

Na początku dwudziestego wieku dwie teorie zrewolucjonizowały fizykę: mechanika kwantowa i teoria względności Einsteina. Teorie te znacząco poszerzyły nasze rozumienie świata i stały się fundamentami fizyki. Aby opisać świat w sposób spójny, obie teorie powinny zostać połączone. Einstein był pierwszą osobą, która podniosła ten problem. Argumentował, że atomy powinny emitować nie tylko promieniowanie elektromagnetyczne lecz również grawitacyjne; dlatego mechanika kwantowa powinna modyfikować nie tylko teorię elektromagnetyzmu lecz również teorię grawitacji. Problem połączenia mechaniki kwantowej z teorią względności jest nadal otwarty. Hipotetyczna teoria unifikująca te teorie nazywana jest kwantową grawitacją. W projekcie będę badał jedną z teorii kwantowej grawitacji nazywaną pianami spinowymi. W teorii tej geometrie czasoprzestrzeni opisane są przez kwantowe piany. Kwantowe geometrie przestrzeni są dyskretne: można myśleć o kwantach przestrzeni jak o kwantowych „ziarnach” przestrzeni. Piany spinowe są historiami takich kwantowych geometrii przestrzeni.

Zanim teoria fizyczna może zostać zaakceptowana, musi zostać eksperymentalnie zweryfikowana. W przypadku kwantowej grawitacji oznacza to, że teoria powinna przewidywać nowe zjawiska, które odzwierciedlają kwantową naturę oddziaływania grawitacyjnego. W niniejszym projekcie skupię się na możliwych efektach we wczesnych stadiach ewolucji Wszechświata i w środku czarnej dziury. Teoria względności przewiduje, że wszechświat rozpoczął się od Wielkiego Wybuchu i od tego momentu rozszerza się. Według tej teorii w momencie wielkiego wybuchu gęstość wszechświata i jego temperatura były nieskończone. Przewiduje ona również istnienie czarnych dziur -- obszarów, w których oddziaływanie grawitacyjne jest na tyle silne, że nawet światło nie może z nich uciec. Według tej teorii w środku czarnej dziury znajduje się obszar, w którym krzywizna czasoprzestrzeni jest nieskończona. Jednakże powszechnie sądzi się, że takie osobliwości nie pojawiają się w rzeczywistym świecie i dlatego teoria względności nie opisuje adekwatnie, ani wczesnych etapów ewolucji wszechświata, ani środka czarnej dziury – zamiast niej powinna być stosowana teoria kwantowej grawitacji.

Zostanie zbadane, czy pętlowa kwantowa grawitacja rozwiązuje problem klasycznych osobliwości. Badania prowadzone na podstawie uproszczonych modeli pokazują, że osobliwość Wielkiego Wybuchu jest zastąpiona przez Wielkie Odbicie. Pokazane zostało, że efekty kwantowej grawitacji mają wpływ na mikrofalowe promieniowanie tła. Naszym pierwszym celem będzie sprawdzenie, czy wyniki otrzymane na podstawie uproszczonych modeli są odtwarzane w pełnej teorii.

Drugim celem będzie badanie (kwantowego) zapadania grawitacyjnego prowadzącego do powstania czarnej dziury. Zostanie zbadane, czy osobliwość w środku czarnej dziury rozwiązana jest przez efekty kwantowe. Może to rzucić nowe światło na scenariusz zaproponowany niedawno przez grupę badaczy prowadzoną przez prof. Rovelliego. Argumentują oni, że dzięki efektom kwantowym czarne dziury mogą tunelować w białe dziury i wybuchać. Proces ten może być źródłem sygnałów radiowych i rozbłysków gamma. Detekcja takich sygnałów byłaby pierwszą bezpośrednią obserwacją zjawiska kwantowej grawitacji.

Badanie efektów kwantowej grawitacji jest bardzo wymagające. Z tego powodu rozwinięte zostaną nowe metody matematyczne i komputerowe a obliczenia zostaną wykonane klastrze komputerowym Narodowego Centrum Badań Jądrowych.