Übungsaufgaben zur Vorlesung

Klassische Theoretische Physik II

Priv.-Doz. Dr. R. Bulla, E. Gärtner

WS 2010/11

Blatt IV: Abgabetermin: Dienstag, 09.11.2010, 10:00 Uhr im Foyer

Aufgabe 12: Längenkontraktion

In der Vorlesung wurde darauf hingewiesen, dass das Phänomen der Längenkontraktion eines bewegten Stabes davon abhängt, wie die Länge im Inertialsystem IS gemessen wird. In dieser Aufgabe geschieht die Messung durch *einen* Beobachter B am Punkt $x = 0, y = y_B$ in IS. Ausgangspunkt sind die Resultate von Aufgabe 10, Blatt III. Es waren folgende Ereignisse gegeben: Stabanfang und -ende eines in IS' ruhenden Stabes der Länge l_0 senden zur IS'-Zeit $t'_n = n\Delta t$ Lichtpulse aus. Die Koordinaten dieser Ereignisse waren

$$(cn\Delta t, 0, 0, 0) \text{ und } (cn\Delta t, l_0, 0, 0) \text{ in } IS',$$

$$(ct_n^{(1)}, x_1, 0, 0) \text{ und } (ct_n^{(2)}, x_2, 0, 0) \text{ in } IS$$

mit

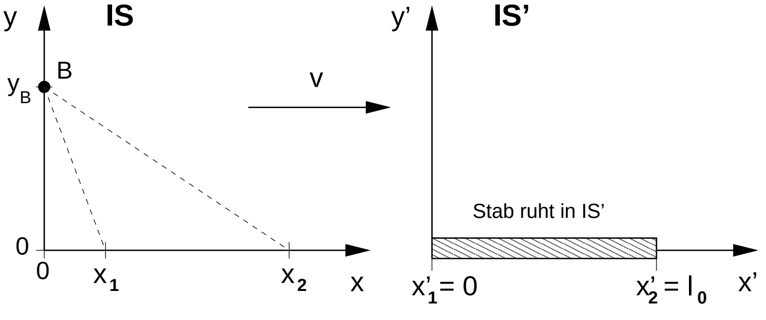
$$t_n^{(1)} = \gamma n\Delta t, \quad x_1 = \gamma v n\Delta t, \tag{1}$$

$$t_n^{(2)} = \gamma \left(n\Delta t + l_0 \frac{v}{c^2} \right), \quad x_2 = \gamma(vn\Delta t + l_0), \tag{2}$$

und der Abkürzung $\gamma := 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. In Aufgabe 10 war $n \in \mathbb{N}$. Hier nehmen wir der Einfachheit halber an, dass $n \in \mathbb{R}$ ist.

a) Berechnen Sie die Zeiten $t_{n,B}^{(1)}, t_{n,B}^{(2)}$ zu denen die Lichtpulse beim Beobachter B ankommen.

b) Zu einer *gegebenen*, aber sonst beliebigen Zeit t_B trifft je ein Lichtpuls vom Stabanfang und -ende beim Beobachter ein. Berechnen Sie die dazugehörigen $n^{(1)}$ und $n^{(2)}$ und daraus die entsprechenden Orte auf der x-Achse. Bestimmen Sie damit die Länge des Stabes, die der Beobachter in IS misst.



(9 Punkte)

Aufgabe 13: allgemeine Lorentztransformation

In der Vorlesung haben Sie die spezielle und allgemeine Lorentztransformation kennengelernt. In dieser Aufgabe betrachten wir weitere Eigenschaften:

a) Berechnen Sie die Matrix, die bei Hintereinanderausführung einer speziellen (z.B. in x-Richtung wie in der Vorlesung) Lorentztransformation mit Geschwindigkeit v und einer mit $-v$ resultiert.

b) Zeigen Sie anhand zweier spezieller Lorentztransformationen, dass die Reihenfolge mit der sie ausgeführt werden eine Rolle spielt, d.h. Lorentztransformationen kommutieren i.allg. nicht.

(5 Punkte)

Aufgabe 14: Zeitdilatation

In dieser Aufgabe betrachten wir zwei bekannte Beispiele für die relativistische Zeitdilatation.

a) Eine Atomuhr wird in ein Flugzeug verladen, die andere verbleibt auf der Erde. Beide Uhren werden vor dem Flug genau synchronisiert. Berechnen Sie die Zeitdilatation der Uhren, wenn wir für die Geschwindigkeit des Flugzeugs $v = 1000$ km/h annehmen (Allgemeinrelativistische Effekte, die durch das Gravitationsfeld der Erde zustande kommen, werden hier nicht berücksichtigt).

b) Bei Zusammenstössen von hochenergetischen Teilchen aus der kosmischen Strahlung in den obersten Schichten der Erdatmosphäre entstehen sogenannte μ-Mesonen, die sich im Ruhesystem der Erde mit hoher Geschwindigkeit $v \approx c$ bewegen und auf der Erdoberfläche detektiert werden können. μ-Mesonen haben eine Lebensdauer von 2.2×10^{-6} sec. Ohne den Effekt der Zeitdilatation beträgt die zurückgelegte Strecke nur etwa 660 m (warum?). Wie gross muss die Geschwindigkeit der μ-Mesonen sein, damit sie eine Strecke von 30 km zurücklegen können?

(4 Punkte)