



KONINKLIJKE
HOLLANDSCHE MAATSCHAPPIJ
DER WETENSCHAPPEN

Juryrapport

KHMW Jong Talent Afstudeerprijs voor Theoretische natuurkunde 2024

Silvester Borsboom MSc MA, Universiteit van Amsterdam

Spontaneous Breaking of Global Gauge Symmetries in the Higgs Mechanism

Afstudeerscripties in de theoretische natuurkunde onderscheiden zich door de vaak indrukwekkende wijze waarop geavanceerde wiskundige methodes worden toegepast om inzicht te verkrijgen in natuurkundige verschijnselen. Het is dan ook volkomen terecht dat voor deze bijzondere prestaties een prestigieuze prijs is gekoppeld. De afstudeerscripties die de jury dit jaar ter beoordeling kreeg voorgelegd waren allen van een hoog niveau en hadden betrekking op uiteenlopende onderwerpen variërend van de complexiteit van netwerken tot aan de wiskundige en filosofische grondslagen van kosmologische modellen en de theorie van fundamentele deeltjes. De jury kent de KHMW Jong Talent afstudeerprijs voor Theoretische natuurkunde 2024 toe aan Silvester Borsboom, Universiteit van Amsterdam voor “Spontaneous Breaking of Global Gauge Symmetries in the Higgs Mechanism”.

De afstudeerscriptie van Silvester Borsboom behandelt een belangrijke vraag over het beroemde Higgs-mechanisme. Dit mechanisme is vernoemd naar de Britse natuurkundige Peter Higgs (die hier in 2013 samen met een van de andere bedenkers de Nobelprijs voor ontving) en verklaart waarom de zogenaamde ijkdeeltjes, die verantwoordelijk zijn voor het overdragen van een van de fundamentele natuurkrachten, massa dragen.

De belangrijke vraag waar Silvester zich in zijn scriptie mee bezig heeft gehouden is: vindt er bij het Higgs-mechanisme spontane symmetriebreking plaats? Een bekend voorbeeld van spontane symmetriebreking treedt op in magneten. Een magneet bestaat uit materiaal dat aanvankelijk symmetrisch is onder rotaties: er is geen bijzondere richting in het materiaal. De magnetisatie van de magneet, die vaak spontaan optreedt, leidt wel tot een speciale richting, waardoor de rotatie-symmetrie verdwijnt: men zegt dat de symmetrie is gebroken.

Bij het Higgs-mechanisme wordt ditzelfde idee toegepast op de theorie van elementaire deeltjes en fundamentele krachten. Deze deeltjes en krachten worden beschreven met behulp van velden met een zogenaamde lokale ijsymmetrie. Meestal wordt gesteld dat deze ijsymmetrie wordt gebroken door het Higgs-mechanisme. Een ijsymmetrie verschilt echter van een globale symmetrie zoals een rotatie: het geeft aan dat er in de formulering van de theorie overbodige velden aanwezig zijn die geen meetbare betekenis hebben. Een ijsymmetrie is dus eigenlijk een redundantie in de beschrijving van de theorie. De filosoof Earman concludeert hieruit dat het daarom geen betekenisvolle uitspraak is om te stellen dat een ijsymmetrie gebroken is.

Dit leidt tot de vraag: is er eigenlijk wel sprake van spontane symmetriebreking bij het Higgs-mechanisme? In zijn duidelijk geschreven scriptie onderzoekt en beantwoordt Silvester deze vraag op een bewonderingswaardig diepzinnige, precieze, en overtuigende wijze. Het antwoord op de vraag staat in de titel van zijn afstudeerscriptie: er vindt wel degelijk spontane



KONINKLIJKE
HOLLANDSCHE MAATSCHAPPIJ
DER WETENSCHAPPEN

symmetriebreking plaats bij het Higgs-mechanisme, maar deze heeft niet betrekking op de lokale ijsymmetrie maar op een globale symmetrie die daarvan is afgeleid, en die in zeker zin vergelijkbaar is met de gebroken rotatie-symmetrie bij een magneet.

In zijn scriptie maakt Silvester Borsboom, naast geavanceerde natuurkundige theorieën, ook gebruik van diepzinnige filosofische argumenten en precieze mathematische formalismen en stellingen. Zelfs onder zeer ervaren wetenschappers zijn er weinig die al deze technieken en perspectieven beheersen. Dat Silvester hier wel toe in staat is wordt slechts voor een deel verklaard uit het bewonderingswaardige feit hij naast zijn master theoretische natuurkunde ook een master in de filosofie en in de wiskunde heeft behaald. Zijn veelzijdigheid en de knappe wijze waarop hij al die verschillende methoden en invalshoeken heeft verweven tot een samenhangende scriptie met een overtuigende conclusie maakt zijn afstudeerwerk meer dan prijswaardig.

*Prof. dr. M.H.M. (Marcel) Merk, hoogleraar gravitational waves and fundamental physics
Universiteit Maastricht, Nikhef onderzoeker b-fysica*

Prof. dr. E.P. (Erik) Verlinde, hoogleraar theoretische natuurkunde Universiteit van Amsterdam

De jury vergaderde op 15 oktober 2024 via Zoom onder leiding van KHMW-maatschappelijk lid mr. M. (Mieke) Zaanen. Tevens was ter vergadering aanwezig prof. dr. A.P. (Ad) IJzerman, bestuurslid en secretaris natuur- en medische wetenschappen KHMW.