

## **Mechanika kwantowa i kwantowa kosmologia w formalizmie rozszerzonej przestrzeni fazowej**

Ludzie od zawsze zainteresowani są badaniem przeszłości. Poza zaspokajaniem ciekawości o swoich korzeniach, przeszłość dostarcza narzędzi do wyciągania wniosków ze zdarzeń minionych w celu przewidzenia możliwej przyszłości. Rzeczywiście, cała nauka opiera się na założeniu, że przeprowadzone kiedyś obserwacje mogą być przełożone na konkretne hipotezy i twierdzenia. Dziedzina nauki, która zajmuje się badaniem przeszłości na największych skalach czasowych nazywa się kosmologią. W ciągu ubiegłego wieku przeżyła ona bujny rozwój i obecnie dostępne stają się coraz bardziej wyrafinowane metody obserwacyjne mogące dać nam wskazówki co do początku wszechświata. Samo stwierdzenie, że wszechświat, w którym żyjemy posiada początek nie jest trywialne i aż do XX wieku powszechnie wierzono, że wszechświat jest wieczny i statyczny. Dopiero dane obserwacyjne dotyczące pobliskich galaktyk przeprowadzone przez Vesto Sliphera oraz Milтона Humasona oraz genialny pomysł Edwina Hubble'a aby powiązać poprzez proporcjonalność odległość do badanych galaktyk z ich, tak zwanym, przesunięciem ku czerwieni pozwoliły zauważyć, że wszechświat, w którym żyjemy nie jest ani wieczny ani statyczny. Wniosek jest następujący, wszechświat się rozszerza, a co za tym idzie jeżeli będziemy badać jego coraz bardziej odległą historię będzie się on stawał mniejszy aż do sytuacji w której jego rozmiar zostanie zredukowany do punktu, czyli osobliwości. Nazywamy ten scenariusz hipotezą osobliwości wielkiego wybuchu. Fizycy są zgodni, że pojawienie się osobliwości w badanym modelu zwykle oznacza, że wykorzystywany opis jest niekompletny. W tym wypadku spodziewane jest, że do studiowania bardzo wczesnego wszechświata ogólna teoria względności jest niewystarczająca i trzeba wziąć pod uwagę efekty kwantowe. Popularnym scenariuszem, który usuwa osobliwość z modelu wszechświata jest wielkie odbicie. Zakłada ono, że wszechświat tuż przed zapadnięciem do punktu "odbija się", czyli przechodzi z fazy kontrakcji do fazy ekspansji. Jedną z teorii, które przewidują taki scenariusz jest sformułowanie kwantowych układów grawitacyjnych za pomocą stanów koherentnych. Wykorzystanie tych stanów w opisie powoduje, że w miejscu osobliwości pojawia się silny potencjał odpychający nie pozwalający wszechświatowi się zapaść. W proponowanym projekcie powyższy formalizm zostanie rozszerzony w taki sposób, aby opis stał się bardziej dokładny i możliwe było prześledzenie efektów kwantowych nieobecnych w obecnie dostępnych modelach kosmologicznych. Ilość parametrów, którymi opisujemy wszechświat zostanie znacząco rozszerzona. Poza badanymi już w literaturze klasycznymi stopniami swobody, takimi jak rozmiar i ekspansja wszechświata, wprowadzone zostaną parametry związane z kwantowymi własnościami układu, takimi jak, na przykład dyspersja rozmiaru i ekspansji wszechświata. Ewolucja stanu wszechświata zostanie zapisana jako trajektoria w wyżej wymiarowej przestrzeni fazowej. Pozwoli to na odpowiedź na pytania do tej pory nie zadawane przez badaczy, przykładowo: czy wielkie odbicie mogło być niesymetryczne w czasie? Jaka była nieoznaczoność rozmiaru i ekspansji wszechświata w chwili odbicia? Jak wyglądał wszechświat przed wielkim odbiciem? Rozwijane sformułowanie przewiduje, że w momencie przechodzenia wszechświata z fazy kontrakcji do fazy ekspansji nastąpiła emisja pierwotnych fal grawitacyjnych. W trakcie projektu wyprowadzimy własności takich fal oraz powiązemy je z efektami obserwacyjnymi. Jeżeli w przyszłości pierwotne fale grawitacyjne zostaną zaobserwowane, będziemy mogli sprawdzić czy ich własności są zgodne z hipotezą wielkiego odbicia czy też przeciwnie.