

Übungsblatt 2

Relativitätstheorie I

Wintersemester 2014/15
Fakultät für Physik, Universität Stuttgart
Prof. Dr. R. Hilfer

Aufgabe 1 (Votieraufgabe)

4 Punkte

Gegeben seien die beiden homogenen Maxwellgleichungen

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{B} &= 0, \\ \nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= 0.\end{aligned}$$

1. Zeigen Sie, dass die Gleichungen nicht galilei-invariant sind.
2. Zeigen Sie, dass die Gleichungen invariant sind unter der Lorentztransformation

$$x' = \gamma(x - \beta ct), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad ct' = \gamma(ct - \beta x), \quad \beta = \frac{v}{c}, \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Aufgabe 2 (Votieraufgabe)

4 Punkte

Leiten Sie die Formeln der Lorentz-Transformation für den Fall her, dass die Geschwindigkeit \mathbf{v} des bewegten Systems K' nicht in Richtung der x -Achse des ruhenden Systems K zeigt, sondern eine beliebige Richtung hat.

Aufgabe 3 (Hausaufgabe)

4 Punkte

Analysieren Sie das Michelson-Morley-Experiment in einem lichtdurchlässigen Medium mit Brechungsindex $n \neq 1$. Die Relativgeschwindigkeit zwischen Äther und Experimentaufbau sei \mathbf{v} und es sei angenommen, dass der Äther an das Medium koppelt und mitgeführt wird. Die Mitführung werde durch einen Mitführungskoeffizient b beschrieben, so dass die Lichtgeschwindigkeit \mathbf{c} eine Änderung um $\Delta\mathbf{v} = b\mathbf{v}$ erfährt, wobei \mathbf{v} der Geschwindigkeitsvektor ist mit welchem sich das lichtdurchlässige Medium durch den Äther bewegt.

1. Bestimmen sie Laufzeitunterschiede und daraus resultierende Phasendifferenzen. Die optischen Wege in x und y -Richtung sind l_1 und l_2 und die verwendete Lichtquelle hat die Wellenlänge λ .

2. Nehmen sie nun für den Mitführeffektparameter b an $b = 1 - n^{-2}$, für die Wellenlänge der Lichtquelle $\lambda = 633\text{nm}$, für die Länge der optischen Wege $l_1 = l_2 = l = 26\text{cm}$ und berechnen sie die Laufzeit- und Phasendifferenzen für das Experiment im Vakuum $n = 1$ und für den Brechungsindex $n = 1,5$.

Aufgabe 4 (Hausaufgabe)

4 Punkte

Zwei Ereignisse finden in den Intertialsystem K und K' zu den Zeitpunkten $t_1 = z_0/c$ und $t_2 = z_0/2c$ an den Orten $\mathbf{x}_1 = (0, 0, z_0)$ und $\mathbf{x}_2 = (0, 0, 2z_0)$ statt.

1. Wie groß muss die Relativgeschwindigkeit \mathbf{v} sein, damit in K' , das sich relativ zu K bewegt, die Ereignisse gleichzeitig stattfinden?
2. Zu welcher Zeit t' werden dann die Ereignisse in K' beobachtet?