

Świat makroskopowy wokół nas jawi się jako „gładki” i deterministyczny. Cechy te są dobrze ujmowane przez klasyczną Einsteińską teorię względności. Z drugiej strony wiemy, że w skali atomowej obiekty ujawniają swoją kwantową naturę, a „gładki” obraz świata załamuje się. Tym niemniej, nawet w mechanice kwantowej sama czasoprzestrzeń traktowana jest klasycznie, tj. jako obiektywna i „absolutna”. Co by się jednak okazało, gdyby udało się spenetrować świat w dużo mniejszych skalach, około 20 rzędów wielkości poniżej skali charakteryzującej jądro atomu?

Istnieją silne przesłanki teoretyczne za tym, iż w takich ekstremalnych skalach sama czasoprzestrzeń przejawiałaby cechy kwantowe. Z operacyjnego punktu widzenia oznacza to, że nie da się zmierzyć umiejscowienia obiektu w czasoprzestrzeni z dowolną dokładnością. Taki punkt widzenia wiąże się z głębokimi fundamentalnymi pytaniami o naturę przestrzeni, czasu, przyczynowości i informacji.

Istnieje multum teoretycznych modeli „kwantowej czasoprzestrzeni” prowadzących do różnych koncepcji na temat tych fundamentalnych pojęć fizycznych. W ramach proponowanego projektu będziemy się koncentrować na pewnym szczególnym modelu „kwantowej czasoprzestrzeni”, bazującym na zaawansowanej matematyce geometrii nieprzemiennej, badając jego implikacje w dziedzinie przetwarzania informacji. Będziemy w tym celu czerpać z wielu różnych dziedzin matematyki, od analizy funkcjonalnej po geometrię różniczkową.

Spodziewamy się, że kwantowa natura czasoprzestrzeni umożliwi opracowanie sposobów przetwarzania informacji wykraczających poza formalizm stosowany obecnie. W ramach rozwiniętego w projekcie formalizmu przyjrzymy się na nowo podstawowym rezultatom teorii przetwarzania informacji, w szczególności tym związanym z nadświetlnym przesyłem informacji oraz splątaniem kwantowym. Planujemy skonstruować konkretne protokoły komunikacyjne zdolne wychwycić subtelne efekty związane z kwantową naturą czasoprzestrzeni.

Sądzimy, iż zaproponowany projekt pogłębi nasze rozumienie fundamentalnych praw Przyrody oraz wyrażających je struktur matematycznych. Co więcej, biorąc pod uwagę niedawny ogromny postęp w przekuwaniu abstrakcyjnych twierdzeń informatyki kwantowej na rzeczywiste technologie, projekt ten można postrzegać jako przecierający szlaki ku zupełnie nowym rozwiązaniom technologicznym.