

Übungsblatt 5

13.11.2014

1. Lorentztransformationen

- (a) Leite die Lorentztransformationen ab unter der Annahme, dass die Transformation linear ist und dass sich die Koordinaten normal zur Bewegungsrichtung nicht ändern. Mache einen geeigneten Ansatz für ein Bezugssystem \mathcal{F}' , das sich relativ zu \mathcal{F} mit Geschwindigkeit v in x -Richtung bewegt. Bestimme die Unbekannten aus der Bedingung, dass sich das Licht in beiden Bezugssystemen als Kugelwelle mit Geschwindigkeit c ausbreitet.
- (b) Bestimme die inverse Transformation und diskutiere das Resultat.
- (c) Zeige, dass die Komposition zweier Lorentztransformationen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten v_1 und v_2 wieder eine Lorentztransformation ist. Was ist die Geschwindigkeit v_3 der Komposition?

2. Rapidity

Ein Inertialsystem \mathcal{F}' bewege sich mit Geschwindigkeit v in positive x -Richtung, relativ zum Inertialsystem \mathcal{F} . Die Rapidity θ sei definiert durch

$$\tanh \theta = \frac{v}{c} \quad (1)$$

- (a) Skizziere θ als Funktion von v mit $-c \leq v \leq c$.
- (b) Drücke die Lorentztransformation durch θ aus und diskutiere das Resultat.
- (c) Definiere die Rapidity θ_p eines Teilchens, das sich in \mathcal{F} mit Geschwindigkeit u in x -Richtung bewegt mit $\tan \theta_p = \frac{u}{c}$. Berechne die Rapidity des Teilchens in \mathcal{F}' .

3. Kausalität und Gleichzeitigkeit

Zwei Ereignisse finden an folgenden Raumzeitpunkten statt:

	Fall A	Fall B
Ereignis 1	$t = 2 \cdot 10^{-9}\text{s}$ $x = 0.3\text{m}$ $y = 0.5\text{m}$ $z = 0.0\text{m}$	$t = 5 \cdot 10^{-9}\text{s}$ $x = 0.7\text{m}$ $y = 0.5\text{m}$ $z = 0.0\text{m}$
Ereignis 2	$t = 3 \cdot 10^{-9}\text{s}$ $x = 0.4\text{m}$ $y = 0.7\text{m}$ $z = 0.0\text{m}$	$t = 4 \cdot 10^{-9}\text{s}$ $x = 0.4\text{m}$ $y = 0.6\text{m}$ $z = 0.0\text{m}$

(2)

- (a) Sind in den Fällen A und B Ereignis 1 und Ereignis 2 jeweils kausal zusammenhängend?

Hinweis: Die Lichtgeschwindigkeit ist $3 \cdot 10^8 \text{m/s}$.

- (b) Gibt es ein Bezugssystem in dem Ereignis 1 und Ereignis 2 *gleichzeitig* sind?

Hinweis: Wähle das Koordinatensystem so, dass die Transformation möglichst einfach ist.

Ankreuzbar: 1a, 1bc, 2abc, 3a, 3b