

Sterk gecorreleerde kwantumsystemen (C004071)

Cursusomvang (nominale waarden; effectieve waarden kunnen verschillen per opleiding)

Studiepunten 6.0

Studietijd 180 u

Aanbodsessies en werkvormen in academiejaar 2026-2027

A (semester 2)

Engels

Gent

werkcollege

hoorcollege

Lesgevers in academiejaar 2026-2027

Haegeman, Jutho

WE05

Verantwoordelijk lesgever

Aangeboden in onderstaande opleidingen in 2026-2027

stptn

aanbodssessie

Educatieve Master of Science in de wetenschappen en technologie (afstudeerrichting wiskunde)

6

A

Master of Science in de wiskunde

6

A

Master of Science in Physics and Astronomy

6

A

Uitwisselingsprogramma fysica en sterrenkunde (niveau master)

6

A

Onderwijstalen

Engels

Trefwoorden

Spinsystemen, kwantumfasetransities, topologische orde, kwantumverstrengeling.

Situering

De bedoeling van deze cursus is het aanleren van een aantal overkoepelende concepten en recente ontwikkelingen uit de wereld van de kwantumveeldeeltjesfysica, met eveneens een inslag vanuit de theorie van kwantumverstrengeling.

Inhoud

- 1 Inleiding: tweede kwantisatie, interagerende elektronen, Hubbard model en de afgeleiden ervan
 - 2 Kwantum Ising model in transversaal veld: exacte oplossing via Jordan-Wigner, Fourier en Bogoliubov transformatie. Kwantumfasetransitie en criticaliteit. Orde en wanorde. Dualiteit. Excitatieën en kinks. Relatie tussen kwantum en klassieke statistische mechanica. Correlatiefuncties en hun relatie met neutronverstrooiing en andere experimentele technieken.
 - 3 Halftallige spinsystemen (in 1D): Heisenberg antiferromagneet, Holstein-Primakoffvoorstelling, Lieb-Schultz-Mattis theorema, orde en wanorde, Goldstone-bosonen en de enkelvoudige-mode benadering, Mermin-Wagner theorema, exacte oplossing via de Bethe ansatz (in de coördinatenruimte), Majumdar-Gosh model.
 - 4 Heeltallige spinsystemen (in 1D): Haldane's vermoeden, model van Affleck-Kennedy-Tasaki-Lieb, inleiding tot matrix product toestanden en tensor network toestanden. Massaloze excitatieën op de rand en door symmetrie beschermde topologische orde.
 - 5 Topologische classificatie van vrije fermionen: periodieke tabel van topologische isolatoren en supergeleiders, Su-Schrieffer-Heeger model en Kitaev's kwantumdraad: topologische ontaarding en de Majorana mode
 - 6 Spinsystemen in hogere dimensies, spinvloeistoffen, ijktheorieën en Kitaev's "toric code", topologische orde en anyonen
- Daarnaast is er een project in groepjes, dat kan bestaan uit een literatuurstudie (zoals het kwantum Hall effect, de string-net modellen van Levin-Wen,

topologische isolatoren, verstrengelingsrenormalisatie voor kritische systemen, verstrengelingsentropie in conforme veldentheorie, ...) of een computationele opdracht (density matrix renormalization group algorithm, tensor renormalization group, ...).

Begincompetenties

Goede kennis kwantummechanica, basiskennis kwantumveldentheorie.

Eindcompetenties

- 1 Vertrouwd zijn met een aantal basisconcepten in kwantumveeldeeltjessystemen en de fysica van gecondenseerde materie.
- 2 Overzicht hebben over de verschillende exotische fasetoestanden die kwantummaterialen kunnen vertonen, en van de geassocieerde fenomenen en karakteristieken (massalose randexcitatie, grondtoestandsontaarding, topologische verstrengelingsentropie, ...)
- 3 In staat zijn om zelfstandig research papers te lezen, de moderne ontwikkelingen in dit gebied te volgen en zelf onderzoek in deze richting te kunnen aanvangen.

Creditcontractvoorwaarde

Toelating tot dit opleidingsonderdeel via creditcontract is mogelijk na gunstige beoordeling van de competenties

Examencontractvoorwaarde

Dit opleidingsonderdeel kan niet via examencontract gevolgd worden

Didactische werkvormen

Werkcollege, Hoorcollege

Toelichtingen bij de didactische werkvormen

Project: de studenten maken in kleine groep een literatuurstudie of voeren een computationele opdracht uit. Hierover maken ze een kort verslag en een presentatie.

Studiemateriaal

Type: Syllabus

Naam: Strongly Correlated Quantum Systems

Richtprijs: Gratis of betaald door opleiding

Optioneel: nee

Taal : Engels

Aantal pagina's : 172

Beschikbaar op Ufora : Ja

Online beschikbaar : Ja

Beschikbaar in de bibliotheek : Nee

Beschikbaar via studentenvereniging : Nee

Referenties

- Assa Auerbach, "Interacting electrons and quantum magnetism"(Springer, 1998)
- Eduardo Fradkin, "Field theories of Condensed Matter Physics"(2nd edition, Cambridge University Press, 2013)

Vakinhoudelijke studiebegeleiding

De lesgever(s) zijn bereid om naast de hoorcolleges extra duiding te geven.

Evaluatiemomenten

periodegebonden en niet-periodegebonden evaluatie

Evaluatievormen bij periodegebonden evaluatie in de eerste examenperiode

Mondelinge evaluatie

Evaluatievormen bij periodegebonden evaluatie in de tweede examenperiode

Mondelinge evaluatie

Evaluatievormen bij niet-periodegebonden evaluatie

Werkstuk

Tweede examenkans in geval van niet-periodegebonden evaluatie

Examen in de tweede examenperiode is mogelijk

Toelichtingen bij de evaluatievormen

- Periodegebonden evaluatie: Mondeling examen (met schriftelijke voorbereiding)
- Projectwerk: verslag en presentatie

Eindscoreberekening

- 25% Niet-periodegebonden evaluatie (project)
- 75% Periodegebonden evaluatie (mondeling examen)