

Koherencja kwantowa i splątanie stanowią podstawowe cechy systemów kwantowych, które oddzielają fizykę kwantową od jej klasycznego odpowiednika. We wczesnym okresie rozwoju mechaniki kwantowej splątanie postrzegano jako frapujący fenomen, który Albert Einstein określił w słynny sposób mianem „upiornego działania na odległość”. Opisany sposób postrzegania splątania zmienił się w ostatnich dziesięcioleciach, zaś istnienie splątania potwierdziły liczne eksperymenty. Dzisiaj w splątaniu kwantowym doszukuje się źródła rozwijających się technologii kwantowych, które pozwolą ludzkości pokonać ograniczenia klasycznych urządzeń, które wykorzystują prawa fizyki klasycznej. W wyniku tego stanu rzeczy rozwinięto *zasobową teorię splątania*, która pozwala na zbadanie roli splątania w rozwoju zastosowań technologicznych, takich jak teleportacja kwantowa i kryptografia kwantowa.

Najnowsze badania wykazują, że nie wszystkie zastosowania technologii kwantowej opierają się na splątaniu, lecz wymagają także innych rodzajów nieklasyczności. Istotny przykład stanowi komputacja kwantowa, a mianowicie proces, w którym wykorzystuje się prawa mechaniki kwantowej w celu rozwiązania problemów, których nie jesteśmy w stanie rozwiązać pracując na klasycznych komputerach, np. zagadnienia rozkładu na czynniki pierwsze. Obecnie nie posiadamy pełnej wiedzy dotyczącej właściwości kwantowych odpowiedzialnych za przewagę komputerów kwantowych nad klasycznymi komputerami. Podczas gdy idealny komputer kwantowy pracujący na czystych stanach kwantowych wymaga splątania, aby ukazać wykładnicze przyspieszenie względem klasycznej komputacji, rola splątania w mieszanej komputacji kwantowej jest nieznana. Ów stan rzeczy oferuje możliwość zastosowania algorytmów kwantowych operujących na niesplątanych stanach mieszanych w wysokiej temperaturze, przy czym niektóre kategorie problemów wciąż mogą być znacznie szybciej rozwiązane za pomocą algorytmów kwantowych niż za pomocą jakiegokolwiek znanego, klasycznego algorytmu. Przedstawiony kontekst sprowadza nas do głównego pytania badawczego projektu: *Czy kwantowe przyspieszenie jest możliwe bez splątania?* Odpowiedź twierdząca na to pytanie mogłaby radykalnie zmienić nasz dzisiejszy sposób postrzegania komputacji kwantowej. Metody, które zostały opracowane w celu zmierzenia się z tym zapytaniem doprowadzą do koncepcji nowych algorytmów kwantowych i modeli komputerów kwantowych, które są odporne na szum i bezpośrednio wykorzystują mieszane stany kwantowe w wysokiej temperaturze bez kwantowej korekcji błędów, jednocześnie rozwiązując istotne problemy, których nie można z sukcesem rozwiązać za pomocą klasycznego komputera. Wstępne wyniki badań ukazują, że *koherencja kwantowa* może być bardziej odpowiednia niż splątanie w pomiarze wydajności komputerów kwantowych. Współcześnie opracowana *zasobowa teoria koherencji* będzie nam w związku z tym służyła jako punkt wyjściowy dla przedstawionych dociekań naukowych, zaś w przedstawionym projekcie zostaną wykorzystane różnorodne techniki dostępne w ramach *ogólnych teorii zasobów kwantowych*.

Celem projektu jest również zbadanie katalizy zasobów dla ogólnych teorii zasobów kwantowych i ustalenie ograniczenia prędkości dla tworzenia zasobów, tj. minimalnego czasu, który jest wymagany do stworzenia określonej ilości zasobu kwantowego, jak np. koherencji lub splątania, a także ogólnych rodzajów zasobów, wykorzystując zasadnicze właściwości teorii zasobów kwantowych. W przedstawionym projekcie zostaną zbadane lokalne zasoby, które są wymagane w komunikacji kwantowej oraz wynikają zarówno z lokalnych ograniczeń energetycznych, jak również z ograniczeń ogólnych zasobów kwantowych, które są lokalnie dostępne dla komunikujących się stron. Ponadto opracujemy metody redukujące dekoherencję poprzez umożliwienie stanowi podlegającemu dekoherencji interakcję z koherentnym stanem pomocniczym.

Oczekujemy, że zarówno metody, jaki i wyniki opracowane w ramach tego projektu znajdą zastosowanie wykraczające poza obszar teorii kwantowej. Badanie zjawisk kwantowych w biologii i medycynie inspirują obecnie wielu naukowców. Opracowane przez nas idee potencjalnie przydadzą nowych impulsów badaniom naukowym prowadzonym także przez specjalistów innych dyscyplin naukowych.