

Streszczenie

Mechanika kwantowa wprowadziła do świata nauki nowe pojęcia takie, jak kwantowa superpozycja, czy splatanie, które w fizyce klasycznej nie mają swoich odpowiedników. Badanie tych zjawisk ma fundamentalne znaczenie dla zrozumienia kwantowej natury świata. Ich wykorzystanie umożliwia natomiast realizację niewykonywalnych wcześniej protokołów, na przykład kwantowej teleportacji, czy „pomiaru bez oddziaływania”. Wykorzystanie zjawiska splatania i nieklasycznych korelacji stanów kwantowych pozwala także na zaprojektowanie protokołów bezpiecznego przesyłania informacji – kwantowej kryptografii i komunikacji. Istotnym wydaje się zatem, aby dysponować odpowiednimi narzędziami – metodami do wykrywania nieklasycznych własności stanów kwantowych, które gwarantują skuteczność wszystkich wyżej wspomnianych zadań.

I właśnie taki jest zasadniczy cel niniejszej rozprawy – badanie, rozwijanie i wprowadzanie nowych kryteriów służących do wykrywania splatania lub braku klasycznego opisu korelacji stanów kwantowych.

We wstępie przedstawiono rys historyczny badań na temat wybranych elementów teorii informacji kwantowej oraz omówiono podstawowy formalizm. Kolejne cztery rozdziały, które stanowią zasadniczą część rozprawy, oparte są o wyniki przedstawione w pracach:

[A] K. Kostrzewa, W. Laskowski, T. Vertesi, „Closing the detection loophole in multipartite Bell experiments with a limited number of efficient detectors”, *Phys. Rev. A* 98, 012138 (2018) [praca znalazła się na liście artykułów polecanych przez edytora czasopisma];

[B] M. Markiewicz, K. Kostrzewa, A. Kołodziejski, P. Kurzyński, W. Laskowski, „Investigating nonclassicality of many qutrits by symmetric twoqubit operators”, *Phys. Rev. A* 94, 032119 (2016);

[C] K. Rosołek, K. Kostrzewa, A. Dutta, W. Laskowski, M. Wieśniak, M. Żukowski, „Clearer visibility Hong-Ou-Mandel effect with correlation function based on rates rather than intensities”, *Phys. Rev. A* 95, 042119 (2017);

[D] W. Laskowski, M. Markiewicz, D. Rosseau, T. Byrnes, K. Kostrzewa, A. Kołodziejski, „Correlation-based entanglement criterion in bipartite multiboson systems”, *Phys. Rev. A* 92, 022339 (2015).

W rozdziale drugim wprowadzono nową rodzinę nierówności Bella dla układu N cząstek, przy założeniu, że dostępnych jest jedynie k ($k < N$) efektywnych detektorów. Przedyskutowane są także warunki konieczne do złamania takich nierówności oraz wpływ niskiej efektywności części detektorów na czas trwania eksperymentu. Na końcu rozpatrywany jest scenariusz, w którym pewna liczba (nieznanych) detektorów jest całkowicie niesprawna.

Trzeci rozdział rozprawy poświęcono badaniu nieklasycznych własności kubitów (układów trójpoziomowych). Nowa metoda ich opisu polega na wykorzystaniu izomorficzności przestrzeni Hilberta pojedynczego kubitów i przestrzeni dwóch kubitów w stanie symetrycznym. Transformacja taka znacznie ułatwia matematyczny opis problemu. Metoda wykorzystana zostanie do badania nieklasycznych własności stanów kubitów i występującego w nich splatania.

W czwartym rozdziale przedstawiono nowa wersje eksperymentu Hong – Ou – Mandela (HOM). Klasyczny opis eksperymentu wymusza ograniczenie na maksymalny kontrast interferometryczny (widzialność), jaki można w nim uzyskać. Pozwala to traktować widzialność eksperymentu jako miarę nieklasyczności zjawisk, które w nim zachodzą. W rozprawie zaproponowano nowy kwantowy opis eksperymentu oparty o nowa definicje funkcji korelacji wyników pomiarowych. Nowa metodę wykorzystano do opisu eksperymentu HOM dla wielofotonowego stanu powstającego w procesie parametrycznego podziału częstości. Opis ten prowadzi do widzialności większej niż ograniczenie klasyczne. Co więcej, widzialność uzyskana w nowym podejściu zawsze przekracza wartości uzyskane dla tradycyjnych metod.

W ostatnim rozdziale wprowadzono kryterium splatania dla układów wielu bozonów. Warunek oparty jest o geometryczne kryterium w formalizmie tensora korelacji. Odpowiednie przedstawienie stanu wielu bozonów pozwala traktować cały podukład jak pojedynczy kudit (układ d-poziomowy). Jak wykazują przykłady, nowe kryterium jest silniejsze od jego spinowych odpowiedników.

Rozprawa zakończona jest podsumowaniem, w którym zebrano wszystkie najważniejsze wyniki.