

Abstract

This thesis investigates superconductivity, with a particular focus on the coherence length (describing the size of Cooper pairs) and the London penetration depth (describing the distance magnetic fields can penetrate into the material). These length scales are connected to the properties of the material when in the superconducting state.

The method is based on the Ginzburg-Landau theory, introducing a finite momentum to the order parameter. To compute these length scales within microscopic theories, this finite momentum must be incorporated into the respective theoretical framework. In the theoretical introduction, this approach is demonstrated for both mean-field Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) theory and Dynamical Mean Field Theory (DMFT).

A class of systems attracting significant recent interest are those with flat electronic bands, especially Graphene based system that host flat band due to specific structural configurations. One proposed system that is treated in this thesis consists of a layer of group-IV atoms between a Graphene sheet and a SiC substrate. A minimal model for this system is Graphene with one additional atom in the unit cell providing the flat band.

The finite-momentum pairing method is applied to both this decorated Graphene model and a one-band Hubbard model with a simple local attractive interaction. The superconducting length scales are calculated and compared between the BCS and DMFT frameworks.

The thesis concludes with a discussion of the potential applications of this method to more realistic versions of the decorated graphene model and outlines the prospects of a full DMFT treatment in such contexts.

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit untersucht Supraleitung mit einem besonderen Fokus auf die Kohärenzlänge (die die Ausdehnung von Cooper-Paaren beschreibt) und die London'sche Eindringtiefe (die angibt, wie weit Magnetfelder in ein Material eindringen können). Diese Längenskalen sind eng mit den Materialeigenschaften im supraleitenden Zustand verknüpft.

Die Methode basiert auf der Ginzburg-Landau-Theorie, wobei dem Ordnungsparameter ein endlicher Impuls zugewiesen wird. Um diese Längenskalen in mikroskopischen Theorien zu berechnen, muss dieser endliche Impuls in das jeweilige theoretische Rahmenwerk eingeführt werden. In der theoretischen Einleitung wird dieser Zugang sowohl in Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS)-Theorie als auch in Dynamische Molekularfeld-Theorie demonstriert.

Ein Systemtyp, der in jüngerer Zeit verstärktes Interesse auf sich zieht sind solche mit flachen elektronischen Bändern, insbesondere Graphen-basierte Systeme, in denen flache Bänder aufgrund spezieller struktureller Eigenschaften auftreten. Ein in dieser Arbeit behandeltes Beispiel besteht aus einer Schicht von Gruppe-IV-Atomen zwischen einer Graphenlage und einem SiC-Substrat. Ein Minimalmodell für dieses System ist eine modifizierte Graphenstruktur mit einem zusätzlichen Atom in der Einheitszelle, das das flache Band stellt.

Die Methode der Paarbildung mit endlichem Impuls wird sowohl auf dieses dekorierte Graphenmodell als auch auf ein Ein-Band-Hubbard-Modell mit einer einfachen lokalen attraktiven Wechselwirkung angewendet. Die supraleitenden Längenskalen werden berechnet und zwischen den BCS- und DMFT-Ansätzen verglichen.

Die Arbeit schließt mit einer Diskussion über mögliche Anwendungen der Methode auf realistischere Versionen des dekorierten Graphenmodells sowie über die Perspektiven einer vollständigen DMFT-Behandlung in diesem Kontext.