

## Sterk gecorreleerde kwantumsystemen (C004071)

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

**Studiepunten 6.0** **Studietijd 180 u**

**Aanbodsessies en werkvormen in academiejaar 2024-2025**

A (semester 2)	Engels	Gent	hoorcollege werkcollege
----------------	--------	------	----------------------------

**Lesgevers in academiejaar 2024-2025**

Haegeman, Jutho	WE05	Verantwoordelijk lesgever
Bultinck, Nick	WE05	Medelesgever

**Aangeboden in onderstaande opleidingen in 2024-2025**

	stptn	aanbodsessie
<a href="#">Educatieve Master of Science in de wetenschappen en technologie (afstudeerrichting fysica en sterrenkunde)</a>	6	A
<a href="#">Educatieve Master of Science in de wetenschappen en technologie (afstudeerrichting wiskunde)</a>	6	A
<a href="#">Master of Science in de fysica en de sterrenkunde</a>	6	A
<a href="#">Master of Science in de wiskunde</a>	6	A
<a href="#">Master of Science in Physics and Astronomy</a>	6	A

**Onderwijstalen**

Engels

**Trefwoorden**

Spinsystemen, kwantumfasetransities, topologische orde, kwantumverstreming.

**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 kwantumverstreming.

**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 Halfvallige 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. Massalozexcitatieën 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,

verstrenkelingsrenormalisatie voor kritische systemen, verstrenkelingsentropie 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 (massaloze randexcitatie, grondtoestandsontaarding, topologische verstrenkelingsentropie, ...)
- 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 mits 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**

- 30% Niet-periodegebonden evaluatie (project)

(Goedgekeurd)

- 70% Periodegebonden evaluatie (mondeling examen)