



Universiteit
Leiden
The Netherlands

On topological properties of massless fermions in a magnetic field

Lemut, G.

Citation

Lemut, G. (2023, June 13). *On topological properties of massless fermions in a magnetic field*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3620153>

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/1887/3620153>

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

Samenvatting

Massalozе fermionen zijn een bijzonder type elementaire excitatie dat kan ontstaan in elektronische systemen. In deze materialen gedragen elektronen zich als massalozе deeltjes, waarmee ze het relativistische gedrag van fotonen nabootsen. De massalozе aard van deze excitaties, samen met hun karakteristieke lineaire dispersierelatie, kan een grote invloed hebben op de macroscopische eigenschappen van elektronische systemen. Sinds de ontdekking van grafen in 2004 zijn verschillende nieuwe materialen ontdekt die zulke massalozе excitaties bevatten, wat heeft geleid tot interessant en innovatieve toepassingen. Wiskundige methodes uit de topologie hebben ons in staat gesteld om de lage-energie-eigenschappen van veel van dergelijke massalozе systemen te beschrijven en te begrijpen.

Dit proefschrift is gewijd aan het onderzoeken van de effecten van magnetische velden op drie types van massalozе fermionen, genoemd naar hun ontdekkers: Dirac-, Weyl- en Majorana-fermionen. We hebben enkele nieuwe verschijningsvormen ontdekt, we geven aan hoe deze in experimenten kunnen worden gedetecteerd, en we beschrijven theoretische methodes om ze diepgaander te onderzoeken.

Hoofdstuk 2 van dit proefschrift presenteert een nieuwe methode voor het berekenen van een functie (het zogenaamde localisatielandschap), waarmee we kunnen bestuderen hoe massalozе Dirac-fermionen door wanorde worden gelocaliseerd.

De volgende drie hoofdstukken richten zich op Weyl-fermionen. Zo worden massalozе fermionen in een drie-dimensionaal systeem genoemd. In hoofdstukken 3 en 4 richten wij ons op de situatie dat de massalozе eigenschap het gevolg is van Kramers-ontaarding (men spreekt dan ook wel van Kramers-Weyl fermionen). Hoofdstuk 5 voegt supergeleiding toe, we laten zien hoe de elektrische geleiding in de aanwezigheid van een magnetisch veld kan worden gebruikt om de chiraliteit (links- of rechtshandigheid) van de deeltjes te bestuderen.

De laatste twee hoofdstukken van dit proefschrift richten zich op de Majorana-fermionen in het Fu-Kane-model (een topologische isolator in contact met een supergeleider). De Majorana-fermionen zitten vast in een magnetische vortex, maar in hoofdstuk 6 laten we zien dat een superstroom ze uit de vortex kan drijven. Dit is het gevolg van de Mag-

Samenvatting

nuskracht, die werkzaam is ook al zijn de Majorana-fermionen ladingsneutraal. De dynamische eigenschappen van de Magnuskracht onderzoeken we in hoofdstuk 7.