

Układy kwantowe wykazują nieklasyczne korelacje wykraczające poza możliwości fizyki klasycznej, co czyni te korelacje przedmiotem intensywnych badań w teorii informacji kwantowej. Niniejsza praca dotyczy pozornie prostego, ale głębokiego pytania: *co możemy wynieść z badań na temat podstawowej fizyki, obserwując nieklasyczne korelacje?* a w szczególności w jaki sposób możemy scharakteryzować korelacje nieklasyczne i powiadzić nieklasyczność danego urządzenia? Dokładna charakterystyka i certyfikacja systemów kwantowych jest konieczna do fundamentalnego i praktycznego rozwoju kwantowej teorii informacji. W niniejszej pracy opracowujemy nowatorskie modele teoretyczne do charakteryzacji korelacji nieklasycznych oraz certyfikacji wybranych układów kwantowych. Pomimo ich precyzyjnego opisu teoretycznego, ich implementacja w układach eksperymentalnych często wymaga rozważenia dodatkowych czynników. W dowodzeniach musimy zmagać się z szumem i innymi niedoskonałymi urządzeniami, które mogą utrudniać lub uniemożliwiać certyfikację kwantowości scenariuszy. W związku z tym niniejsza rozprawa dotyczy także m.in. pytania istotnego dla eksperymentu: *w jaki sposób możemy skutecznie certyfikować scenariusze kwantowe pomimo obecności niedoskonałości i szumów?*

Pierwsze dwa artykuły wywodzą się z nowatorskich analitycznych stwierdzeń samotestujących, które stanowią najdokładniejszą certyfikację systemów kwantowych według podstaw maksymalnego amania nierówności Bella. Pierwszy artykuł dotyczy samotestowania wielocząstkowych scenariuszy Bellowskich, dotychczas mało zbadanych. Przedstawiamy nowatorską technikę samotestowania, która jest bardzo prosta, a jednocześnie ogólna, ponieważ można ją zastosować do zasadniczo dwóch klas rodzin nierówności wielocząstkowych. Drugi artykuł dotyczy praktycznego wyzwania, jakim jest znalezienie optymalnej strategii, która prowadzi do maksymalnego amania pewnej nierówności Bella w obecności niedoskonałości pomiarowych. Pokazujemy, że optymalne strategie prowadzą do maksymalnego amania przechylonej nierówności Bella (tilted, z czynnikiem prawdopodobieństw brzegowych). Wyprowadzamy dowód samotestowania dla przechylonej nierówności Clausera-Horne'a-Shimony'ego-Holtza (CHSH), pokazując, że optymalne strategie są unikalne. Poza tymi dowodami, artykuły pokazują kilka kluczowych cech korelacji kwantowych w rozważanym scenariuszu Bella. W szczególności wyniki w obu artykułach podkreślają niepraktyczność tradycyjnych metod dowodzenia samotestowania, takich jak rozkład operatora Bella na sumę kwadratów (SOS), czy hierarchia Navascués-Pironio-Acín (NPA). Obydwa artykuły odwołują się do lematu Jordana jako kluczowego elementu dowodu. W trzecim artykule zbadano związek pomiędzy korelacjami nieklasycznymi i oddziaływaniem przez pośrednika.

Wprowadzamy warunki wykorzystujące wyłącznie korelacje pomiędzy posprzonymi systemami, z wyczerpaniem konieczności pomiaru układu mediatora, na nieprzemienno i nierozkadalnie oddziaływa z pośrednikiem. Omawiamy także implikacje tego formalizmu, w tym ograniczenia dotyczące możliwości teorii grawitacji kwantowych oraz symulatorów kwantowych.