
Übungen zu TP2-Elektrodynamik (Staatsexamen Lehramt)
Aufgabenblatt 10

Aufgabe 10.1

[12 Punkte]

Das LS(2) (Lorentzsystem(2)) bewege sich gegenüber LS(1) mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = v\vec{e}_1$. Das LS(3) bewege sich gegenüber LS(2) mit der Geschwindigkeit $\vec{v}' = v'\vec{e}'_1$, wobei gestrichene Größen sich auf LS(2) beziehen. Die räumlichen (1,2,3)-Koordinatenachsen der Lorentzsysteme sollen alle jeweils in die gleichen Richtungen zeigen. Doppelt gestrichene Größen beziehen sich auf LS(3).

(a) Zeigen Sie, dass

$$ct'' = \gamma(w)(ct - wx_1/c), \quad x''_1 = \gamma(w)(x_1 - wt), \quad x''_2 = x_2, \quad x''_3 = x_3$$

gilt*, mit

$$w = \frac{v + v'}{1 + (v'v/c^2)} \quad (\text{Relativistisches Geschwindigkeitsadditionsgesetz})$$

(b) LS(2) bewege sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von $0,90c$ gegenüber LS(1) und LS(3) bewege sich in derselben Richtung gegenüber LS(2) mit einer konstanten Geschwindigkeit von $0,95c$. Mit welcher Geschwindigkeit (in Anteilen von c) bewegt sich LS(3) gegenüber LS(1)?

(c) Gilt das relativistische Geschwindigkeitsadditionsgesetz auch dann, wenn sich LS(3) gegenüber LS(2) in einer anderen Richtung bewegt als LS(2) gegenüber LS(1)? Z.B. wenn die Bewegungsrichtung von LS(3) gegenüber LS(2) senkrecht zur Bewegungsrichtung von LS(2) gegenüber LS(1) verläuft?

* Es gilt $x'_1 = \gamma(v)(x_1 - tv)$. In der VL wurde möglicherweise die rechte Seite mit dem falschen Vorzeichen angegeben.

/...2

Aufgabe 10.2

[12 Punkte]

- (i) Es sei $\Lambda_{\vec{e}_1, v}$ ein Lorentzboost in Richtung \vec{e}_1 mit Geschwindigkeit v . Zeigen Sie, dass $\Lambda_{\vec{e}_1, -v}$ die inverse Matrix zu $\Lambda_{\vec{e}_1, v}$ ist. Warum entspricht das gerade der Bedeutung der Lorentzboosts als Koordinatentransformationen zwischen Lorentzsystemen?
- (ii) Astronautin Alice reist mit ihrem ziemlich schnellen Raumschiff ($v = 0,98c$) zu einem Planetensystem außerhalb des Sonnensystems. Dafür benötigt sie 5 Jahre, gemessen mit ihrer Borduhr. Bob, der Bruder von Alice, bleibt auf der Erde. Welche Zeitspanne vergeht für ihn zwischen dem Start von Alice und ihrer Landung auf dem entfernten Planeten?

Hinweis: Machen Sie hier die drastische Vereinfachung, dass (A) das Ruhesystem von Bob als Lorentzsystem angesehen wird und (B) das Raumschiff von Alice sich von Start bis Landung mit konstanter Geschwindigkeit bewegt.

Aufgabe 10.3

[12 Punkte]

Ist die *Abseitsregel* im Fußballspiel relativistisch invariant? Diskutieren Sie die Gleichzeitigkeit der Ereignisse "Ballabgabe" und "Stürmer passiert Verteidiger" im Lorentzsystem der Zuschauer (ruhend) und im Lorentzsystem des Schiedsrichters (gegenüber den Zuschauern bewegt). Welche Rolle spielt dabei die Laufrichtung des Schiedsrichters?

Hinweis: Die Abseitsregel: Abseits ist, wenn im Moment der Ballabgabe durch den Flankengeber (Cabueno) sich der angespielte Stürmer (Bengba) vor dem letzten Verteidiger (Schweinsacker) befindet. Dabei laufen Stürmer grundsätzlich nach vorne (in Richtung des gegnerischen Tors), Verteidiger stehen, und die Flanke kommt von hinten.

Abgabe: Bis Di., 08.07.2014, vor dem Übungsseminar

Hinweis: Die in der VL vom 2. Juli im Zsh. mit der Längenkontraktion zuerst angegebene Formel $y_0 - x_0 = -(v/c)\vec{n} \bullet (\vec{y} - \vec{x})$ ist richtig — hier tritt kein Faktor $\gamma(v)$ auf.