

Streszczenie

Zrozumienie zarówno praktycznych, jak i fundamentalnych ograniczeń dotyczących powstania oraz obserwacji ściśle kwantowych efektów stanowi jedno z kluczowych zagadnień współczesnej fizyki oraz rozwijających się technologii kwantowych. Korelacje pomiędzy wynikami pomiarów wykonywanych na poszczególnych układach kwantowych mogą ujawniać obecność tych efektów i umożliwiać charakteryzację ich właściwości. Liczne badania prowadzone od drugiej połowy dwudziestego wieku dostarczyły wielu rezultatów dotyczących wykrywania splątania kwantowego oraz możliwości łamania nierówności Bella. Wraz z rozwojem technologii kwantowych i ugruntowaniem kwantowej teorii informacji badania te zaczęły koncentrować się między innymi na fizycznych ograniczeniach związanych z generowaniem i obserwacją korelacji kwantowych.

Niniejsza rozprawa poświęcona jest analizie tych zagadnień z kilku perspektyw. Pierwsza z nich dotyczy ograniczeń wynikających ze skończonej liczby kopii stanu dostępnych w eksperymencie. Problem ten jest szczególnie istotny w przypadku stanów wielofotonowych generowanych za pomocą spontanicznej parametrycznej konwersji, gdzie niskie prawdopodobieństwa koincydencji uniemożliwiają uzyskanie dużej statystyki pomiarowej w krótkim czasie. Zbliżony charakter ma problem łamania nierówności Bella z uwzględnieniem wszystkich możliwych wyników pomiarów, w tym przypadków, gdy nie zarejestrowano żadnego sygnału. Połączenie tego podejścia z ograniczeniami wynikającymi z braku kalibracji odseparowanych układów odniesienia pozwala na analizę bardziej przyjaznych eksperymentalnie scenariuszy łamania nierówności Bella opartych na losowych pomiarach. Pojęcie układu odniesienia w mechanice kwantowej można rozszerzyć poprzez utożsamienie go z wybraną cząstką kwantową, tworząc tzw. kwantowy układ odniesienia. Ze względu na możliwość jego skorelowania z innymi cząstkami wchodzącymi w skład badanego układu, istotnym problemem staje się analiza zmiany splątania i superpozycji przy transformacjach pomiędzy takimi układami odniesienia. Kolejnym zagadnieniem badanym w pracy jest możliwość obserwacji łamania nierówności Bella na kilku przekrywających się podukładach jednocześnie. Podczas gdy zjawisko to jest niemożliwe dla układów trzech cząstek z dwoma ustawieniami pomiarowymi na obserwatora, w przypadku układów wielocząstkowych staje się ono możliwe. Wszystkie wymienione scenariusze dotyczą ograniczeń na obserwację ściśle kwantowych korelacji. Należy jednak pamiętać, że zanim możliwa stanie się ich analiza, konieczne jest wygenerowanie odpowiedniego stanu kwantowego. Interesującym zagadnieniem, omawianym w tej rozprawie, jest szybkość generowania silnie splątanych stanów kwantowych przy oddziaływaniach o strukturze dwuciałowej. Naturalnym rozszerzeniem tego problemu jest analiza możliwości detekcji oddziaływań wyższego rzędu, które mogą przyspieszyć ten proces. Każde z opisanych zagadnień stanowi odrębny wkład do niniejszej rozprawy składającej się cyklu sześciu publikacji.