

Übungsblatt 3

8.11.2012

1. 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 $\Delta\tau_{\frac{1}{2}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{s}$. Man treffe folgende idealisierende Annahmen.

- Eine Anzahl von N Myonen wird in 60km 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 des Myons 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 des Myons?

2. Zwillingsparadoxon mit beschleunigter Bewegung

Ein Raumschiff startet zum Zeitpunkt $t = 0$ von der Erde und kehrt zum Zeitpunkt $t = 4T$ auf die Erde zurück. Von einem Inertialsystem auf der Erde aus betrachtet ist die Flugbahn des Raumschiffs gegeben durch:

$$0 \leq t \leq T : \quad x(t) = at^2 \quad (1)$$

$$T \leq t \leq 3T : \quad x(t) = 2aT^2 - a(t - 2T)^2 \quad (2)$$

$$3T \leq t \leq 4T : \quad x(t) = a(4T - t)^2 \quad (3)$$

- (a) Stelle die Bewegung in einem Raum-Zeit-Diagramm dar und diskutiere den Bewegungsablauf.
- (b) Berechne die Flugdauer wie sie an Bord des Raumschiffs gemessen wird.
Hinweis: Verwende $\cos^2 x = \frac{1}{2}(1 + \cos 2x)$ und $\sin 2x = 2 \sin x \cos x$.
- (c) Zahlenbeispiel: Wie lange ist die Flugdauer an Bord des Raumschiffs, wenn die Beschleunigung der Erdbeschleunigung entspricht ($a = 9.81 \text{m/s}^2$) und der Flug von der Erde aus betrachtet 16 Wochen dauert? Kann man beliebige Werte für a und T wählen?

3. Relativität im Alltag

Nach dem Fensterputzen will Usain Bolt eine 2m lange Leiter in einen 1m langen Abstellraum verfrachten. Er legt sich die Leiter horizontal auf die Schulter und läuft auf den Abstellraum zu.

- (a) Wie schnell muss Bolt laufen, damit die Leiter vollständig in den Abstellraum passt? (Wir vernachlässigen etwaige katastrophale Effekte, die bei der Kollision mit der Wand oder durch abruptes Abbremsen entstehen.) Führe die Diskussion im Ruhesystem der Abstellkammer.
- (b) Zeichne das entsprechende Minkowskidiagramm.
- (c) Im Ruhesystem Bolts scheint es ein Paradoxon zu geben. Welches? Wie kann man es auflösen?