

Bachelorarbeit in Theoretischer Physik: Abelsche und nicht-Abelsche Berry Phase

Kurzbeschreibung

Quantensysteme, die einer langsamen Veränderung ihrer äusseren Parameter ausgesetzt sind, durchlaufen eine adiabatische Zeitevolution. Das von Born und Fock im Jahre 1928 bewiesene Adiabatentheorem der Quantenmechanik besagt, dass ein Quantensystem, dessen äussere Parameter sich nur langsam ändern, in einem Eigenzustand des momentanen Hamilton Operators bleibt, wenn es sich ursprünglich in einem solchen befunden hat. Falls die äusseren Parameter nach einer Weile wieder ihre ursprünglichen Werte annehmen, kehrt das Quantensystem demnach in seinen ursprünglichen Zustand zurück. Im Jahr 1983 hat Michael Berry darauf hingewiesen, dass dies nur bis auf eine komplexe Phase — die sogenannte Berry Phase — der Fall ist, die auch in Experimenten messbar ist. Es ist bemerkenswert, dass die Berry Phase mit Hilfe eines abstrakten Eichfelds berechnet werden kann, das im Raum der äusseren Parameters des Quantensystems definiert ist. Wenn der betrachtete Eigenzustand des Quantensystems nicht entartet ist, ist das Eichfeld Abelsch, wenn er entartet ist, ist es nicht-Abelsch. Berry Phasen treten in vielen Bereichen der Physik auf, z. B. in der Molekülphysik, in der Physik der kondensierten Materie, und sogar in der Elementarteilchenphysik. Das klassische Analogon der Berry Phase, der sogenannte Hannay Winkel, bestimmt z. B. die Dynamik des Foucault Pendels.

Diese Bachelorarbeit erlaubt es, sich mit dem Konzept der nicht-Abelschen Eichfelder, die in der relativistischen Quantenfeldtheorie des Standardmodells der Teilchenphysik eine zentrale Rolle spielen, im einfacheren Rahmen der nicht-relativistischen Quantenmechanik vertraut zu machen. Ausserdem fördert die Bearbeitung dieses Themas das Verständnis der Lie-Gruppen $SU(2)$ und $SU(3)$, die im Standardmodell als Eichgruppen der schwachen und starken Wechselwirkungen vorkommen.

Voraussetzungen

Dieses Thema setzt Vorkenntnisse aus der Quantenmechanik I, II und III voraus.

Aufgabe

Zunächst soll ein einzelner Quantenspin $S = \frac{1}{2}$ in einem äusseren zeitabhängigen Magnetfeld betrachtet werden, um ein Verständnis für die Abelsche Berry Phase zu entwickeln. Danach sollen Quantenspins mit $S \geq 1$ über ein magnetisches Quadrupolmoment an ein zeitabhängiges Magnetfeld gekoppelt werden, was auf eine nicht-Abelsche Berry Phase führt. Schliesslich sollen diese Studien mit gewöhnlichen $SU(2)$ Quantenspins auf $SU(3)$ "Spins" und gegebenenfalls auf andere Quantensysteme übertragen werden.

Ansprechpartner

Uwe-Jens Wiese, Raum 122, Tel.: 031 631 8504, wiese@itp.unibe.ch