

## Abstrakt

Istnieje oczekiwanie, że mechanika kwantowa przyczyni się do znaczących postępów technologicznych XXI wieku. Ma to związek z zasobami i protokołami kwantowymi przewyższającymi ich klasyczne odpowiedniki w wielu zadaniach obliczeniowych, komunikacyjnych i przetwarzania informacji, co zbiorczo określane jest jako "kwantowa przewaga". Z drugiej jednak strony, mimo upływu wieku od sformułowania mechaniki kwantowej, nie ma zgody co do struktury rzeczywistości, którą zakłada mechanika kwantowa. Model realistyczny, wyposażony w takie realistyczne sformułowania klasyczności jak lokalna przyczynowość Bella, ma na celu sformalizowanie rozumienia klasycznych opisów rzeczywistości. Rozdzwięk pomiędzy tymi sformułowaniami a wynikami doświadczalnymi pokazuje precyzyjnie, jak bardzo kwantowy opis rzeczywistości różni się od klasycznego. Rozprawa ta wiąże ze sobą te pozornie niezwiązane aspekty mechaniki kwantowej.

Co przewaga kwantowej komunikacji nad jej klasycznym odpowiednikiem ujawnia o mechanice kwantowej? Do tego zagadnienia odnosi się artykuł *pierwszy*, pokazując, że kwantowa przewaga w odniesieniu do pewnej szerokiej klasy zadań komunikacyjnych implikuje kontekstualność przygotowań stanów kwantowych.

Czy istnieje węższe sformułowanie klasyczności, którego łamanie implikuje kwantową przewagę we wszystkich zadaniach komunikacyjnych? Artykuł *drugi* wprowadza nowe realistyczne sformułowanie klasyczności, określane jako ograniczona rozróżnialność ontologiczna (ORO), ORO wymaga, aby operacyjna rozróżnialność operacji fizycznych (przygotowań, pomiarów i transformacji kwantowych) była wyjaśnialna wyłącznie przez rozróżnialność ich realistycznych odpowiedników. Operacyjne naruszenie tego sformułowania przez mechanikę kwantową oznacza, że kwantowe wielkości fizyczne są rozróżnialne bardziej w rzeczywistości niż ich klasyczne odpowiedniki. Ta naddatkowa ontologiczna rozróżnialność kwantowych operacji stanowi zasób w zadaniach komunikacyjnych. ORO bazuje na innych znanych sformułowaniach klasyczności, a ich łamanie implikuje łamanie samego ORO.

Poza samym łamaniem realistycznych sformułowań rzeczywistości - faktem o znaczeniu fundamentalnym, możliwy stopień tego łamania ogranicza kwantową przewagę. Artykuł *trzeci* formalizuje powyższe poprzez wprowadzenie *konstrukcji niezależnej od teorii* oraz *hierarchii relaksacji programowania półokreślonego* w celu charakteryzacji i ograniczenia zbioru kwantowych zachowań łamiących uogólnioną niekontekstualność. Konstrukcja ta pozwala na identyfikację wielu charakterystycznych własności zbioru zachowań kwantowych w scenariuszach kontekstualnych. Wprowadzona

hierarchia umożliwia wyprowadzenie ograniczeń na maksymalne kwantowe łamanie wielu nierówności niekontekstualnych oraz przeprowadzenie dowodu bezpieczeństwa nowatorskiego, częściowo niezależnego od technicznej implementacji protokołu dystrybucji kwantowego klucza; protokół ten wykorzystuje kontekstualność.

Artykuł *czwarty* wprowadza uogólnienie szeroko stosowanych, mających znaczenie fundamentalne i kryptograficzne zadań komunikacyjnych, zwanych *kodami swobodnego dostępu*, rozważając ich wydajności związane z użyciem zasobów klasycznych i kwantowych.