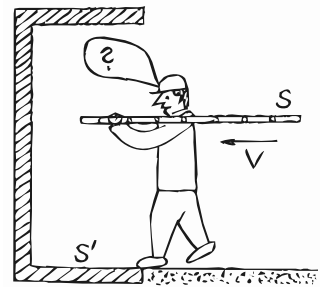


## 2. Tutorium

für 20.03.2020

## 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 Minkowski-Diagramme 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 Relativistische Uhr

Eine Uhr  $U$  bewegt sich relativ zu einem Inertialsystem  $S$  gleichförmig in positive  $x$ -Richtung. Beobachter in  $S$  finden für das Zeitintervall, welches in  $S$  vergeht, während der große Zeiger der Uhr  $U$  einmal herumläuft (d.h. die Uhr  $U$  um eine Stunde vorrückt),  $\Delta t = 2$  Stunden.

Neben  $S$  wird ein Inertialsystem  $S'$  betrachtet, welches sich relativ zu  $S$  mit Geschwindigkeit  $V = (\sqrt{3}/4)c$  in positive  $x$ -Richtung bewegt.

- Was finden Beobachter in  $S'$  für das Zeitintervall  $\Delta t'$ , welches in  $S'$  vergeht, während der große Zeiger der Uhr  $U$  einmal herumläuft?
- Welchen räumlichen Abstand  $\Delta x$  (angegeben in Kilometern) besitzen die zwei Uhren von  $S$ , welche bei der Messung von  $\Delta t$  mit der Uhr  $U$  verglichen werden?

- c) Welchen räumlichen Abstand  $\Delta x'$  (angegeben in Kilometern) besitzen die zwei Uhren von  $S'$ , welche bei der Messung von  $\Delta t'$  mit der Uhr  $U$  verglichen werden?
- d) Zeichne in das zugehörige Minkowski-Diagramm die Größen  $\Delta t$ ,  $\Delta t'$ ,  $\Delta x$  und  $\Delta x'$  ein.

## 2.3 Lichtblitz-Uhr

- a) Zeichne das Minkowski-Diagramm zu Beispiel 1.2b von letzter Woche. Zeichne zunächst das Minkowski-Diagramm aus Sicht eines ruhenden Beobachters im Inertialsystem  $S$ . Zeichne die Weltlinien der bewegten Spiegel  $A$  und  $B$  in das Diagramm ein, und dann den Pfad des Lichtblitzes zwischen den Spiegeln, der zweimal zwischen den Spiegeln reflektiert wird (also  $A \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow A$ ). Zeichne nun das Inertialsystem  $S'$  der bewegten Lichtblitz-Uhr in das gleiche Diagramm ein. Kann man ablesen, in welchem Inertialsystem die beiden Spiegel in regelmäßigen Zeitabständen erreicht werden, und in welchem die zeitlichen Abstände zwischen den Reflexionen ungleich groß sind?
- b) Zeichne nun das entsprechende Minkowski-Diagramm, in dem die Uhr ruht und der Beobachter sich bewegt. Zeichne wieder ein, in welchem Inertialsystem die beiden Spiegel in regelmäßigen Zeitabständen erreicht werden, und in welchem die zeitlichen Abstände ungleich groß sind.

---

Ankreuzbar: 1ab, 1c, 2abc, 2d, 3ab