

Kwantowa Informacja w Kwantowych Teoriach Pola i Holografii: Dynamika i Złożoność.

Streszczenie popularnonaukowe

Unifikacja mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności, dwóch najlepiej sprawdzonych doświadczalnie filarów fizyki teoretycznej dwudziestego wieku, pozostaje głównym otwartym wyzwaniem dla badań podstawowych w nauce. Ostatnio jednak zdaliśmy sobie sprawę, że niektóre silnie oddziałujące cząstki kwantowe, potajemnie zawierają w sobie informację o rozwiązaniach grawitacji Einsteina w jednym dodatkowym wymiarze. Zjawisko to jest ogólnie nazywane korespondencją AdS/CFT lub “hologrfią”. Choć wiadomo, że AdS/CFT zachodzi w kilku przykładach, wciąż nie rozumiemy jej podstawowego mechanizmu i odpowiedzi na kluczowe pytanie: “W jaki sposób cząstki kwantowe mają w sobie zakodowaną informację o geometrii Einsteina?”.

Niespodziewanie zauważyliśmy, że informacja kwantowa może być kluczem do tej zagadki. Mianowicie odkryliśmy głęboki związek między prawami splątania kwantowego i równaniami Einsteina. Wyniki te doprowadziły nas do hipotezy, że “holograficzna geometria” może być zakodowana w sposobie, w jaki cząstki są ze sobą splątane kwantowo. Celem mojego projektu jest rozwinięcie tego programu i opracowanie niezbędnych narzędzi do zrozumienia kwantowo-informacyjnych właściwości silnie oddziałujących cząstek.

Moja grupa na Uniwersytecie Warszawskim będzie pierwszą w Polsce i jedną z pierwszych w Europie skoncentrowaną na tym fundamentalnym wyzwaniu. W ramach projektu zbadamy całki po trajektoriach Feynmana (opisujące konfiguracje kwantowe cząstek) z perspektywy kwantowej informacji i kwantowych obliczeń. Dokładniej, użyjemy całek po trajektoriach do uzyskania geometrycznych struktur splątania kwantowego z dynamicznych cząstek kwantowych, jak również do oszacowania złożoności obliczeniowej danej konfiguracji cząstek. Nasze nowe podejście pozwoli nam lepiej rozróżnić i porównywać dynamiczne „geometrie splątania” z prawdziwymi dynamicznymi rozwiązaniami grawitacji Einsteina.

Ten interdyscyplinarny projekt przyniesie nie tylko ważne informacje na temat kwantowej grawitacji, ale także kwantowej informacji i obliczeń kwantowych. Bez wątpienia, odkrycie nowego sposobu w jaki (holograficzna) geometria czasoprzestrzeni jest obrazem kwantowej informacji, może doprowadzić do odkrycia nowych praw i własności trudnych do zauważenia w konwencjonalnych podejściach. Wreszcie zrozumienie holografii może nauczyć nas, że grawitacja jest zjawiskiem głęboko związanym z kwantowym-mechanicznym splątaniem, a moim celem jest sprawdzenie tej ekscytującej hipotezy.