



Universiteit
Leiden
The Netherlands

On quantum transport in flat-band materials

Oriekhov, D.

Citation

Oriekhov, D. (2023, October 4). *On quantum transport in flat-band materials. Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3642874>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3642874>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Samenvatting

De vlakke banden in een spectrum worden gedefinieerd als gebieden van de impulsruimte waarin de quasideeltjesdispersie bijna constant is. De toestanden die een vlakke band vormen kunnen gezien worden als quasideeltjes met een zeer grote effectieve massa en zijn dus ruimtelijk gelokaliseerd. Twee decennia voordat het eerste atomair dunne materiaal - grafeen - verscheen, werden tweedimensionale kristallen met vlakke banden theoretisch bestudeerd. Het bestuderen en bouwen van nieuwe materialen met vlakke banden is nog steeds een actief onderwerp.

Tegenwoordig, met het verschijnen van experimentele realisaties van vlakke bandmaterialen, is de interesse in hun fysische eigenschappen enorm gegroeid. Dit proefschrift is gewijd aan de studie van quantumtransportverschijnselen en gecorreleerde effecten die optreden in vlakbandmaterialen. De belangrijkste bijdrage ligt in de beschrijving van magnetische en optische eigenschappen in dergelijke materialen.

De hoofdstukken 2, 3 en 4 bevatten berekeningen voor éénlaagse 2D vlakbandkristallen. In hoofdstuk 2 leiden we de spin-spin interactie af tussen twee onzuiverheden op een dobbelsteenrooster. De resultaten tonen aan dat de interactie alleen wordt versterkt voor een specifieke geometrische positie van onzuiverheden, die gerelateerd is aan de structuur van de golf functies van de vlakke band. In dit hoofdstuk hebben we analytische uitdrukkingen afgeleid voor de chemische potentiaal en de temperatuurafhankelijkheid van de interactiesterkte, die resultaten veralgemenen die bekend zijn in de grafeenliteratuur.

In hoofdstuk 3 analyseren we de rol van elektron-gat interacties in de dynamische vorming van de excitonische “gap”. Het blijkt dat de vlakke band de rol van katalysator speelt en alleen specifieke ordeparameters versterkt, waardoor de vlakke band onvervormd blijft.

In hoofdstuk 4 breiden we een toepassing van de zitterbewegingsbenadering uit naar een aantal materialen met een vlakke band, waar-

door we exacte analytische resultaten kunnen afleiden en de rol van verschillende optische interbandovergangen in de transporteigenschappen van deze materialen kunnen begrijpen.

Hoofdstuk 5 breidt de studie uit naar tweelaagskristallen die zijn opgebouwd uit twee vlakband enkellaags kristallen. Het bevat de analyse van vervormingen van vlakke banden als effect van interlaags hopen, en de berekening van spectrale functies van dergelijke systemen.

Hoofdstuk 6 bevat een berekening van de orbitale susceptibiliteit voor een model van een mogelijk grafeenallotroop, T-grafeen genaamd. De dia-naar-paramagnetische overgang wordt voorspeld als gevolg van de wisselwerking tussen Dirac-kegels en bijna-vlakke banden, waardoor Van Hove-singulariteiten ontstaan.

De laatste twee hoofdstukken, 7 en 8, richten zich op de transporteigenschappen van supergeleiders met Majorana nulpunten of Andreev gebonden toestanden. De resultaten in hoofdstuk 7 laten zien hoe je Majorana nulmodes kunt onderscheiden van Majorana fermionen door de hagelruis te meten. Hoofdstuk 8 beschrijft hoe Andreev-gebonden toestanden die bijna op nulenergie zijn geplaatst hetzelfde effect kunnen veroorzaken dat verwacht wordt voor een qubit opgebouwd uit Majorana-modes: een ladder-vormige spanning-stroomkarakteristiek van een Josephson-junctie die een quantumdot bevat.