

Theoretische Physik I: Mechanik, Übung 8

Prof. Hans Peter Büchler SS 2009, 16 Juni 2009

1. Zeitdilatation und Zwillingsparadox (Schriftlich)

Eine Schar A von Müonen fliegen mit $E_{\mu}^{lab} = 200\text{GeV}$ von Punkt 1 nach Punkt 2 ($L_{12} = 100\text{m}$), wo ein Magnet die Flugrichtung der Müonen umkehrt, sodass sie zurück zum Punkt 1 fliegen. Eine zweite Schar B von Müonen ist in Ruhe bei Punkt 1. Die mittlere Lebensdauer des Müons ist $\tau = 2.210^{-6}\text{s}$ und die Masse $m_{\mu} = 100\text{MeV}/c^2$. Zu Beginn hat es in jeder Schar A und B 1000 Müonen.

- (a) Im moment der Rückkehr der Schar A nach Punkt 1: Wieviele Müonen hat es in der Schar A und in der Schar B? Hinweis: Rechne zuerst im System der Schar B.
- (b) Berechne jetzt im System der Schar A:
 - (i) Wieviele Müonen in beiden Scharen zerfallen zwischen dem Start und der Ankunft vor dem Magneten? (Beachte: Für diesen Teil der Reise sagt A: "B lebt länger" und B sagt: "A lebt länger".)
 - (ii) Berechne die Anzahl der zerfallenen Müonen für die Rückreise vom Magneten zu Punkt 1.
 - (iii) Beachte, dass die Zeit, die A im Magneten ist, sehr kurz ist und daher keine Müonen in dieser Zeit zerfallen. Wieviele Müonen sind aber von A aus gesehen in der Schar B zerfallen während A im Magneten war? Ergibt dies dasselbe Ergebnis wie in (a).?

2. Lorentztransformation(Schriftlich)

Zeige, für einen beliebigen Geschwindigkeits Vektor \mathbf{v} mit $v = |\mathbf{v}|$ die Transformation

$$ct' = \gamma ct - \gamma \frac{\mathbf{x} \cdot \mathbf{v}}{c} \quad (1)$$

$$\mathbf{x}' = \mathbf{x} + \frac{\gamma - 1}{v^2} \mathbf{v}(\mathbf{v} \cdot \mathbf{x}) - \gamma t \mathbf{v} \quad (2)$$

einen Lorentzboost in die Richtung \mathbf{v} mit Geschwindigkeit v beschreibt.

Ein Massenpunkt bewegt sich mit der Geschwindigkeit \mathbf{u}' bezüglich dem Inertialsystem K' . Berechne jetzt die Geschwindigkeit \mathbf{u} dieses Massenpunktes im System K , wenn sich K' gegen K mit der Geschwindigkeit \mathbf{v} bewegt. Ist es möglich, dass sich der Massenpunkt schneller als die Lichtgeschwindigkeit bewegt, d.h., $|\mathbf{u}| > c$? Untersuche die Spezialfälle, dass \mathbf{v} parallel zu \mathbf{u} steht, und dass \mathbf{v} senkrecht zu \mathbf{u} steht. Interpretiere das zweite Resultat auch mit Hilfe der Zeitdilatation.

3. Stange in der Garage (Übungsstunde)

Ein Student schreibt, dass die spezielle Relativitätstheorie falsch sein muss. Betrachte einen Mann, der eine 20 Meter lange Stange trägt und der sich in Richtung ihrer Länge fortbewegt, so dass die Länge des Stabes im Inertialsystem der Garage 10 Meter lang ist. Es ist dann möglich, die Stange in der Garage einzuschliessen. Das heisst, dass die beiden Türen in einem Augenblick geschlossen sind.

Betrachte jetzt die gleiche Lage im Inertialsystem des Mannes. Für ihn ist die Garage 5 Meter lang. Wie kann eine 20 Meter lange Stange in einer 5 Meter langen Garage eingeschlossen werden? Wie funktioniert die Erklärung, wenn das hintere Tor der Garage immer geschlossen ist?