

De onderzoeksgroep
High-Energy Physics

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

Maxim Pavlov

ter behaling van de graad van Doctor in de wetenschappen

Titel van het proefschrift:

**Quantum chaos and quantum complexity in
quantum resonant systems**

Promotor:

Prof. dr. Ben Craps (VUB)

Co-promotor:

Prof. dr. Oleg Evnin (VUB)

De verdediging heeft plaats op

donderdag 22 oktober 2026 om 16u

Campus Etterbeek VUB, Pleinlaan 2, Elsene,
Promotiezaal D2.01

De verdediging is ook te volgen via een
livestream: contacteer [Maxim](#) voor meer info.

Samenstelling van de jury

Prof. dr. Sophie de Buyl (VUB, voorzitter)

Prof. dr. Christoph Uhlemann (VUB)

Prof. dr. Stijn Buitink (VUB)

Prof. dr. Wojciech De Roeck (KU Leuven)

Prof. dr. Leticia F. Cugliandolo (Sorbonne Uni-
versité, FR)

Curriculum vitae

Maxim Pavlov behaalde in 2020 zijn master in de Fysica aan de Universiteit Antwerpen. Daarna begon hij aan zijn PhD aan de VUB in de afdeling theoretische fysica van de onderzoeksgroep High-Energy Physics, met Prof. dr. Ben Craps als promotor en Prof. dr. Oleg Evnin als co-promotor.

Zijn onderzoek, vanaf 2022 gefinancierd door een beurs van het FWO, richtte zich op kwantumchaos en kwantumcomplexiteit in kwantumsystemen, waarbij numerieke methoden een centrale rol speelden. Daarnaast bestudeerde hij verstrengeling in 2D-snaartheorie. In totaal was hij coauteur van vier wetenschappelijke artikels.

Abstract van het doctoraatsonderzoek

Sinds het ontstaan van de kwantummechanica is het onduidelijk hoe chaos zich manifesteert in de microscopische wereld. Klassieke definities zijn niet van toepassing op kwantumsystemen, waardoor nieuwe criteria ontwikkeld moesten worden. Het toenemende belang van kwantum-veeldeeltjessystemen in verschillende domeinen van de fysica heeft het onderzoek naar de aard van kwantumchaos in zulke systemen verder gestimuleerd.

Nauw verwant aan kwantumchaos is het begrip kwantumcomplexiteit. De observatie dat de groei van complexiteit in chaotische kwantumcircuits lijkt op de groei van het volume achter de horizon van een zwart gat, heeft het mogelijk gemaakt om eigenschappen van zwarte gaten te bestuderen via kwantumcomplexiteit. Het uitbreiden van complexiteit van kwantumcircuits naar veeldeeltjessystemen is echter moeilijk. Nielsens geometrische aanpak herdefinieert complexiteit als de kortste afstand in een ingewikkelde ruimte, en het vinden van deze afstand is allesbehalve triviaal.

Deze thesis onderzoekt kwantumchaos en kwantumcomplexiteit in de nieuwe context van kwantum resonante systemen (KRS). Deze systemen bieden gecontroleerde benaderingen voor de dynamica van zwak niet-lineaire systemen en hebben aantrekkelijke eigenschappen, zoals een blokdiagonale Hamiltoniaan. Het gebruik van KRS levert drie nieuwe inzichten op in kwantumchaos en kwantumcomplexiteit.

Ten eerste formuleren we een bovengrens op de complexiteit van Nielsen door de minimalisatie te beperken tot een vaste, oneindig-grote verzameling curves. Toegepast op KRS en fermionische modellen is deze grens lager voor integreerbare systemen dan voor chaotische, wat één van de belangrijkste verwachte dynamische eigenschappen van kwantumcomplexiteit weerspiegelt.

Ten tweede bestuderen we de Husimi distributie van energie-eigentoestanden van zwak interagerende bosonen in een 2D harmonische val, een voorbeeld van een KRS. Het klassieke systeem heeft bijzondere oplossingen die de dynamica beperken tot een laagdimensionaal oppervlak, en de eigentoestanden geassocieerd met deze oplossingen zijn gelokaliseerd op dit oppervlak.

Tot slot pakken we het al lang bestaande probleem aan van de statistiek van de afstanden tussen energieniveaus in systemen die overgaan van integreerbaarheid naar chaos. Ons eenvoudig toevalsmatrix-model reproduceert de niet-universele verdelingen van deze afstanden tijdens de overgang. Hun vorm wordt bepaald door de verdeling van de matrixelementen van de perturbatie in de eigenbasis van het onverstoorde systeem. Verrassend genoeg vertonen deze verdelingen van matrixelementen in uiteenlopende systemen een universele machtswet.