



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Effects of spin-orbit coupling on quantum transport

Bardarson, J.H.

### Citation

Bardarson, J. H. (2008, June 4). *Effects of spin-orbit coupling on quantum transport*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/12930>

Version: Corrected 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/1887/12930>

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

# Samenvatting

Iedereen heeft wel enige notie van het begrip *spin*, al zal het niet altijd onder die naam zijn. Magneteten zijn niets anders dan een grote verzameling spins. Door te spelen met magneteten krijgt men gevoel voor de mogelijke sterkte van de magnetische wisselwerking; een spin reageert op een magnetisch veld (bijvoorbeeld een dat wordt veroorzaakt door een andere magneet). Wanneer er geen magnetische velden zijn doet een spin niets, onberoerd als hij is door de omgeving en afwijzend ten opzichte van wisselwerking met elektrische velden. Dat is zo tot de spin begint te bewegen. Zodra de spin beweegt, gaat de relativiteitstheorie een rol spelen. Deze vertelt ons dat het elektrische veld dat we produceren als een magnetisch veld wordt gezien in het ruststelsel van het elektron; daardoor gaan de spin en het elektrische veld een gesprek aan. Vanwege het relativistische karakter van dit effect is deze wisselwerking in het algemeen nogal zwak. De wisselwerking gaat onder de naam *spin-baan-koppeling*.

Dit proefschrift behandelt de effecten van deze spin-baan-koppeling op quantum transport. Het woord *quantum* betekent hier dat we het elektron als fase-coherent beschouwen over de hele grootte van het sample, ofwel gedurende de tijd die nodig is om van een kant van het sample naar de andere kant te geraken. Deze quantum coherentie is belangrijk, omdat in veel gevallen de aanwezigheid van de spin-baan-koppeling wordt gedetecteerd via de kleine (quantum) correcties op klassieke grootheden. In het bijzonder is dit het geval voor *zwakke (anti) localisatie*, een quantum-correctie op de geleidbaarheid, veroorzaakt door verhoogde (verminderde) terugverstrooiing ten gevolge van quantum interferentie.

In het derde hoofdstuk, dat volgt op een inleiding in het eerste hoofdstuk en de definitie van het numerieke model dat in de daaropvolgende

analyse wordt gebruikt in het tweede hoofdstuk, beschouwen we het geval dat het quantum-effect dat door de spin-baan-koppeling wordt veroorzaakt een term van eerste orde is. De grootte die bestudeerd wordt is zogenaamde *hagelruis*; de “klassieke” bijdrage wordt uitgeschakeld door de klassieke limiet van een zeer groot systeem te nemen. Dit is een voorbeeld waarin de spin-baan-koppeling nieuwe verschijnselen veroorzaakt. Het doel van de *spintronica*, electronica met spins, is om dit soort verschijnselen onder controle te krijgen en ze tot ons nut te gebruiken. Soms heeft de spin-baan-koppeling echter onwelkome effecten. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in hoofdstuk vier, waar we bediscussiëren hoe spin-baan-koppeling de elektron-gat-verstrengeling veroorzaakt door een tunnel-barrière afbreekt. Dit gebeurt wanneer de tunnel-barrière zogenaamde *multi-mode* draden verbindt en de spin-baan-koppeling de verschillende modes mengt, leidend tot verminderde spin-verstrengeling.

Een van de doelen van spintronica is om *stromen van spin* te creëren en die te meten. Door het *spin Hall effect* kan een longitudinale ladingsstroom een puur transversale spin-stroom veroorzaken. Op dezelfde manier als waarop wanorde deze spin-stroom uiteindelijk vernietigt zal chaotische dynamica ook de spin-stroom doen verdwijnen, zoals we in hoofdstuk vijf laten zien. Deze bewering slaat op de (ensemble-)gemiddelde stroom. De spin-stroom in een gegeven sample hoeft niet nul te zijn en het blijkt in feite zo te zijn dat de variantie van de spin-stroom ongelijk nul en universeel is.

Het laatste hoofdstuk steekt enigszins af ten opzichte van de eerdere, aangezien het niet handelt over spin. Het onderwerp is het materiaal *grafeen*. De effectieve beschrijving bij lage energie van grafeen gebeurt echter via een Dirac Hamiltoniaan, die gezien kan worden als bevattende een spin-baan-koppeling term. In tegenstelling tot de voorgaande gevallen is de spin-baan-koppeling nu de dominante term en géén kleine correctie. We beschouwen de effecten van wanorde op de geleidbaarheid. We vinden dat gelijkmatige wanorde, enigszins tegen de intuïtie in, de geleidbaarheid, die logaritmisch groeit met de systeemgrootte, verhoogt.