Elektrodynamik und Relativitätstheorie Übungen

Tutorium: 15. 12. 95

1. Myonen besitzen in ihrem Ruhesystem eine mittlere Lebensdauer von $\tau \approx 2.2 \times 10^{-6}$ s und infolgedessen eine Halbwertszeit von $\tau_{1/2} \approx 1.5 \times 10^{-6}$ s. Betrachte ein Myon, das in 60 km Höhe durch Wechselwirkung der kosmischen Strahlung mit den Atomkernen in der Erdatmosphäre entstanden ist und mit Geschwindigkeit v senkrecht auf die Erdoberfläche fliegt.

    (a) Wie groß muß v sein, damit das Myon mit der Wahrscheinlichkeit von 12.5% bei Erreichen der Erdoberfläche noch nicht zerfallen ist?

    (b) Wie groß wäre bei dieser Geschwindigkeit diese Wahrscheinlichkeit ohne die Relativitätstheorie?

2. April-Ausgabe des Scientific American 1975: *Stellen Sie sich einen einen Meter langen Stab vor (unendlich dünn), der sich wie eine Rakete auf einer geraden Linie kollinear mit dem Stab fortbewegt. Eine parallel zum Stab ausgerichtete (unendlich dünne) Platte mit einem einen Meter großen runden Loch bewege sich rechtwinkelig dazu auf exaktem Kollisionskurs, sodaß im selben Augenblick der Mittelpunkt des Stabes und der des Loches zusammenfallen werden. Angenommen die Platte definiert das Inertialsystem und der Stab bewegt sich so schnell, daß er um einen Faktor 10 Lorentz-kontrahiert ist. Auf diese Weise passt er leicht durch das schnell aufwärts fliegende Loch, dessen Geschwindigkeit unwesentlich ist. Betrachten Sie jetzt die Situation vom Standpunkt des Stabes. Jetzt bewegt sich die Platte in der umgekehrten horizontalen Richtung und das Loch wird auf 10 cm Lorentz-kontrahiert, sodass es unweigerlich zur Kollision kommen muß. Diese beiden Situationen sind nicht äquivalent, womit eine fundamentale Annahme der speziellen Relativitätstheorie verletzt wird. Physiker wußten schon lange, daß die allgemeine Relativitätstheorie auf schwachen Füßen steht, aber die spezielle Relativitätstheorie war schon auf so mannigfache Weise bestätigt, daß ihr plötzliches Zusammenbrechen eine große Überraschung war....*

(a) Entscheiden Sie die Frage, ob es zu einer Kollision kommt, zunächst im Laborsystem (s. Skizze).

(b) Verifizieren Sie, daß ein Beobachter, der relativ zum Stab ruht, zum gleichen Ergebnis kommt.

3. Im Inertialsystem S erfahre ein Teilchen, das sich darin mit der anfänglichen (beliebigen) Geschwindigkeit $\vec{v}$ bewegt, die Beschleunigung $\vec{a} = a\vec{e}_x$. Welche Beschleunigung tritt in einem mit der Geschwindigkeit $\vec{V} = V\vec{e}_x$ bewegten Inertialsystem S' auf?

4. Ein (unendlich großer) aufgeladener Plattenkondensator ruhe im System S', das sich mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$ parallel zu den Plattenebenen gegenüber dem Laborsystem S bewegt.

   (a) Bestimmen Sie die elektrischen und magnetischen Felder, die ein Beobachter im Laborsystem S sieht, durch Lorentztransformation. Zeigen Sie, daß die so erhaltene Beziehung $E_\perp = \gamma E'_\perp$ auch direkt aus den Maxwellgleichungen in S folgt.

   (b) Zwischen den Platten des Kondensators befinde sich eine Testladung q mit $\vec{v}' = 0$, auf die die Kraft $\vec{F}' = q\vec{E}'$ wirkt. Bestimmen Sie die Kraft $\vec{F}$ in S aus den oben berechneten Feldern und setzen Sie $\vec{F}$ und $\vec{F}'$ in Beziehung.