

Klassische Theoretische Physik III (Theorie C)

Institut für Theoretische Teilchenphysik

Prof. Dr. M. Steinhauser, Dr. T. Kasprzik, Dr. L. Mihaila
<http://www.ttp.kit.edu/~kasprzik/theoc/>

WS 13/14
Übungsblatt 11
Besprechung: 29.01.2014

Aufgabe 1: Galilei- und Lorentztransformation der Wellengleichung

In einem Inertialsystem K gelte die Wellengleichung

$$\left(\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \varphi(x, t) = 0.$$

Ein anderes Inertialsystem K' bewege sich gleichförmig relativ zu K in positiver x -Richtung. Nehmen Sie an, dass $\varphi(x, t)$ ein Skalar unter Koordinatentransformationen ist.

(a) Bei einer Galileitransformation sind die Beziehungen der Koordinaten in K und K' gegeben durch $x' = x - vt$, $t' = t$.

(i) Welches Feld $\varphi'(x', t')$ wird in K' für gegebenes $\varphi(x, t)$ gemessen? Welches $\varphi(x, t)$ in K für gegebenes $\varphi'(x', t')$ in K' ?

(ii) Bestimmen Sie die Gleichung, der $\varphi'(x', t')$ genügt.

(b) Zeigen Sie, dass die Wellengleichung invariant unter Lorentztransformationen ist. Führen Sie hierzu die Transformationen explizit durch.

Aufgabe 2: Lorentztransformationen des elektromagnetischen Feldes

(a) Leiten Sie aus dem Transformationsverhalten des Feldstärketensors

$$F'^{\mu\nu} = \Lambda^\mu_\rho \Lambda^\nu_\sigma F^{\rho\sigma}$$

das Transformationsverhalten der Felder \vec{E} und \vec{B} unter einer Lorentztransformation in Richtung der z -Achse her.

(b) Berechnen Sie den dualen Feldstärketensor

$$\tilde{F}^{\mu\nu} = \frac{1}{2} \epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} F_{\rho\sigma}.$$

(c) Drücken Sie die Invarianten $F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$, $F^{\mu\nu} \tilde{F}_{\mu\nu}$, $\tilde{F}^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$ und $\tilde{F}^{\mu\nu} \tilde{F}_{\mu\nu}$ durch die Felder \vec{E} und \vec{B} aus.

Aufgabe 3: Bewegter Draht

Ein unendlich langer, gerader Draht mit vernachlässigbarem Querschnitt befinde sich in einem Inertialsystem S in Ruhe und trage die homogene Linienladungsdichte λ . Das System S bewege sich gegenüber einem Laborsystem S' mit der Geschwindigkeit v parallel zur Achse des Drahtes.

(a) Bestimmen Sie die Ladungsdichte ρ und die Stromdichte \vec{j} im Ruhesystem des Drahtes, und berechnen Sie daraus die Felder \vec{E} und \vec{B} .

(b) Berechnen Sie ρ' , \vec{j}' , \vec{E}' und \vec{B}' im Laborsystem unter Verwendung der Lorentztransformationen.

(c) Berechnen Sie die Felder \vec{E}' und \vec{B}' direkt aus der Ladungsdichte ρ' und der Stromdichte \vec{j}' und vergleichen Sie das Ergebnis mit Aufgabenteil (b).