

Abstrakt popularnonaukowy

Mechanika kwantowa jest wyjątkowo nieintuicyjną teorią fizyczną. Nawet Einstein, mimo doniosłego wpływu, jaki wywarł na jej rozwój, miał trudności z pogodzeniem się z jej dziwacznymi przewidywaniami. Mimo tego, mechanika kwantowa wychodzi jak dotąd zwycięsko z wszelkich testów, jakim poddawana jest w doświadczeniach. Nie mniej znaczące jest nasze zrozumienie tego, jak jej nieintuicyjne własności mogą zostać technologicznie wykorzystane, co byłoby niemożliwe w świecie rządzonej jedynie przez prawa fizyki klasycznej. Technologie te obejmują protokoły kryptograficzne o bezpieczeństwie gwarantowanym poprawnością praw kwantowych, jak i komputery zdolne do wykonywania obliczeń, które obecnie najszybszym superkomputerom klasycznym zajęłyby czas dłuższy niż wiek wszechświata.

Nie mamy jeszcze pełnego zrozumienia tego, jak prawa klasyczne i kwantowe zaczynają się od siebie różnić. Oznacza to, że świat kwantowy obejmuje nierozpoznane jeszcze przez nas **zjawiska fundamentalnie nieklasyczne**. Świadczy to o przepastnej dziurze w naszym spojrzeniu na podstawy przyrody. W niektórych prostych, wyidealizowanych przypadkach nasze zrozumienie jest pełne, jednak w bardziej złożonych, realistycznych warunkach mechanika kwantowa wciąż stanowi zagadkę. Jednakże to właśnie w tych złożonych warunkach technologie kwantowe muszą być rozwijane! Brak zrozumienia podstawowych zjawisk nieklasycznych przekłada się zatem na niemożność odpowiedniego opisu **zasobów kwantowych** wyzyskiwanych przez kwantowe technologie. Naczelnym celem tego projektu jest zatem:

*Pogłębić nasze zrozumienie
nieklasyczności przyrody
i zasobów, jakie nam oferuje*

Naszym głównym narzędziem będzie intensywnie rozwijająca się gałąź matematyki zwana **stosowaną teorią kategorii**. Tradycyjnie, teoria kategorii postrzegana jest jako wyrefinowane abstrakcyjna dziedzina, opisująca swoim językiem wiele dyscyplin. Teoria kategorii umożliwia nam ich porównywanie i używanie narzędzi jednej dyscypliny w innej. W ostatnim czasie jest coraz częściej postrzegana jako **matematyka składania**, to jest studium fundamentalnych matematycznych sposobów tworzenia dużych skomplikowanych struktur z obiektów mniejszych i prostszych. Współcześnie teoria kategorii jest używana nawet do rozwiązywania problemów matematyki stosowanej, fizyki oraz informatyki, a więc daleko dziedzin wydawałoby się pozostających daleko poza pierwotnym, abstrakcyjnym kontekstem teorii kategorii. W rzeczy samej, w jej języku sformułowana została ostatnio nawet sama mechanika kwantowa, tworząc obszar badań zwany **kategoryczną mechaniką kwantową**. W naszych badaniach kluczowe będą wszystkie te aspekty. Z jednej strony, “kategoryczne” narzędzia pozwalające na porównywanie i kontrastowanie teorii pozwolą nam na porównywanie i kontrastowanie samej mechaniki kwantowej z fizyką klasyczną – z drugiej natomiast, narzędzia składania pozwolą nam na przeniesienie naszej wiedzy o zjawiskach nieklasycznych w prostych scenariuszach do sytuacji bardziej złożonych.

Użycie tych nowych narzędzi pozwoli nam na: (i) znaczący postęp w osiągnięciu naszego naczelnego celu, (ii) rozwój wiedzy w zakresie podstaw mechaniki kwantowej, (iii) wypracowanie narzędzi, które staną się podstawą pracy badaczy nieklasyczności natury i jej technologicznych zastosowań.

Szczególna perspektywa zapewniana przez nasze podejście pogłębi nasze zrozumienie poprzednio badanych zjawisk nieklasycznych opartych na **wyraźnej informacji**, takich jak **nielokalność Bella**. Co ważniejsze, umożliwi nam ona badania nieklasyczności **niewyraźnej informacji** w mechanice kwantowej. Stwarza to możliwości odkrycia całkowicie nowych zjawisk nieklasycznych, jak wspomaganie kwantowej przewagi w precyzyjnych pomiarach fundamentalnych wielkości fizycznych.