

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/43150> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Tarasinski, B.M.

Title: On periodically driven quantum systems

Issue Date: 2016-09-20

Zusammenfassung

Topologischen Eigenschaften von quantenmechanischen Wellenfunktionen, insbesondere im Kontext der Festkörperphysik, wurden in der letzten Zeit viel Aufmerksamkeit zuteil, sowohl theoretisch als auch experimentell. Eine der letzten Entwicklungen ist die Untersuchung von Systemen die von äußeren Feldern beeinflusst werden, welche periodisch von der Zeit abhängen, sogenannte getriebene Systeme. Die äußeren Felder werden für gewöhnlich nicht quantenmechanisch behandelt, aber sie können verwendet werden, um die Eigenschaften (topologische und andere) der Elektronen in großem Maße zu beeinflussen.

Ein minimales Modell, welches die Eigenschaften abbildet, die periodische äußere Felder mit sich bringen, ist der sogenannte (zeitdiskrete) Quantum Walk, ein quantenmechanisches Analogon zum klassischen Random Walk. In der üblichen Formulierung von topologischen Eigenschaften durch Invarianten von ausgedehnten Wellenfunktionen wurde die Reichhaltigkeit topologischer Phasen von Quantum Walks vor einiger Zeit erkannt. Eine andere Formulierung, die auf Streumatrizen basiert, hat sich bereits für nicht getriebene Systeme wegen seiner numerischen Effizienz und einfachen Übertragbarkeit auf ungeordnete Systeme als nützlich erwiesen. Im zweiten Kapitel dieser Arbeit (nach der Einleitung im ersten Kapitel) zeigen wir, wie dieser Ansatz auf Quantum Walks übertragen werden kann und dass die selben Vorteile zutreffen. Wir zeigen, dass der Streumatrixansatz nicht nur in theoretischen numerischen Studien von Nutzen ist, sondern dass er auch direkt in Experimenten mit Photonen zur Messung der topologischen Invarianten von Quantum Walks verwendet werden kann.

Ein mit Quantum Walks nahe verwandtes Modell, welches direkt durch ein getriebenen Hamiltonian gegeben ist, ist das Su-Schrieffer-Heeger-Modell (SSH-Modell) mit getriebenen zeitabhängigen Parametern. Wir untersuchen in Kapitel drei unter welchen Umständen die Symmetrieeigenschaften des ungetriebenen SSH-Modells auf das getriebene Modell übertragen werden können, und geben einfache geschlossene Formeln für die topologischen Invarianten, ausgedrückt durch den Zeit-

Zusammenfassung

entwicklungsoperator, und damit durch die treibenden Felder, an. Wir zeigen, dass dieses System nur durch Verändern der treibenden Felder eine Mannigfaltigkeit von topologischen Phasen erreichen kann.

Äußere Felder verändern auch grundlegend die Rolle von Quantenrauschen und nichtlinearen Effekten durch die Umgebung auf das System, welche in Experimenten immer vorhanden sind oder sogar gezielt manipuliert werden können. Wir untersuchen daher in Kapitel vier eine nichtlineare Variante des Quantum Walks, welches Terme enthält, die zu Quantenreibung und damit Relaxation führen. Bei Vorhandensein von topologischen Phasengrenzen im System finden wir, dass für manche Formen der Nichtlinearität die lokal gebundenen topologischen Zustände eine besondere Rolle als Attraktoren für die globale Zeitentwicklung des Systems einnehmen.

Die letzten beiden Kapitel sind etwas anders gearteten Fragen gewidmet. Ein getriebenes System, das in letzter Zeit häufig untersucht wurde, ist der Einzelelektronen-Emitter (engl. single electron emitter), der aus einem Quantenpunkt mit zeitabhängiger Gatespannung besteht, welcher einzelne Elektronen oder Löcher in ein gekoppeltes Reservoir aussendet. Im fünften Kapitel versuchen wir, eine supraleitende Variante dieses Systems zu konstruieren, in dem der Quantenpunkt durch einen Josephson-Kontakt zwischen topologischen Supraleitern ersetzt wird, und leiten die Eigenschaften des ausgesendeten Bogoliubov-Quasiteilchens (eine quantenmechanische Superposition von Teilchen und Loch) im Grenzfall aperiodischen Treibens her. Wir erhalten analytische Ausdrücke für die Wellenfunktion der ausgesendeten Teilchen und finden, dass die Ladung des Teilchens stark von sowohl der Änderungsgeschwindigkeit des treibenden Feldes als auch von der Art der Kopplung an das Reservoir abhängt.

Im sechsten und letzten Kapitel betrachten wir das experimentelle Problem, die Stärke der Spinbahnkopplung in Indiumantimonid-Nanodrähten, die die Grundlage für die Konstruktion von eindimensionalen (nicht-getriebenen) topologischen Supraleitern bilden, zu bestimmen. Die Spinbahnkopplung kann aus magnetfeldabhängigen Leitwertmessungen erhalten werden, die schwache Lokalisierungs- und Antilokalisierungssignale enthalten. Um die gewünschte Information zu erhalten, muss das Ensemble geschlossener Pfade in der gegebenen Geometrie und der Einfluss des Magnetfelds und Spinbahnfelds auf diese Pfade bestimmt werden. Für hexagonale Drähte bestimmen wir diesen Einfluss durch numerische Simulation und finden auffallende Unterschiede, wie

Zusammenfassung

nichtganzzahlige Skalierungsexponenten, im Vergleich zu früheren Modellen für zum Beispiel zweidimensionale Nanodrähte. Wir wenden diese Ergebnisse auf experimentelle Ergebnisse an, die im QuTech-Labor an der TU Delft erhalten wurden.

