



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Geometric phases in soft materials

Abbaszadeh, H.

Citation

Abbaszadeh, H. (2021, January 27). *Geometric phases in soft materials*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/139164>

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/1887/139164>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/139164> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Abbaszadeh, H.

Title: Geometric phases in soft materials

Issue date: 2021-01-27

Samenvatting

In een Aharonov-Bohm experiment leiden geometrische fasen tot niet-triviale interferentie wanneer de verschillende kwantummechanische paden van een elektron een magnetische spoel omringen. Deze zijn ook verantwoordelijk voor de dagelijkse precessie van de Foucault slinger in Parijs. Een dynamische vormverandering veroorzaakt een geometrische fase die bijvoorbeeld katten gebruiken om te draaien als ze vallen of zwemmers gebruiken om vooruit te zwemmen. Een moderne toepassing van de geometrische fase heeft tot het begrip geleid van een topologische fase, die door een globale eigenschap van het systeem wordt beschreven. Deze topologische fase is iets heel anders dan het klassieke begrip van de fase van materie die wordt gekenmerkt door een lokale ordeparameter. Een topologische faseovergang is daarom een fundamenteel ander proces vergeleken met een klassieke, zoals bijvoorbeeld een vloeistof-gasovergang, omdat bij de eerste een globale topologische index van het systeem moet veranderen. Topologische fasen kunnen bijvoorbeeld ook leiden tot de aanwezigheid van zich voortplantende elektronische modes die robuust zijn tegen terugverstrooiing door obstakels op de grens van een isolator. Dit proefschrift beschrijft enkele toepassingen van geometrische en topologische fasen in zogenaamde zachte-materie systemen.

Hoofdstuk twee richt zich op een mechanisch metamateriaal dat gemodelleerd wordt als een netwerk van kralen die door elastische staven verbonden zijn. Een slim ontworpen vervorming of een ruimtelijke variatie van de elasticiteitsmodulus blijkt tot topologisch niet-equivalente toestanden in dergelijke systemen te leiden. Er wordt voorspeld dat de grens tussen twee van dergelijke niet-equivalente systemen een domeingebonden trillingsmode herbergt. Het komt erop neer dat in deze mode de helft van de kralen trilt, terwijl de andere helft bijna stationair is, een gevolg van het breken van een subrooster-symmetrie. Als toepassing van een dergelijk fenomeen wordt voorgesteld om deze topologische mode ten opzichte van alle andere vibratiemodes van het systeem te versterken door de demping van de trillingen van de tweede helft van de kralen te vergroten. Een specifiek geval van zo een domeingebonden

mode blijkt equivalent aan het nulde Landau-niveau, in een formulering die de dynamische evolutie van de vibratiemodes van een dergelijk systeem afbeeldt op de kwantummechanische beweging van een elektron in een magnetisch veld.

In het derde en vierde hoofdstuk beschrijf ik de voortplanting van licht in een vloeibaar kristal medium. Vloeibare kristallen zijn complexe vloeistoffen die een uniek vermogen hebben om licht met behulp van de herconfigureerbaarheid van zachte materialen te manipuleren. Ze staan aan de basis van moderne beeldscherm technologie. Hoofdstuk drie maakt gebruik van een ruimtelijk variërend nematisch patroon in dergelijke systemen om lichtgolfsgeleiders te vinden die vergelijkbaar zijn met een optische fiber. De golfgeleiding kan verklaard worden door een term aan te passen in de brekingswet van Snellius als gevolg van een ruimtelijke inhomogeniteit van de geometrische Pancharatnam-Berry fase die het licht verkrijgt als het door een vloeibaar kristalmedium heen gaat.

Hoofdstuk vier suggereert dat nematische vloeibare kristallen ook kunnen worden gebruikt als bouwstenen van topologische materialen om beschermde éénrichtings-golfgeleiders, sensoren en lasers te realiseren. Op basis van recente ontwikkelingen in de vloeibaarkristaltechnologie, stellen we voor dat geschikte ruimtelijke modulaties van de nematische as voldoende zijn om topologische fotonische materialen samen te stellen. Deze ideeën kunnen de weg banen voor volledig instelbare fotonische structuren op basis van topologisch beschermde toestanden.

Hoofdstuk vijf focust op convectieve hydrodynamische systemen. Draaiende Rayleigh-Bénard vloeistoffen kunnen als een prototypisch model van roterende convectie systemen worden geanalyseerd en de resultaten van een studie naar de topologische oorsprong van de zogenaamde wand modes in dergelijke systemen worden gepresenteerd. Simulaties van een vereenvoudigd Swift-Hohenberg model tonen wand modes die goed tegen ernstige grensveranderingen kunnen. Een linearisatie van dit model rond zijn niet-evenwicht stabiele toestand in één dimensie toont signaturen van de topologische oorsprong van deze bescherming tegen terugverstrooiing in de vorm van een niet-triviale topologische index. Een volledige beschrijving van een dergelijk systeem dat niet in evenwicht is, vereist een generalisatie van deze topologische index voor niet-lineaire modellen.