

Jednym z najważniejszych nie rozwiązanych problemów we współczesnej fizyce teoretycznej jest pytanie jak kwantować grawitację, która pozostaje ostatnim nieskwantowanym oddziaływaniem fundamentalnym w fizyce. Metody, które z sukcesem zastosowano do kwantowania innych oddziaływań fundamentalnych – elektromagnetycznych, słabych i silnych – w tym przypadku nie okazały się skuteczne. Kwantowe efekty grawitacji znajdują się jeszcze poza zasięgiem naszych obserwacji i doświadczeń, jednak przy szybko rosnącej dokładności pomiarów astrofizycznych należy zauważyć, że są obecnie już podejmowane liczne próby pomiarów efektów kwantowej grawitacji, które wkrótce okażą się przydatne przy konstruowaniu nowych modeli.

Badacze rozwinęli obecnie różne podejścia do grawitacji kwantowej, które do pewnego stopnia opisują rozmaite aspekty przyszłej kompletnej teorii kwantowej grawitacji. Wśród tych podejść możemy wyróżnić takie, w których grawitację kwantujemy bez modyfikowania klasycznego opisu czasoprzestrzeni. Podejściem odmiennym, na którym opierają się także nasze badania, jest wprowadzenie do opisu kwantowej grawitacji podstawowej cechy fizyki kwantowej – nieprzemienności geometrii, a w kwantowej grawitacji do wprowadzenia postulatu, że geometria czasoprzestrzeni w realnym kwantowym mikroświecie nie może pozostawać klasyczna. Pod kątem fizyki nieprzemienność geometrii czasoprzestrzennej oznacza, że lokalne punkty czasoprzestrzeni w teorii uwzględniającej efekty kwantowej grawitacji stają się rozmyte, a ich współrzędne, w związku ze znanymi z kwantowej mechaniki relacjami nieoznaczoności Heisenberga, nie mogą być określone w doświadczeniach z dowolną dokładnością. Prezentowany projekt opisuje pewne konsekwencje tych założeń. Hipotezą leżącą u jego podstaw jest nieprzemienność czasoprzestrzeni w grawitacji kwantowej, oraz wprowadzenie kwantowych symetrii jako nieprzemiennego uogólnienia klasycznych symetrii. W tym kontekście ważnym zadaniem fizyków-teoretyków jest matematyczny opis fizycznie motywowanych kwantowych modeli geometrii nieprzemiennych oraz konstrukcja modeli fenomenologicznych które pozwolą na fizyczną interpretację geometrii nieprzemiennych oraz zdeformowanych symetrii.

Projekt składa się z trzech zadań badawczych, poświęconych rozszerzaniu naszej wiedzy o modelach nieprzemiennych czasoprzestrzeni i przestrzeni fazowych oraz wprowadzenie różnych algebraicznych struktur używanych przy ich konstrukcji. Zaproponowanymi zadaniami są: uogólnienie spinorowe i supersymetryczne modeli Snydera i Younga, opisanie pod kątem zastosowań do kwantowej grawitacji własności algebroidów Hopfa, które łączą geometrie nieprzemienne z kwantowo zdeformowanymi symetriami przestrzeni fazowej, oraz poszukiwanie nowych kwantowych algebr pięciowymiarowych obrotów, opisujących w czterech wymiarach także kwantowe światy de-Sittera i anty-de-Sittera.

Projekt należy do dziedziny podstawowych badań w ramach fizyki matematycznej, i opiera się na konstrukcji modeli oraz rachunkach, które będą wykonane ręcznie lub ze wsparciem oprogramowania komputerowego do obliczeń symbolicznych. Poszczególne zadania badawcze w projekcie są ze sobą powiązane, wszystkie dostarczają narzędzi do konstrukcji modeli grawitacji kwantowej opartych na formalizmie matematycznym geometrii nieprzemiennej.