

## STRESZCZENIE POPULARNONAUKOWE PROJEKTU

Znaczenie badań nad modelami grawitacji kwantowej jest istotne z wielu powodów. Oznacza ono poszukiwanie unifikacji najlepiej poznanych i rozumianych praw fizyki, zebranych w postaci dwóch najdokładniej sprawdzonych teorii: ogólnej teorii względności opisującej grawitację w skali dużych odległości, oraz standardowego modelu cząstek elementarnych opisującego mikroskopijny świat kwantów. Model pętlowej grawitacji kwantowej, który wybieramy, jest "minimalny" w znaczeniu unikania wprowadzania nadmiarowych nowych, nieznanych w fizyce pojęć. Zamiast nich jedynymi składnikami poszukiwanych ujednoczonych praw fizyki są uznane teorie oraz sprawdzone reguły kwantyzacji. Nasz projekt ukończenia modelu pętlowej grawitacji kwantowej jest tropieniem mikroskopowej teorii grawitacji poprzez próby znalezienia prostego jednolitego rozszerzenia znanych praw fizyki wykraczającego poza ich obecne obszary stosowności.

Struktura grawitacji kwantowej jest niezwykle złożona, ze względu na zderzenie pomiędzy zasadami teorii kwantowych a prawami ogólnej teorii względności rządzącymi dynamiką czasoprzestrzeni. W naszym projekcie problem ten manifestuje się jako granice formalizmu kwantowej grawitacji pętlowej i przybiera postać konkretnych problemów fizycznych. Model ten opiera się na dobrze sformułowanym kwantowym opisie grawitacji w kategoriach elementarnych mikroskopowych bloków czasoprzestrzeni (skala Plancka), podobnie do modelu standardowego, w którym stany materii zbudowane są z elementarnych wzbudzeń fundamentalnych pól, czyli cząstek.

Aby zbadać w jaki sposób znane prawa fizyki stosowalne w skalach dużo większych niż skala Plancka wyrażają się przez pętle grawitacji kwantowej, w naszych badaniach będziemy dążyć do: (1) efektywnego opisu cząstek elementarnych funkcjonujących wśród mikroskopowych bloków czasoprzestrzeni; (2) znalezienia dostępnych pomiarami fizycznymi obserwabli kwantowych opisujących dynamikę czasoprzestrzeni i oddziałującej z nią materii (3) zgłębienia mechanizmu wyłaniania się znanych praw fizyki z dynamiki obowiązującej w kwantowej skali Plancka oraz odpowiednich kwantowo grawitacyjnych poprawek.

W ten sposób mikroskopowa struktura natury w skali Plancka zostanie zrozumiana w bardziej rygorystyczny sposób i na głębszym poziomie. Przestrzeganie "minimalności" założeń pętlowej grawitacji kwantowej zapewni możliwość sformułowania naszych wyników w postaci testowalnych przewidywań dotyczących zjawisk opisywanych przez obecną fizykę. Konkretnie wyniki, jakie się spodziewamy uzyskać to: (1) możliwe poprawki do standardowego modelu wynikające z kwantowego charakteru czasu i przestrzeni; (2) bardziej precyzyjne sposoby konstruowania fizycznych obserwabli kwantowych których dynamiką rządzi pętlowa grawitacja kwantowa (3) przykłady efektywnych dynamik układów materii sprzężonej z grawitacją, w tym kwantowej kosmologicznej czasoprzestrzeni oraz kwantowych czarnych dziur o różnej zawartości materii.

Na podstawie tych wyników chcemy przewidzieć i scharakteryzować implikacje pętlowej grawitacji kwantowej w formie istotnych poprawek do praw fizyki. Korekty te dostarczą danych teoretycznych weryfikowalnych przez stale rozwijające się metody obserwacji w kosmologii oraz eksperymenty w fizyce cząstek elementarnych, gdy te osiągną kolejne niezbadane zakresy.

Wspólne doświadczenie członków obu naszych grup - polskiej i chińskiej- obejmuje szeroki zakres aspektów i zagadnień pętlowej grawitacji kwantowej niezbędnych dla realizacji celów projektu. Sprostamy zadaniom wykorzystując różnorodność i komplementarność naszym podejść, odnajdując spójność pomiędzy poszczególnymi wynikami.