

1. Tutorium - Lösungen

13.03.2020

1.1 Vierervektoren

Man kann alle Aufgabenteile durch explizites Nachrechnen lösen. Z.B. für (a) berechnen wir $\Lambda^\mu{}_\tau(\beta)\Lambda'^\tau{}_\nu(\beta')$ und $\Lambda'^\mu{}_\tau(\beta')\Lambda^\tau{}_\nu(\beta)$ und finden, dass sie nicht identisch sind. Für Teil (e) finden wir, dass eine Drehung um die y -Achse mit einer Lorentztransformation in y -Richtung kommutiert.

1.2 Zeitdilatation und Längenkontraktion

a) Zwischen zwei Ticks der ruhenden Uhren vergeht die Zeit

$$t_0 = \frac{2L}{c}. \quad (1)$$

Mit Hilfe der Abbildung unten und einfachen geometrischen Überlegungen findet man $t'_0 = \gamma t_0$.

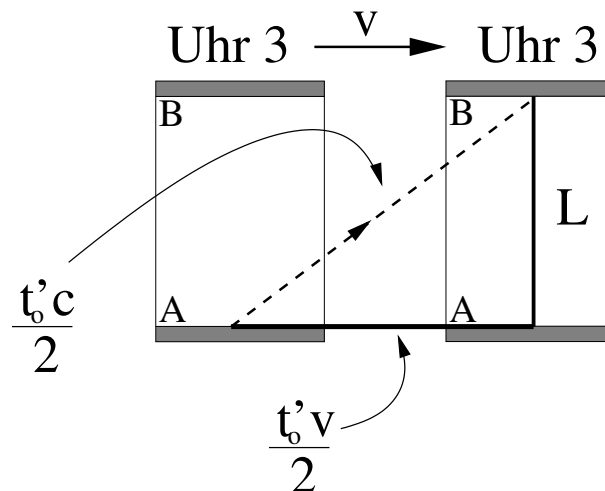


Abbildung 1: Die Uhr bewegt sich während das Licht zwischen den Spiegeln läuft.

Wie zu erwarten war, ist das genau die Zeitdilatation für zwei Bezugssysteme, die sich mit Geschwindigkeit v relativ zu einander bewegen. Im Ruhesystem der Uhren 1 und 2 geht die bewegte Uhr also um einen Faktor $\gamma > 1$ langsamer als die beiden ruhenden Uhren. Wenn Uhr 3 in dem Moment, in dem sie sich am Ort von Uhr 1 befindet den gleichen Zählerstand wie Uhr 2 hat, dann ist ihr Zählerstand bei Ankunft an der Position von Uhr 2 um den Faktor γ geringer als der von Uhr 2.

b) Die Zeit, die im bewegten System vergeht, sollte unabhängig davon sein, wie die Uhr orientiert ist. Man findet wieder durch geometrische Überlegungen, dass der Abstand zwischen den Spiegeln A und B in der Uhr 3 längenkontrahiert sein muss $L' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} L = \frac{L}{\gamma}$. Somit finden wir, dass die Zeitdilatation in diesem Gedankenexperiment auf die Längenkontraktion führt.

1.3 Umrechnen von Einheiten

a)

Die Konstanten werden wie folgt berechnet:

$$c_0 = c = \frac{299792458 \text{ m}}{\text{s}} \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \frac{60 \times 60 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 1079252848.8 \frac{\text{km}}{\text{h}},$$

$$c_1 = c_2 = \frac{1\text{km}}{1000\text{m}} \frac{1852\text{m}}{1\text{Seemeile}} = 1.852 \frac{\text{km}}{\text{Seemeile}},$$

$$c_3 = \frac{1\text{km}}{1000\text{m}} \frac{0.3048\text{m}}{1\text{Fu\ss}} = 3.048 \times 10^{-4} \frac{\text{km}}{\text{Fu\ss}}$$

b)

Bei diesem Beispiel kommen für jeden Studierenden andere Zahlen heraus.

c)

Du warst zu schnell unterwegs.