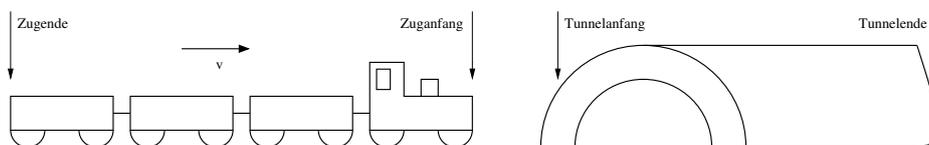


# Übungsblatt 1

für das Tutorium am 15.10.2015

## 1. Zug im Tunnel

Ein Zug der Ruhelänge  $Z_0$  bewege sich mit der Geschwindigkeit  $v$  entlang der (positiven)  $x$ -Richtung durch einen Tunnel der Ruhelänge  $L_0$ . Sei  $S$  das Ruhesystem des Tunnels und  $S'$  das Ruhesystem des Zuges. Das Ereignis  $A$ : “Zuganfang trifft auf Tunnelanfang” finde in  $S$  zum Raumzeit-Punkt<sup>1</sup>  $x_A^\mu = (ct_A, x_A)^T = (0, 0)^T$  statt.



- (a) Berechne die Raum-Zeit-Koordinaten der folgenden Ereignisse im Ruhesystem  $S$  des Tunnels in Abhängigkeit von  $(Z_0, L_0, v)$ :
- i.  $B$ : “Zugende trifft auf Tunnelanfang”
  - ii.  $C$ : “Zuganfang trifft auf Tunnelende”
  - iii.  $D$ : “Zugende trifft auf Tunnelende”

Konkret sei nun  $Z_0 = 200m$  und  $L_0 = 160m$  und somit die Ruhelänge des Zuges größer als die des Tunnels.

- (b) Ein Beobachter in  $S$  stellt fest, dass die Ereignisse  $B$  und  $C$  gleichzeitig stattfinden. Berechne für diesen Fall die Geschwindigkeit  $v$  des Zuges.
- (c) Betrachte nun das Ruhesystem  $S'$  des Zuges und  $v$  wie in (b) berechnet. Finden irgendwelche der vier Ereignisse  $A, \dots, D$  in  $S'$  gleichzeitig statt? Bestimme die Raumzeit-Koordinaten der Ereignisse  $A, \dots, D$  in  $S'$ . Gebe die zeitliche Abfolge der vier Ereignisse in  $S'$  an.
- (d) Gibt es eine Geschwindigkeit  $\tilde{v}$  des Zuges, sodass die Ereignisse  $B$  und  $C$  im System  $S'$  gleichzeitig sind?<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Die  $y$ - und  $z$ -Komponenten sind für das Problem irrelevant und können weggelassen werden.

<sup>2</sup>Ja/Nein genügt nicht als Antwort. Begründe deine Aussage.

## 2. Teilchenzerfall

Myonen sind Elementarteilchen, die in der oberen Atmosphäre durch Wechselwirkung von atmosphärischen Molekülen mit kosmischer Strahlung entstehen. Die Halbwertszeit von Myonen beträgt in deren Ruhesystem  $\Delta\tau_{\frac{1}{2}} = 2 \cdot 10^{-6} s$ . Man treffe folgende idealisierende Annahmen:

- Eine Anzahl von  $N$  Myonen wird in 90km Höhe relativ zu einem erdfesten Inertialsystem erzeugt.
  - Alle Myonen bewegen sich mit derselben Geschwindigkeit  $v$  senkrecht in Richtung Erdoberfläche.
  - Ein Achtel der Myonen erreicht ohne Zerfall die Erdoberfläche.
- (a) Wieviele Halbwertszeiten sind im Ruhesystem der Myonen bis zur Ankunft auf der Erdoberfläche verstrichen?
- (b) Wie groß ist die Geschwindigkeit der Myonen im erdfesten Bezugssystem?
- (c) Welcher Anteil der Myonen würde die Erdoberfläche im nicht-relativistischen Fall (also ohne Zeitdilatation) erreichen?
- (d) Wie lange ist die Strecke bis zur Erdoberfläche im Bezugssystem der Myonen?

## 3. Feldstärketensor

- (a) Drücke die Lorentzskalare  $F^{\mu\nu}F_{\mu\nu}$ ,  $\tilde{F}^{\mu\nu}F_{\mu\nu}$ ,  $\tilde{F}^{\mu\nu}\tilde{F}_{\mu\nu}$ , wobei  $\tilde{F}^{\mu\nu} = \frac{1}{2}\epsilon^{\mu\nu\sigma\tau}F_{\sigma\tau}$ , durch  $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$  aus.
- (b) Gibt es noch weitere Invarianten die quadratisch in  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$  sind?
- (c) Kann es ein elektromagnetisches Feld geben, welches in einem Inertialsystem rein elektrisch ist und in einem anderen rein magnetisch? Welche Kriterien müssen erfüllt sein, damit es ein Inertialsystem gibt in dem das elektrische Feld verschwindet?  
*Hinweis:* Verwende die Resultate aus Aufgabe (a).

Ankreuzbar: 1ab, 1cd, 2ab, 2cd, 3