

Odkrycie na początku XX wieku mechaniki kwantowej radykalnie zmieniło nasze postrzeganie mikroświata. Jej relatywistyczna wersja – kwantowa teoria pola – leży u podstaw standardowego modelu fizyki cząstek elementarnych. Równocześnie, odkrycie fenomenu kwantowego splątania doprowadziło do narodzin nowej dziedziny wiedzy – kwantowej informacji. Prowadzi ona nie tylko do nowatorskich technologii, ale także promuje nowe – teorio-informacyjne – spojrzenie na fizykę.

Niespotykany sukces teorii kwantowej każe stawiać pytania o jej uniwersalność. Czy istnieją warunki fizyczne, w których załamuje się opis kwantowy? Jeśli tak, to jakich matematycznych struktur potrzeba, żeby je zamodelować? I jaki eksperyment pozwoli zbadać owe warunki?

Dziś wiemy, że podstawowe zasady mechaniki kwantowej stoją w sprzeczności z postulatami ogólnej teorii względności Einsteina. Unifikacja tych dwóch epokowych teorii fizycznych okazała się niespodziewanie trudna i doprowadziła do powstania całego multum różnych modeli kwantowej grawitacji. Z drugiej strony, naukowcy badający podstawy teoretyczne mechaniki kwantowej zdali sobie sprawę, iż mogą istnieć inne probabilistyczne teorie, wykraczające poza mechanikę kwantową, które wciąż spełniają podstawową relatywistyczną zasadę zakazu nadświetlnego przesyłu informacji. Nie jest jednakowoż jasne, czy takie teorie mają jakikolwiek związek z fundamentalną fizyką.

W ramach projektu zostanie zbudowany pomost pomiędzy dobrze ugruntowaną fizyką relatywistyczną, a odważnymi „poza-kwantowymi” teoriami probabilistycznymi. W tym celu odpowiednie protokoły przetwarzania informacji zostaną zanurzone w strukturze relatywistycznej czasoprzestrzeni. Konceptualny szkielet dla tych badań będzie stanowić nowy, „dwu-warstwowy”, schemat teoretyczny. Uwzględni on podstawową ideę teorii probabilistycznej: Wszelkie dane doświadczalne mają postać statystyk pomiarów, warunkowanych parametrami danego eksperymentu. Ale prawdziwa dynamika badanego układu fizycznego jest modelowana przy użyciu zgoła innych struktur matematycznych, np. funkcji falowych. Statystyka pojawia się więc w trakcie przejścia z poziomu „fundamentalnego” na poziom „empiryczny”. Tutaj pojawia ekscytująca możliwość, bowiem na poziomie „fundamentalnym” nie musi istnieć struktura czasoprzestrzeni, dopóki dana teoria prowadzi do „empirycznych” statystyk, które są zgodne z teorią względności.

W projekcie zostanie zastosowana nowatorska interdyscyplinarna metodologia czerpiąca z najnowszych odkryć w matematyce, fizyce teoretycznej, a także teorii informacji. Będzie się ona opierać na ścisłym formalizmie miar probabilistycznych na czasoprzestrzeni, wzbogaconym o odpowiednie pojęcia symetrii i wewnętrznych stopni swobody. Przy użyciu takich narzędzi zbadane zostaną dwa fundamentalne problemy fizyki teoretycznej: przejście z poziomu kwantowego do klasycznego oraz fenomen parowania czarnych dziur.

Realizacja tego projektu pozwoli na opracowanie nowego spojrzenia na fundamentalne oddziaływania, co może rzucić nowe światło na niektóre z największych problemów naukowych na styku fizyki kwantowej i grawitacyjnej.