ruhesystem mit derjenigen, die erreicht würde, wenn man einen Protonenstrahl auf ein ruhendes Target aus Protonen (z.B. ein Wasserstoff-Gas) richten würde.