

Objaśnienie początków naszego Wszechświata czy określenie co dzieje się wewnątrz czarnych dziur wymaga metod opisu, które łączą teorię względności Einsteina z fizyką kwantową. Fizycy zwykli nazywać takie opisy teoriami kwantowej grawitacji. Jedną z takich teorii (ciągle w procesie tworzenia) nosi nazwę Pętlowej Grawitacji Kwantowej (LQG). Przewiduje ona, iż otaczająca nas przestrzeń nie jest ciągłą strukturą, a zbiorem gęstych siatek utworzonych z ekstremalnie krótkich odcinków, które to siatki nazywamy sieciami spinowymi. Dzięki tej strukturze pola powierzchni i objętości obszarów przestrzeni mogą przyjąć tylko dyskretne (aczkolwiek leżące ekstremalnie blisko siebie) wartości, podobnie jak poziomy energetyczne elektronów w atomie.

Z drugiej strony młodsza siostra LQG współdzieląca z nią struktury matematyczne ale uformowana ze znacznie prostszych matematycznych modeli aplikowanych do Wszechświata jako całości i znana jako Pętlowa Kosmologia Kwantowa (LQC) przewiduje, że zamiast rozpocząć swoje istnienie w osobiwym wielkim wybuchu nasz Wszechświat istniał długo przed tym, co w naszym rozumieniu było jego początkiem. Zgodnie z (jeszcze niepotwierdzonymi eksperymentalnie) matematycznymi modelami LQC obserwowany Wszechświat stanowi tylko epokę większej całości – eon połączony ze starszą epoką istnienia poprzez zjawisko, które nazywamy wielkim odbiciem.

Spodziewamy się, iż zjawiska przewidziane w LQC powinny też występować w pełnej, nieuproszczonej teorii LQG, jednak przy próbie opisanie bardziej skomplikowanych sytuacji (układów fizycznych), jak na przykład ewolucja niejednorodności (zagęszczeń i rozrzedzeń materii) wszechświata z przedodbiowego eonu do naszego, LQC może być bardzo niedokładna. Ta ostatnia, będąc uproszczonym modelem może nie radzić sobie z prawidłowym opisem fizyki w pobliżu odbicia. Dlatego ważnym jest ulepszenie obecnej postaci LQC poprzez spojrzenie na wszechświat z punktu widzenia pełnej teorii LQG (samej w sobie będącej zbyt skomplikowaną aby użyć jej bezpośrednio). Celem naszego projektu jest skonstruowanie sposobu uproszczenia LQG w sposób dający nam kontrolę nad tym jak dużo fizyki "wyrzucamy" upraszczając i jak duże błędy w przewidywaniach każde konkretne uproszczenie powoduje. Jednocześnie chcemy wbudować w nasz uproszczony model więcej cech pełnej LQG niż jest obecnych w LQC. Usprawnionych metod zamierzamy następnie użyć do określenia możliwej postaci "odcisków" kwantowej natury czasoprzestrzeni w tak zwanym mokrzałowym promieniowaniu tła (które zawiera informacje o niejednorodnościach wczesnego wszechświata). To z kolei oferuje szansę na obserwacyjną weryfikację, czy LQG choć w przybliżeniu opisuje fizyczną rzeczywistość.

Nasz drugi cel dotyczy badania własności czarnych dziur. Einsteińska teoria względności przewiduje, iż we wnętrzu czarnej dziury przestrzeń kończy się na osobliwości – granicy, za którą fizyka się kończy. Z drugiej strony modele LQC "zastępują" osobliwość wielkiego wybuchu wielkim odbiciem, które pozwala przedłużyć fizyczne przewidywania poza swój moment wystąpienia. Dlatego mamy nadzieję, że podobna sytuacja zachodzi dla osobliwości czarnych dziur. Nasz projekt jest częściowo dedykowany weryfikacji tej nadziei poprzez systematyczne obliczenia. Jeżeli w rzeczy samej osobliwości czarnych dziur zastępowane są czymś podobnym do wielkiego odbicia, to czarna dziura (po ekstremalnie długim czasie) może eksplodować jako tzw biała dziura lub utworzyć w swoim wnętrzu wszechświat równie bogaty jak nasz.