

Physik 2: Elektrodynamik

Humboldt–Universität zu Berlin, Sommersemester 2011,
Dr. M. zur Nedden (VL),
Dr. A. Nikiforov, C. Kendziorra, S. Stamm und L. Heinrich (UE)

Übungsblatt 9

Ausgabe: 21. Juni 2011 in der Vorlesung
Rückgabe: 28. Juni 2011 nach der Vorlesung

Aufgabe 1: Transformation von Impuls und Energie (50 %)

Ein Teilchen bewege sich mit der Geschwindigkeit $\vec{u} = (0, u, 0)$ entlang der \hat{y} -Achse des Bezugssystemes S . Zeigen Sie, dass für diesen Fall der Impuls p und die Energie E des Teilchens im Bezugssystem S durch die folgenden Gleichungen gegeben sind:

$$p'_x = \gamma \left(p_x - \frac{vE}{c^2} \right), \quad p'_y = p_y, \quad p'_z = p_z, \quad \frac{E'}{c} = \gamma \left(\frac{E}{c} - \frac{vp_x}{c} \right)$$

Transformieren Sie dazu die Geschwindigkeit des Teilchens vom System S in das System S' , das mit der Geschwindigkeit v relativ zu S bewegt sei, unter der Verwendung der Lorentz-Transformation.

Vergleichen Sie dieses Resultat mit der Lorentz-Transformation der Ortskoordinaten x', y', z', t' .

Aufgabe 2: Sphärische Wellenfront (30 %)

Die Gleichung für eine sphärische Wellenfront, die zum Zeitpunkt $t = 0$ vom Ursprung eines Bezugssystemes S ausgeht, lautet

$$x^2 + y^2 + z^2 - (ct)^2 = 0$$

Zeigen Sie, dass die Wellenfront auch in einem anderen Bezugssystem S' sphärische Form hat. Nutzen Sie dazu die Lorentz-Transformation.

Aufgabe 3: Kosmische Höhenstrahlung (20 %)

Auf die Erdatmosphäre treffen laufend hochenergetische Protonen und andere kosmische Teilchen. Bei der Wechselwirkung mit den Kernen der Gase der Atmosphäre entstehen Pionen, die anschliessend in Myonen zerfallen ($\pi \rightarrow \mu\nu_\mu$). Im Ruhesystem haben Myonen ($m_\mu = 106 \text{ MeV}/c^2$, $m_\pi = 140 \text{ MeV}/c^2$, $m_\nu \approx 0$) eine Lebensdauer von $\tau_0 = 2.2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$. Typischerweise entstehen Myonen in einer Höhe von 10 km.

Wie lange lebt ein Myon aus der Sicht eines Beobachters auf der Erde, wenn es einen Impuls von $p = 5 \text{ GeV}/c$ hat?

Welche Strecke legt das Myon dabei zurück und erreicht es die Erdoberfläche?