

**Kwantum zwarte gaten en holografie (C003690)**

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

**Studiepunten 6.0**                      **Studietijd 180 u**                      **Contacturen**                      52.5u

**Aanbodsessies en werkvormen in academiejaar 2022-2023**

**Deze cursus is 2-jaarlijks en wordt niet aangeboden**

**Lesgevers in academiejaar 2022-2023**

Heller, Michal	WE05	Verantwoordelijk lesgever
Van Acoleyen, Karel	WE05	Medelesgever

**Aangeboden in onderstaande opleidingen in 2022-2023**

Deze cursus is 2-jaarlijks en wordt niet aangeboden	<b>stptn</b>	<b>aanbodsessie</b>
---	--------------	---------------------

**Onderwijstalen**

Engels, Nederlands

**Trefwoorden**

Zwarte gaten, stringtheorie, holografie, gauge-zwaartekracht dualiteit, entanglement, tensornetwerk toestanden

**Situering**

Een van de grote onopgeloste problemen in de theoretische fysica is de unificatie van het standaard model met de gravitatietheorie van Einstein. Een probleem dat hiermee gerelateerd is, is de microscopische kwantum beschrijving van zwarte gaten. De klassieke entropie van een zwart gat is volgens de Bekenstein formule gelijk aan de oppervlakte van de horizon in eenheden van de Planck lengte kwadraat. In een microscopische kwantumbeschrijving zou deze entropie evenredig moeten zijn met de logaritme van het aantal kwantumtoestanden waarin het zwart gat zich kan bevinden. Omdat de entropie van een zwart gat schaalt als een oppervlakte en niet als een volume betekent dit dat er een holografische beschrijving van kwantum zwarte gaten mogelijk moet zijn. Een definitieve doorbraak kwam er met het vermoeden van Maldacena (AdS-CFT vermoeden) dat de relatie legt tussen een klassiek gravitatie-systeem in D dimensies en een sterk gekoppelde ijktheorie in D-1 dimensies. Deze holografische gauge-zwaartekracht dualiteit ligt aan de basis van een totaal nieuwe aanpak van de kwantumfysica van zwarte gaten en betekent ook een nieuwe aanpak van het unificatieprobleem. Dit vak biedt een inleiding tot recente ontwikkelingen in de theoretische fysica die een dieper inzicht geven in de kwantum aspecten van zwarte gaten: stringtheorie, kwantumveldentheorie in de buurt van een zwart gat en Hawking straling, het membraan paradigma voor zwarte gaten, het AdS-CFT vermoeden van Maldacena, entanglement entropie en tensornetwerk toestanden. Naast deze nodige ingrediënten zullen enkele heel recente ontwikkelingen zoals het firewall probleem voor zwarte gaten, de holografische beschrijving van de thermalisatie van sterk gekoppelde kwantumveldentheorieën (zoals in het quark- gluon plasma) als collapse naar een zwart gat, MERA toestanden en holografie, besproken worden en gepresenteerd door de studenten zelf. Dit vak geeft de student dus reeds de mogelijkheid om bepaalde onderzoekscompetenties te ontwikkelen.

**Inhoud**

- 1 De klassieke wetten van de zwarte gaten fysica.
- 2 Kwantumveldentheorie in een zwarte gaten achtergrond en Hawking straling.
- 3 Het membraanparadigma.

- 4 Inleiding tot stringtheorie
- 5 Holografie en het AdS-CFT vermoeden.
- 6 Entropie van een kwantum zwart gat
- 7 Holografie en tensor netwerk toestanden.
- 8 Research topics: firewall problem, thermalisatie en black holes, MERA en holografie

#### **Begincompetenties**

Eindcompetenties van Kwantumveldentheorie en Relativiteitstheorie zijn voldoende.

#### **Eindcompetenties**

- 1 Een working knowledge van de huidige staat van het onderzoek op het grensgebied van kwantummechanica en algemene relativiteit.
- 2 Met nadruk op de fysische principes en wiskundige technieken voorbereidend op zelfstandig onderzoek.

#### **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**

Groepswerk, Hoorcollege, Project, Werkcollege: geleide oefeningen

#### **Leermateriaal**

(cursus + kopieën) Geraamde totaalprijs: 15 EUR

#### **Referenties**

Mukhanov, Viatcheslav and Winizki, Sergei, "Introduction to Quantum Effects in Gravity", Cambridge University Press, 2007. ISBN 0521868343  
Zwiebach, Barton, "A first course in string theory", Cambridge University Press, 2004.

#### **Vakinhoudelijke studiebegeleiding**

Ondersteuning mondeling of via email door lesgevers en medewerkers

#### **Evaluatiemomenten**

periodegebonden en niet-periodegebonden evaluatie

#### **Evaluatievormen bij periodegebonden evaluatie in de eerste examenperiode**

Mondeling examen, Schriftelijk examen met open vragen

#### **Evaluatievormen bij periodegebonden evaluatie in de tweede examenperiode**

Mondeling examen, Schriftelijk examen met open vragen

#### **Evaluatievormen bij niet-periodegebonden evaluatie**

Mondeling examen

#### **Tweede examenkans in geval van niet-periodegebonden evaluatie**

Examen in de tweede examenperiode is niet mogelijk

#### **Eindscoreberekening**

- Periodegebonden evaluatie 50%,
- Niet-periodegebonden evaluatie 50%