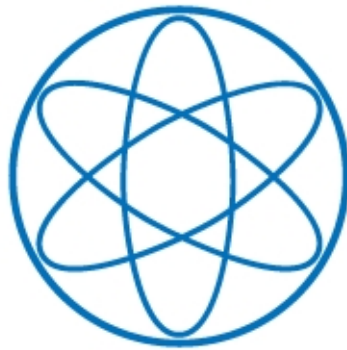


# Ferienkurs der Experimentalphysik II Übung 4

Michael Mittermair

29. August 2013



## Aufgabe 1

Ein Elektron hat die Ruhemasse  $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ .

- Berechnen Sie die Ruheenergie in Elektronenvolt
- Welche Spannung muss ein Elektron durchlaufen, damit sich seine Masse verdoppelt?
- Welche Geschwindigkeit hat ein Elektron dessen Masse seiner doppelten Ruhemasse entspricht?

## Aufgabe 2

Zum Zeitpunkt  $t = 0$  startet von der Erde (Bezugssystem S, Ursprung) ein Raumschiff mit der Geschwindigkeit  $v = \frac{3}{5}c$ . Die Erde funkt zum Zeitpunkt  $\tau = 1d$  eine Nachricht an das Schiff.

- Zeigen Sie: Wenn der Funkspruch empfangen wird, hat das Raumschiff im System S den Ort  $x = \frac{v\tau}{1-\beta}$  und es ist die Zeit  $t = \frac{\tau}{1-\beta}$  auf der Erde vergangen.
- Bestimmen sie die Ankunftszeit des Funkspruchs, die von einer Uhr an Board des Schiffs gemessen wird.

## Aufgabe 3

Die Erde, eine bemannte Rakete und ein Meteor bewegen sich zufällig in die gleiche Richtung. An der Erde fliegt die Rakete mit einer Geschwindigkeit  $v_{E,R} = \frac{3}{4}c$ , betrachtet im Eigensystem der Erde vorbei. Die Rakete wird von dem Meteor mit einer Relativgeschwindigkeit von  $v_{R,M} = \frac{1}{2}c$  überholt.

- Welche Geschwindigkeit hat der Meteor für einen Betrachter auf der Erde?
- Zeichnen Sie ein Minkowski-Diagramm für die Situation aus Sicht der Raketenbesatzung.

## Aufgabe 4

Betrachten Sie zwei Ereignisse  $E_1, E_2$  im Koordinatensystem  $S$ .  $E_1$  finde vor  $E_2$  statt. Es sei außerdem ohne Beschränkung der Allgemeinheit  $x_2 > x_1$ . Zeigen Sie:

- Es gibt eine Lorentztransformation, die die beiden Ereignisse auf den gleichen Ort transformiert genau dann, wenn für die Koordinaten  $c^2(t_1 - t_2)^2 - (x_1 - x_2)^2 > 0$ . Wie nennt man ein derartig getrenntes Ereignispaar?
- Es gibt eine Lorentztransformation, die die beiden Ereignisse auf die gleiche Zeit transformiert genau dann, wenn für die Koordinaten  $c^2(t_1 - t_2)^2 - (x_1 - x_2)^2 < 0$ . Wie nennt man ein derartig getrenntes Ereignispaar?

## Aufgabe 5

Zwei Raumschiffe  $R_1$  und  $R_2$  starten zur Erdzeit  $t = 0$  für eine Forschungsmission in Richtung des Sternbilds des Schwans. Mit der Erdstation sei das System  $S$ , mit Raumschiff  $R_1$   $S'$  und mit Raumschiff  $R_2$   $S''$  fest verknüpft. Bezogen auf die Erdstation hat Raumschiff  $R_1$  die Geschwindigkeit  $0,6c$  und Raumschiff  $R_2$   $0,8c$ . Beim Start werden die Borduhren mit der der Basisstation auf der Erde synchronisiert.

- Zeichnen sie ein Minkowski-Diagramm für das System  $S$  und tragen sie die Weltlinien der Raumschiffe ein.
- Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Raumschiffs  $R_2$  im System des Raumschiffs  $R_1$ .

Zum Zeitpunkt  $t_1 = 1h$  wird zur Kontrolle an die Raumschiffe ein Funkspruch gesandt. Der Funkspruch wird von Raumschiff  $R_2$  zum Zeitpunkt  $t_2''$  (Ereignis  $P$ ) sofort beantwortet und zur Erdstation zurückgesandt. Dort trifft er zum Zeitpunkt  $t_3$  ein.

c) Tragen Sie das Ereignis P in das Minkowskidiagramm ein. Berechnen sie die Zeit  $t_3$

Nach  $t'_P = 10$  Stunden Flugzeit registriert das Raumschiff  $R_1$  (Ereignis Q) gleichzeitig zwei Sternenexplosionen  $E_1(T'_Q, x'_{E1})$  und  $E_2(T'_Q, x'_{E2})$ . Der räumliche Abstand  $|x'_{E1} - x'_{E2}|$  der beiden Explosionen wird zu  $\frac{8}{5}$  Lichtstunden bestimmt. Die beiden Explosionen liegen symmetrisch zur halben bis  $t'_Q$  von  $R_1$  zurückgelegten Flugstrecke. Das Raumschiff meldet das Ereignis Q per Funkspruch an Raumschiff  $R_2$  und die Erdstation. Auf der Erde trifft die Nachricht zum Zeitpunkt  $t_4$  und bei  $R_2$  zum Zeitpunkt  $T''_4$  ein.

d) Tragen sie das Ereignis Q in das Minkowski-Diagramm ein. Berechnen Sie die Zeitpunkte  $t_4$  und  $t'_4$ .

e) Berechnen Sie die räumlichen Koordinaten  $x_{E1}$  und  $x_{E2}$  der Ereignisse  $E_1$  und  $E_2$  im System S. Tragen Sie die Ereignisse  $E_1$  und  $E_2$  in das Diagramm ein. Erläutern Sie kurz, welche Bedeutung die Linie hat, auf der die Ereignisse Q,  $E_1$  und  $E_2$  liegen.