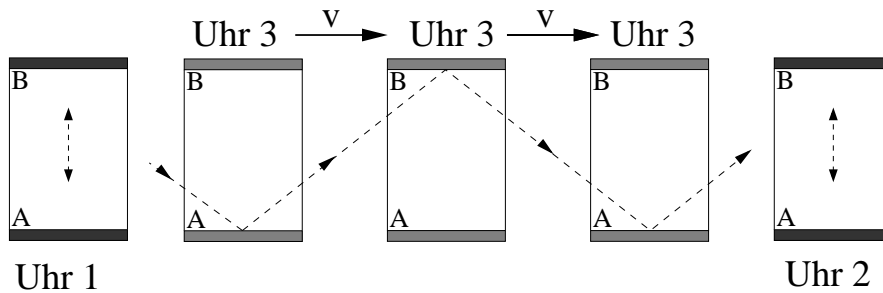


Übungsblatt 11

für das Tutorium am 15.6.2018

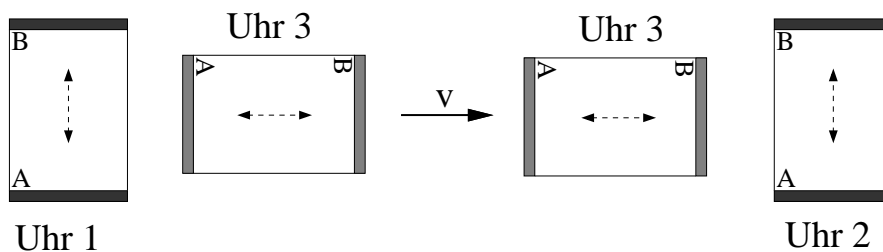
1. Zeitdilatation und Längenkontraktion

- (a) Zwischen zwei parallelen Spiegeln A und B mit Abstand L bewege sich ein Lichtblitz hin und her. Diese „Uhr“ ticke bei jedem Auftreffen des Lichtblitzes auf den Spiegel A , was durch einen Zähler registriert werde. Es seien nun zwei solcher Uhren synchronisiert und in einem festen Abstand voneinander aufgestellt. Eine dritte bewege sich dazu mit der konstanten Relativgeschwindigkeit v wie im Bild dargestellt. Berechne mit Hilfe geometrischer Überlegungen den Faktor, um den die bewegte Uhr langsamer geht als die beiden ruhenden.



- (b) Es sei der Versuchsaufbau wie in Teil (a) gegeben mit dem Unterschied, dass nun die sich bewegende dritte Uhr um 90° so gedreht ist, dass die Bewegungsrichtung der Uhr parallel zum Laufweg des Lichtblitzes in ihrem Innern ist.

Um welchen Faktor muss der Abstand der beiden Spiegel der bewegten dritten Uhr *verringert* werden, damit sie um den in Teil (a) berechneten Faktor langsamer geht?



Anmerkung: Auch hier reichen zur Berechnung einfache geometrische Überlegungen zu den Laufstrecken des Lichtblitzes in der bewegten dritten Uhr aus.

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.

- (a) Berechne die Geschwindigkeit v des Stabes 2 relativ zum Stab 1. Wie groß kann Δt bei gegebenem L_0 maximal sein?
- (b) 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 aus der Sicht des Systems S , sowie eines aus der Sicht von S' .
- (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 E_3 stattfindet? (Wenn ja, berechne die Geschwindigkeiten von S'' bzw. S''' gegenüber S , und zeichne die Minkowski-Diagramme aus der Sicht von S'' bzw. S''' . Wenn nein, begründe die Antwort.)

3. Lorentztransformationen

Gegeben seien eine Lorentztransformation in x -Richtung $\mathbf{\Lambda}(\beta)$ (siehe Vorlesung), eine in y -Richtung $\mathbf{\Lambda}'(\beta)$, und eine Drehung $\mathbf{R}(\alpha)$ um die z -Achse:

$$\mathbf{\Lambda}'(\beta) = \begin{pmatrix} \gamma & 0 & -\beta\gamma & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\beta\gamma & 0 & \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{R}(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

- (a) Zeige, dass im Allgemeinen $\mathbf{\Lambda}(\beta)\mathbf{\Lambda}'(\beta) \neq \mathbf{\Lambda}'(\beta)\mathbf{\Lambda}(\beta)$. Können die resultierenden Transformationen für $\beta \neq 0$ reine Geschwindigkeitstransformationen sein?
- (b) Das Produkt der zwei Lorentz-Transformationen lässt sich in folgender Weise schreiben: $\mathbf{\Lambda}(\beta)\mathbf{\Lambda}'(\beta) = \mathbf{R}(\delta)\mathbf{\Lambda}(\beta')\mathbf{R}(\alpha)$. Bestimme β' , α und δ als Funktion von β anhand geeigneter Komponenten.

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