

Przed ponad stu laty narodziła się teoria fizyczna, będąca opisem zachowania układów fizycznych w skali mikro. Odbiega ona w znacznym stopniu od tego, do czego przyzwyczajeni jesteśmy na podstawie obserwacji otaczającego nas świata w skali makro i co podpowiadają nam intuicje. Nie zmienia to faktu, że sukces teorii kwantowej był niezaprzeczalny, zarówno ze względu na umożliwienie opisu wielu zjawisk fizycznych, jak również umożliwienie zastosowań, z efektów których korzystamy każdego dnia.

Jednym z najbardziej fascynujących zjawisk występujących w fizyce kwantowej jest tak zwane kwantowe splątanie. Jest to zjawisko polegające na występowaniu między układami nieklasycznych korelacji. Pomysł, aby je wykorzystywać do przechowywania, przesyłu i przetwarzania informacji zrodził nową dziedzinę nauki zwaną kwantową teorią informacji, która łączy w sobie fizykę, matematykę oraz teorię informacji. Samo zjawisko kwantowego splątania znalazło zastosowanie w takich zagadnieniach jak kwantowa kryptografia, kwantowa informatyka czy teleportacja kwantowa, której poświęcony jest ten projekt.

W protokole teleportacji kwantowej zaproponowanym w 1993 roku, dwie strony, zwyczajowo nazywane Alicją i Bobem chcą przesłać między sobą nieznaną stan kwantowy, bez fizycznego przenoszenia go. Wykorzystują do tego dzielone splątanie (tak zwany stan maksymalnie splątany), odpowiedni pomiar po stronie Alicji, klasyczną komunikację oraz odpowiednią procedurę korekcyjną po stronie Boba. Teleportacja kwantowa znalazła szereg potencjalnych zastosowań, na przykład w informatyce kwantowej.

Konieczność wykonania ostatniego kroku (korekcji po stronie Boba) jest jednak istotnym czynnikiem ograniczającym zastosowania tak zaproponowanego protokołu. W 2008 zaproponowano protokół, który pozbywa się tego wymogu, tak zwaną Port Based Teleportation (PBT). Wykorzystuje ona  $N$  dzielonych par splątanych, zwanych portami, pomiar łączny po stronie Alicji na cząstce, którą chce teleportować oraz jej częściach portów oraz klasycznej komunikacji. Kiedy Alicja wykona pomiar, komunikuje klasycznie jego wynik Bobowi, który na jego podstawie wie, w którym z jego portów pojawił się teleportowany stan.

Brak korekcji w ostatnim kroku sprawia, że możemy używać PBT na przykład jako tzw. uniwersalnego procesora kwantowego, wykonującego dowolną operację na zadanym wejściowym stanie. Wprowadzenie PBT pozwoliło też na zaproponowanie nowego rodzaju ataków kryptograficznych, wprowadzenie ograniczenie na możliwości rozróżnienia kanałów kwantowych czy uniwersalną symulację kanałów kwantowych.

Jednak ze względu na tak zwane twierdzenie o zakazie programowania, aby teleportacja stanu była idealna, musielibyśmy dysponować nieskończenie dużym zasobem. Ponieważ w praktyce zawsze dysponujemy ograniczonym zasobem, ważne żebyśmy go wykorzystywali w sposób efektywny. Temu mają służyć dwa zadania badawcze zaproponowane we wniosku.

Pierwszym z nich jest zbadanie **recyclingu splątania**. Jest to procedura polegająca na wielokrotnym wykorzystaniu zasobu do kolejnych iteracji protokołu PBT. Do niedawna była uważana ona za efektywną, ale w świetle ostatnich wyników jest to otwarty problem. Jeśli ta metoda okazałaby się prawidłowa, umożliwiłaby ona bardziej oszczędne oraz uniwersalne wykorzystanie protokołu PBT.

Drugie zadanie dotyczy procedury przygotowawczej wykonywanej po stronie Alicji przed teleportacją, wpływającej na poprawę jej jakości. Wynik otrzymany do tej pory ma wyłącznie formalny charakter, którego fizyczne znaczenie jest niejasne. Celem zadania będzie nałożenie dodatkowych więzów wymuszających fizyczną realizowalność takiej operacji i zbadanie, jak wpływają one na jej postać. Jej otrzymanie pozwoli ponownie na bardziej efektywne wykorzystanie skończonego zasobu.

Podsumowując, zadania zaproponowane we wniosku mogą być istotnym krokiem w kierunku praktycznej przydatności protokołów PBT, których dotychczasowe zastosowanie było natury bardziej koncepcyjnej.