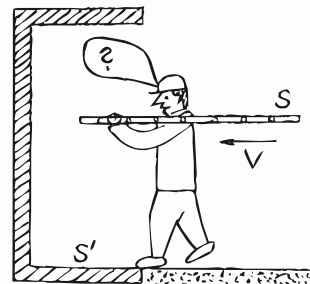


2. Tutorium

für 14.03.2014

2.1 Kontrahierte Leiter

Ein Meister läuft mit Geschwindigkeit $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$ ($\gamma = 2$) mit einer $L_0 = 2$ m langen Leiter (Ruhelänge) horizontal auf der Schulter in einen Abstellraum der (Ruhe-)länge $l_0 = 1$ m mit massiven Wänden, sein dort wartender Geselle soll hinter ihm die Türe schließen. Der Geselle sieht die lorentzkontrahierte Leiter von 1 m Länge, und ruft dem Meister zu, dass sich das locker ausgeht. Der Meister sieht den lorentzverkürzten Abstellraum von $1/2$ m Länge, und bezweifelt das allerdings.



- Betrachte den Vorgang zunächst vom Ruhesystem S' des Abstellraumes und dann vom Ruhesystem S des Meisters aus. Wie löst sich das vermeintliche „Paradoxon“ auf?
- Zeige, dass der „Trick“ sogar für noch kürzere Abstellräume klappt, wenn nur $l_0 \geq l_{0,\min}$. Wie groß ist $l_{0,\min}$? Was sieht der Geselle in diesem Fall?
- Zeichne entsprechende Minkowskidiagramme und trage l_{\min} bzw. $l_{0,\min}$ ein. Hinweis: Ein absolut starrer Körper ist nach der Relativitätstheorie nicht möglich, die Signalgeschwindigkeit physikalischer Wirkungen ist maximal c .

2.2 Vorbeiflug zweier Stäbe

Betrachtet werden zwei Stäbe der gleichen Ruhelänge L_0 (Distanz zwischen linkem Stabende A und rechtem Stabende B im jeweiligen Ruhesystem). Beide Stäbe liegen parallel zur x -Achse. Im Inertialsystem S ruht der erste Stab, während sich der zweite gleichförmig geradlinig nach rechts bewegt. Das Inertialsystem des zweiten Stabes sei S' .

Beobachter in S stellen fest, dass zwischen den beiden Ereignissen „Das linke Stabende A_2 von Stab 2 fliegt am linken Stabende A_1 von Stab 1 vorbei“ und „Das rechte Stabende B_2 von Stab 2 fliegt am rechten Stabende B_1 von Stab 1 vorbei“ das Zeitintervall Δt verstreicht.

- Berechne die Geschwindigkeit v des Stabes 2 relativ zum Stab 1. Wie groß kann Δt bei gegebenem L_0 maximal sein?
- In welcher zeitlichen Reihenfolge finden die vier Ereignisse $E_1 : A_2$ fliegt an A_1 vorbei

E_2 : A_2 fliegt an B_1 vorbei

E_3 : B_2 fliegt an A_1 vorbei

E_4 : B_2 fliegt an B_1 vorbei

für Beobachter in S bzw. für Beobachter in S' statt? Zeichne ein Minkowski-diagramm dazu.

c) Gibt es ein Inertialsystem S'' , in welchem die beiden Ereignisse E_1 und E_4 gleichzeitig sind? Gibt es ein Inertialsystem S''' , in welchem das Ereignis E_2 zeitlich vor dem Ereignis S_3 stattfindet? (Wenn ja, berechne die Geschwindigkeiten von S'' bzw. S''' gegenüber S . Wenn nein, begründe die Antwort.)

2.3 Allgemeine Lorentz-Transformation

a) Zeige, dass die Ausführung einer Geschwindigkeitstransformation um die x -Achse mit Geschwindigkeit $\beta > 0$ mit anschließender Ausführung einer Geschwindigkeitstransformation um die y -Achse mit selber Geschwindigkeit β keine reine Geschwindigkeitstransformation ergibt.

b) Die eben genannte Kombination lässt sich durch eine Rotation um die z -Achse um einen Winkel α , einer Geschwindigkeitstransformation entlang der x -Achse mit Geschwindigkeit β' , und einer Rotation um die z -Achse um einen Winkel δ darstellen. Berechne β' , α , und δ als Funktion von β . (Es genügt, sich geeignete Komponenten dafür herauszusuchen. Die Identität braucht nicht für alle Matrixeinträge überprüft zu werden - das macht man am besten mit einem Computeralgebrasystem.)

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