

Übungsblatt 5

Relativitätstheorie I

Wintersemester 2022/23
Fakultät für Physik, Universität Stuttgart
Prof. Dr. R. Hilfer

Aufgabe 1)

Eine Stange der Länge l bewege sich mit großer Geschwindigkeit durch ein Haus derselben Länge l . Vom Ruhesystem des Hauses aus betrachtet erfährt die Stange eine Längenkontraktion. Wenn das Ende der Stange den Hauseingang passiert, hat ihr Anfang den Hinterausgang noch nicht erreicht. Vom Ruhesystem der Stange aus betrachtet erscheint die Länge des Hauses verkürzt. Die Enden der Stange schauen für eine gewisse Zeit auf beiden Seiten des Hauses heraus. Bezeichnen Sie mit K das Ruhesystem des Hauses und mit K' das der Stange. Die Anfangspunkte von Haus und Stange sollen für $t = t' = 0$ im Ursprung zusammenfallen.

- Berechnen Sie die Koordinaten von Anfangs- und Endpunkt des Hauses sowie der Stange:
 1. vom System des Hauses aus betrachtet (beliebige Zeit t und $t = 0$),
 2. vom System der Stange aus betrachtet (beliebige Zeit t' und $t' = 0$).
- Zeichnen Sie die Raum-Zeit-Diagramme für die Weltlinien der Anfangs- und Endpunkte von Haus und Stange im System K und im System K' .

Aufgabe 2)

Myonen machen einen Großteil der auf die Erdoberfläche treffenden kosmischen Strahlung aus. Sie entstehen in einer Höhe von mehr als 15 km beim Zusammenstoß geladener Teilchen mit Atomen der Atmosphäre. Ihre typische Geschwindigkeit im Ruhesystem der Erde beträgt etwa $0.995c$. Ein ruhendes Myon besitzt eine Halbwertszeit 1.5×10^{-6} s.

- Zeigen Sie, dass ein in 15 km Höhe erzeugtes Myon trotz der kurzen Lebensdauer die Erdoberfläche erreicht.
- Beschreiben Sie den Vorgang im Ruhesystem der Myonen.
- Es soll nun angenommen werden, dass die Myonen nicht alle senkrecht in Richtung Erdoberfläche laufen, sondern mit gleicher Wahrscheinlichkeit in alle Richtungen des der Erde zugewandten Halbraums gestreut werden. Wie hoch ist der Anteil der Myonen, welche die Erde erreichen?

Aufgabe 3)

Eines Tages sprintet Herakles mit relativistischer Geschwindigkeit v in positiver x -Richtung durch eine Arena. Die Zuschauersitze sind auf Kreisen um den Mittelpunkt der Arena angeordnet. Der Einfachheit halber wird angenommen, dass diese in der x - y -Ebene des Inertialsystems K liegen, in welchem die Arena ruht, mit dem Mittelpunkt im Ursprung. Als Herakles zum Zeitpunkt $t = 0$ im Mittelpunkt ankommt fällt ihm auf, dass er Zuschauersitze sehen kann die hinter ihm liegen, obwohl er geradeaus schaut. (Das heißt, der Winkel zwischen seinem Geschwindigkeitsvektor und den Vektoren die auf diese Zuschauersitze zeigen ist größer als 90° !)

Erklären Sie das Phänomen qualitativ mithilfe einer Skizze. Zeichnen Sie dazu ein dreidimensionales Raum-Zeit-Diagramm mit den Achsen von K , wobei Sie die Achsen ct , x und y verwenden. Zeichnen Sie nun die Achsen des Inertialsystems K' ein, in dem Herakles ruht, die Weltlinie von Herakles und die Weltlinien für einen Kreis aus Zuschauersitzen. Benutzen Sie zur Erklärung, dass die Weltlinien der Lichtstrahlen die zum Zeitpunkt $t = 0$ bei Herakles eintreffen im Lichtkegel verlaufen.