

De Onderzoeksgroep  
High-Energy Physics

nodigt U graag uit op de openbare verdediging van het proefschrift van

## Xander Nagels

ter behaling van de graad van Doctor in de wetenschappen

Titel van het proefschrift:

**Beyond Standard Model Physics with Cosmological Phase  
Transitions and Their Gravitational Wave Signatures**

Promotor:

**Prof. dr. Alberto Mariotti (VUB)**

Co-promotoren:

**Prof. dr. Alexander Sevrin (VUB)**

**Dr. Miguel Vanvlasselaer (Universitat de  
Barcelona, ES)**

De verdediging heeft plaats op

**maandag 31 augustus 2026 om 14u30**

Campus Etterbeek VUB, Pleinlaan 2, Elsene in  
auditorium U residence.

De verdediging is ook te volgen via [Zoom](#): (Meeting  
ID: 842 6100 1062 - Wachtwoord: 1Mu5KG)

### Samenstelling van de jury

Prof. dr. Stijn Buitink (VUB, voorzitter)

Prof. dr. Krijn de Vries (VUB)

Prof. dr. Sophie de Buyl (VUB)

Dr. Jorinde Van De Vis (CERN, CH)

Prof. dr. Filippo Sala (Università di Bologna, IT)

### Curriculum vitae

In 2022 behaalde Xander zijn masterdiploma in de Fysica en Sterrenkunde aan de VUB. Vervolgens startte hij zijn doctoraat in de hoge-energiefysica en zwaartekrachtsgolven, waarbij hij zich richt op faseovergangen in het vroege heelal en onderzoek doet naar hun dynamica en hun gevolgen voor de productie van donkere materie, de waargenomen baryon-asymmetrie en stochastische zwaartekrachtsgolfsignalen. Zijn onderzoek heeft geleid tot verschillende publicaties in peerreviewed wetenschappelijke tijdschriften en werd gepresenteerd op internationale conferenties. Daarnaast gaf hij het vak “elektrodynamica en speciale relativiteitstheorie” en begeleidde hij bachelor- en masterproeven.

### Abstract van het doctoraatsonderzoek

Het Standaardmodel van de deeltjesfysica biedt een opmerkelijk succesvolle beschrijving van de bekende fundamentele deeltjes en hun onderlinge interacties. Toch laat het verschillende belangrijke vragen onbeantwoord, zoals de oorsprong van donkere materie en de waargenomen baryon-asymmetrie, wat de zoektocht naar fysica voorbij het Standaardmodel motiveert. Bovendien heeft de detectie van zwaartekrachtsgolven een nieuw observationeel venster op het heelal geopend, waardoor een unieke mogelijkheid ontstaat om dergelijke nieuwe fysica te onderzoeken zoals die zich mogelijk heeft voorgedaan in het vroege heelal, toen de temperatuur extreem hoog was en alle materie bestond als een hete, primitieve plasma. Naarmate het heelal uitdijde, koelde dit plasma af en onderging het een reeks faseovergangen. In theorieën voorbij het Standaardmodel kunnen deze faseovergangen van de eerste orde zijn, waarbij bellen van een nieuwe fase ontstaan en groeien, vergelijkbaar met de vorming van bellen in kokend water. De interacties van deze bellen onderling en met het omringende kosmische plasma laten sporen na in de vorm van zwaartekrachtsgolven. De sterkte en de spectrale vorm van dit signaal hangen zowel af van de onderliggende fysica bij hoge energieën als van de expansiesnelheid van de bellen. Indien die laatste bekend is, kan het waargenomen signaal worden gebruikt om de eerstgenoemde te onderzoeken.

Daarom bestuderen wij verschillende aspecten van de dynamica van bellen tijdens faseovergangen van de eerste orde en hoe deze kunnen bijdragen aan het beantwoorden van open vragen in de deeltjesfysica en de kosmologie. Wij betogen dat een aanvullend criterium moet worden ingevoerd, naast de criteria die gewoonlijk in beschouwing worden genomen, om te bepalen of een bel een stationaire eindsnelheid bereikt.

Daarnaast is een goed begrip van de dynamica van cruciaal belang, aangezien snel uitdijende bellen een sleutelrol kunnen spelen bij het ontstaan van de baryon-asymmetrie en bij de productie van donkere materie. Wij onderzoeken beide gevallen en tonen aan dat ultrasnel uitdijende bellen de resulterende asymmetrie en de hoeveelheid donkere materie aanzienlijk kunnen versterken, terwijl zij tevens zwaartekrachtsgolven genereren die mogelijk detecteerbaar zijn met toekomstige experimenten. Bovendien vinden wij dat de tegenwoordig aanwezige donkere materie via dit productiemechanisme zwaar kan zijn en een niet-verwaarloosbare snelheid kan bezitten, eigenschappen die niet zouden ontstaan zonder de aanwezigheid van relativistisch uitdijende bellen.