UNIVERSITEIT GENT

Studiefiche

Vanaf academiejaar 2025-2026

Quantum Field Theory (C004506)

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

Studiepunten 6.0 **Studietijd 180 u**

Aanbodsessies in academiejaar 2026-2027

A (semester 1) Engels Gent

Lesgevers in academiejaar 2026-2027

Mertens, Thomas WE05 Verantwoordelijk lesgever

Aangeboden in onderstaande opleidingen in 2026-2027	stptn	aanbodsessie
Educatieve Master of Science in de wetenschappen en technologie(afstudeerrichting fysica en sterrenkunde)	6	A
Educatieve Master of Science in de wetenschappen en technologie(afstudeerrichting wiskunde)	6	A
Master of Science in de fysica en de sterrenkunde	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
Uitwisselingsprogramma wiskunde (niveau master)	6	A

Onderwijstalen

Engels

Trefwoorden

Kwantumveldentheorie

Situering

Deze cursus bouwt verder aan de kwantummechanische beschrijving van de natuur, zoals in eerdere cursussen Kwantummechanica 1 en 2 aan bod kwam. De focus ligt op het kwantiseren van systemen met zeer veel vrijheidsgraden, of veldentheorieën in de continuumlimiet. De resulterende kwantumveldentheorie beschrijft een universele structuur die opduikt in allerlei fysische situaties waar een continuumbeschrijving aangewezen is. Naast zijn belangrijk nut als de taal van elementaire deeltjesfysica en als bouwblok van modellen van kwantumgravitatie (bv. string theorie), is kwantumveldentheorie ook belangrijk om kritische fenomenen te behandelen in vaste-stoffysica.
De concepten worden geïllustreerd met kwantumelektrodynamica (QED) als belangrijkste voorbeeld. De nadruk ligt op het begrijpen van de fysische concepten en hun relatie met het mathematisch model.

Inhoud

De cursus is ingedeeld in 7 hoofdstukken:
1. Vrije kwantumvelden
We starten met het bestuderen van vrije veldentheoriën (Klein-Gordon, Maxwell, Dirac) en hun behandeling als kwantummechanisch systeem. De belangrijkste concepten zijn het Noether-theorema en de toepassingen hiervan, en de veeldeeltjes-interpretatie van de Hilbertruimte van kwantumveldentheorie.
2. Interagerende kwantumvelden
We introduceren niet-lineariteiten in de veldvergelijkingen, en bestuderen de kwantisatie van deze modellen in perturbatietheorie. De resulterende perturbatiereeks kan diagrammatisch worden voorgesteld door middel van Feynmandiagrammen. Dit leidt tot de concrete uitwerking van deeltjes-verstrooiingsprocessen.

3. Padintegralen
We bestuderen een alternatieve behandeling van kwantisatie via een continu oneindige veralgemening van integralen: Feyman's padintegraalformalisme. Naast de diepe fysische inzichten in de fundamenten van kwantummechanica, leidt dit tot een equivalente elegante afleiding van de resultaten uit hoofdstuk 2.
4. Inleiding tot renormalisatie
De berekening van lusdiagrammen in kwantumveldentheorie leidt tot divergenties. We geven een introductie tot de fysische betekenis van deze oneindigheden, en hoe we ermee omgaan in concrete berekeningen.
5. Yang-Mills ijktheorieën
We breiden ons arsenaal aan modellen uit, en veralgemenen de Maxwell-theorie die gebaseerd is op de abelse U(1) groep tot algemene niet-abelse (compacte) Lie groepen. Deze mathematische veralgemening is direct fysisch relevant in elementaire deeltjesfysica voor de beschrijving van de sterke en zwakke kernkracht.
6. Spontane symmetriebreking
We bestuderen spontane symmetriebreking in allerlei fysische systemen, met nadruk op de fysische implicaties in termen van Goldstonebosonen en het Higgs mechanisme.
7. Elektrozwakke interacties
We eindigen de cursus met een directe fysische toepassing van de kwantumveldentheorie: de elektrozwakke unificatie en het Glashow-Weinberg-Salam model. Alle technieken en inzichten uit alle vorige hoofdstukken worden hier gecombineerd en toegepast in deze culminatie van de cursus.

Begincompetenties

"Relativiteit en elektromagnetisme" en "Kwantummechanica 2".

Eindcompetenties

De student heeft een grondig begrip van de fundamenten van veldentheorie en is voorbereid op onderzoek in kwantumveldentheorie, elementaire deeltjesfysica en theoretische fysica in het algemeen (bv. theoretische vaste-stoffysica).

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

Begeleide oefeningenlessen.
Leermateriaal: Gehele cursus (pdf) beschikbaar op Ufora.

Studiemateriaal

Type: Syllabus

Naam: Kwantumveldentheorie
Richtprijs: Gratis of betaald door opleiding
Optioneel: nee
Taal : Engels
Aantal pagina's : 200
Beschikbaar op Ufora : Ja
Online beschikbaar : Ja
Beschikbaar in de bibliotheek : Nee
Beschikbaar via studentenvereniging : Nee

Referenties

An introduction to quantum field theory. M. Peskin and D. Schroeder, Addison Wesley (1995)

Vakinhoudelijke studiebegeleiding

Ondersteuning mondeling of via email door lesgever en medewerkers.

Evaluatiemomenten

periodegebonden evaluatie

Evaluatievormen bij periodegebonden evaluatie in de eerste examenperiode

Mondelinge evaluatie, Schriftelijke evaluatie met open vragen

Evaluatievormen bij periodegebonden evaluatie in de tweede examenperiode

Mondelinge evaluatie, Schriftelijke evaluatie met open vragen

Evaluatievormen bij niet-periodegebonden evaluatie

Tweede examenkans in geval van niet-periodegebonden evaluatie

Niet van toepassing

Toelichtingen bij de evaluatievormen

Theorie: mondeling en schriftelijk.
Oefeningen: schriftelijk.

Eindscoreberekening

1/2 (schriftelijk theorie)+1/4 (mondeling)+1/4 (oefeningen)