

Einführung in Theoretische Teilchenphysik

Vorlesung: Prof. Dr. M.M. Mühlleitner – Übung: Dr. D. López-Val, Dr. M. Sekulla

Präsenzübung

Besprechung: Mo, 17.10.2016

Aufgabe 1: Energie- und Längenskalen

- (a) Diskutieren Sie, warum *Teilchenphysik* und *Hochenergie-Physik* häufig als Synonyme verwendet werden.
- (b) Schätzen Sie die typische Längenskala ab, die bei folgenden Experimenten geprüft wird:
 - (i) beim *Large Electron-Positron Collider* (LEP) ($\sqrt{S} = 45 - 209$ GeV);
 - (ii) beim *Run II des Large Hadron Collider* ($\sqrt{S} = 13$ TeV).

Hinweis: Erinnern Sie sich an den Welle-Teilchen-Dualismus und an die de Broglie Beziehung.
- (c) Schätzen Sie die Energie ab, die Sie benötigen, um die charakteristische Längenskala einer Quantentheorie der Gravitation zu untersuchen.

Aufgabe 2: Relativistische Wellengleichung für ein skalares Teilchen

- (a) Begründen Sie, warum die Schrödinger Gleichung für eine relativistische Formulierung der Quantenmechanik nicht geeignet ist.
- (b) Nennen Sie zwei Gründe, weshalb die Klein-Gordon Gleichung keine Alternative ist.
- (c) Gegeben ist die Klein-Gordon Gleichung für ein skalares Feld

$$\left(\frac{-\hbar^2}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \hbar^2 \vec{\nabla}^2 - m^2 c^2 \right) \varphi(\vec{x}, t) = 0 : \quad (1)$$

- (i) Verwenden Sie den minimalen Kopplungsansatz

$$-i\hbar \vec{\nabla} \rightarrow -i\hbar \vec{\nabla} + \frac{q}{c} \vec{A}, \quad (2)$$

um die Gleichung herzuleiten, die ein relativistisches skalares Teilchen in einem klassischen magnetischen Feld beschreibt.

- (ii) Betrachten Sie die hergeleitete Gleichung des Aufgabenteils i) im relativistischen Grenzfall und diskutieren Sie das Ergebnis.

Hinweis: Schreiben Sie dafür die Klein-Gordon Gleichung wie folgt um:

$$\varphi(x) = \psi(\vec{x}, t) \exp\left(-\frac{i}{\hbar} m c^2 t\right), \quad (3)$$

wobei $\psi(\vec{x}, t)$ den nicht-relativistischen Teil beinhaltet.

- (iii) Zeigen Sie, dass das Ergebnis äquivalent zur Anwendung der Ersetzung (2) in der Schrödingergleichung ist.