

STRESZCZENIE POPULARNONUKOWE PROJEKTU

Teoria kwantowa przewidziała takie zjawiska, jak superpozycja, kwantowe splątanie lub nielokalność, które później wykorzystano do fascynujących zastosowań: kryptografia kwantowa, teleportacja, obliczenia, metrologia lub, ostatnio, certyfikacja prawdziwej losowości. Żadnego z tych zastosowań nie można osiągnąć w klasycznym świecie. Te nowe i fascynujące możliwości przyciągnęły wiele uwagi badaczy, co doprowadziło do rozszerzenia teorii kwantowej na inne dziedziny, takie jak teoria informacji. Co najważniejsze, po badaniach teoretycznych ściśle opracowano metody eksperymentalne, tworząc platformę do eksperymentalnej weryfikacji prognoz kwantowo-teoretycznych. Na początku XXI wieku wszystkie te wysiłki zaowocowały nowymi komercyjnymi, przemysłowymi i technologicznymi zastosowaniami cech kwantowych, takimi jak schematy dystrybucji kluczy kwantowych lub generatory liczb prawdziwie losowych. Technologie te zostały opracowane przez europejskie i amerykańskie firmy takie jak *idQuantique* lub symulatory kwantowe oferowane przez *D-Wave Systems*.

Jedną z kluczowych cech mechaniki kwantowej wykorzystywanej w projektowaniu tych urządzeń jest losowość. Istnienie losowości w teorii kwantowej dowodzi, że prawa fizyki w mikroskali dramatycznie odbiegają od praw w skali makro, a jednocześnie wymykają się naszej intuicji i naszemu codziennemu postrzeganiu natury. Co więcej, jest to podstawowy zasób w kryptografii kwantowej, ale służy także do innych zastosowań, takich jak symulacje numeryczne w różnych dziedzinach badań, takich jak biologia, a nawet gry losowe. Z tych powodów losowość kwantowa była ostatnio przedmiotem intensywnych badań zarówno z jakościowego, jak i ilościowego punktu widzenia. Do tej pory losowość kwantowa była badana w różnych scenariuszach wykazujących efekty nieklasyczne. Jednak większość z nich skoncentrowała się na najprostszych układach kwantowych – kubitach, pozostawiając wielowymiarowe układy kwantowe w dużej mierze niezbadane.

Głównym celem tego projektu jest wypełnienie tej luki. Po pierwsze, przedstawimy metody certyfikacji losowości, biorąc pod uwagę dwa scenariusze: częściowo niezależne od urządzenia (semi-device-independent) i niezależne od urządzenia (device-independent). W drugim scenariuszu będziemy również dążyć do odpowiedzi na podstawowe pytanie, a mianowicie, jaka jest maksymalna ilość losowości, którą można poświadczyć ze stanów splątanych o dowolnym lokalnym wymiarze i czy algebraiczna granica $2\log_2 d$ jest rzeczywiście osiągalna. Zaskakujące jest to, że problem ten pozostaje nierozwiązany nawet w najprostszym przypadku dwóch kubitów i ma kluczowe znaczenie dla możliwości pełnego wykorzystania losowości jako zasobu. Jednakże ciekawość naukowa, oprócz praktycznych zastosowań losowości, jest równie silną motywacją do badań nad właściwościami tego zjawiska, ponieważ lepsze zrozumienie natury losowości w mechanice kwantowej da nam lepsze zrozumienie podstaw tej teorii.