

Praga 9.06.2022

Dr hab. Katarzyna Roszak
Katedra Fizyki Teoretycznej
Politechnika Wrocławska
Wyb. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej
doktora Marcina Marka Markiewicza**

Dr Marcin Markiewicz przedstawił do recenzji osiągnięcie naukowe pod tytułem „Przejawy nieklasyczości w układach kwantowomechanicznych i kwantowoptycznych” na które składa się cykl dziewięciu powiązanych tematycznie artykułów opublikowanych w latach 2015-2021. Wszystkie artykuły zostały opublikowane w recenzowanych międzynarodowych czasopismach. Impact factor publikacji mieści się pomiędzy 2,777 a 8,385 (dwie publikacje mają 200 punktów według nowej punktacji MNiSW, dwie 140, i dwie 100, pozostałe publikacje były klasyfikowane według starej punktacji i jedna z nich ma 40 punktów, a pozostałe dwie 35) co świadczy o wysokiej randze czasopism. Publikacje uwzględnione w cyklu charakteryzują się raczej dużą liczbą autorów jak na prace czysto teoretyczne: tylko jedna praca jest dwuautorska, trzy prace posiadają czterech autorów, jedna jest pięcioautorska, i cztery mają sześciu autorów. W trzech z prac składających się na osiągnięcie naukowe dr Markiewicz jest pierwszym autorem, a w jednej jest ostatnim autorem. W pozostałych pięciu pracach habilitant jest jednym ze środkowych autorów. Na podstawie oświadczeń współautorów oraz deklarowanego wkładu habilitanta w każdą z prac można stwierdzić, że udział doktora Markiewicza w tych pracach był wystarczająco znaczący, żeby zaliczyć część wyników badań do jego osobistego dorobku naukowego.

Artykuły stanowiące osiągnięcie naukowe wnoszą znaczący wkład w zrozumienie nieklasyczości w mechanice kwantowej, skupiając się na czterech jej aspektach, mianowicie: splątania, nierozróżnialności, nieklasyczości Bella, oraz kontekstualności.

Praca [H7] zatytułowana „Unified approach to geometric and positive-map-based nonlinear entanglement identifiers” zawiera badania nad realcją pomiędzy dwoma różnymi kryteriami służącymi do klasyfikacji stanów dwucząstkowych jako splątane bądź nie (tzw. świadkami splątania). Pierwsze kryterium to oryginalne kryterium zaproponowane w pracy [E31], z którego pochodzi kryterium PPT. Drugie kryterium jest późniejsze [E6], posiada interpretację geometryczną, oraz jest mierzalne eksperymentalnie w tym sensie, że wyonanie tomografii kwantowej na badanym układzie dwucząstkowym (lub ekwiwalentu: w pracy macierz gęstości stanu jest zapisywana przy pomocy tensora korelacji, ale znalezienie tensora korelacji eksperymentalnie wymaga znajomości całej macierzy gęstości) pozwoliłoby na jego sprawdzenie (sprawdzenie to wymaga minimalizacji). W pracy [H7] autorzy znajdują uogólnioną wersję drugiego kryterium, a następnie znajdują jednostronną relację pomiędzy tym warunkiem splątania a oryginalnym świadkiem splątania z pracy [E31], która precyzuje jaka jest relacja pomiędzy zbiorami stanów splątanych wykrywanych przez poszczególne kryteria.

W pracy [H5] zatytułowanej „Correlation-based entanglement criterion in bipartite multiboson systems” kontynuowane są badania nad metodami wykrywania splątania. W pracy badane są stany czyste układu posiadającego dwa stopnie swobody i badane są korelacje pomiędzy tymi dwoma rozróżnialnymi aspektami. Autorzy klasyfikują stany jako splątane bądź separowalne przy pomocy zaproponowanego przez siebie indykatora splątania, przedstawiając jego ewolucję dla trzech przykładów. Jakkolwiek wyniki są interesujące, należy zauważyć, że indykator powinien działać również dla stanów mieszanych, dla których uzyskanie informacji o splątaniu w układzie jest dużo trudniejsze. Ponieważ badane były stany czyste, należałoby zapytać, dlaczego nie policzono po prostu entropii splątania, która kwantyfikuje również korelacje takie jak były badane w artykule.

W pracy [H8] pod tytułem „” zbadano dlaczego maksymalna nieklasyczność Bella i maksymalne splątanie stanu dwóch układów trypoziomowych (kutritów) są wykazywane dla różnych stanów. W tym celu przeprowadzono analizę operatora Bella dla nierówności CGLMP. Autorzy przekształcili (dowolny) stan dwukutritowy w taki sposób, że można go było zapisać jako stan czterech kubitów i analogicznie przekształcili operatory Bella. Dzięki temu możliwe było rozłożyć operatory Bella na operatory Bella odpowiadające innym nierównościom. Operatory te odpowiadają dwukubitowym nierównościom CHSH dla różnych par kubitów oraz nierówności Mermina. To pozwoliło na szczegółową analizę jak musi wyglądać stan maksymalnie łamiący nierówność CGLMP i dlaczego, oraz jak on wygląda w relacji do stanu maksymalnie splątanego dwóch kubitów.

W pracy [H9] zatytułowanej „Probing the quantum-classical boundary with compression software” standardowy opis nieklasyczności Bella oparty na rozumowaniu probabilistycznym jest przekształcony w opis algorytmiczny, gdzie ważnym parametrem jest unormowany dystans informacyjny. Autorzy skonstruowali algorytmiczny test nieklasyczności i przetestowali go (teoretycznie) na maksymalnie splątanym stanie dwóch spolaryzowanych fotonów.

Kolejne dwie prace dotyczą nieklasyczności związanej z nierozróżnialnością cząstek. W pracy [H4] pod tytułem „Generalized probabilistic description of noninteracting identical particles” autorzy wprowadzili uogólniony opis probabilistyczny wielofotonowej interferometrii. Polegało to na zdefiniowaniu abstrakcyjnych stanów, transformacji, oraz pomiarów przy pomocy relacji kwazi-probabilistycznych. Model ten pozwala częściowo kwantowe własności grupowania się fotonów, ale wymaga wprowadzenia dodatkowego ograniczenia już w przypadku trzech modów. Interesującym pytaniem odnośnie tej pracy jest tak bardzo będzie się komplikować sytuacja (ile dodatkowych warunków) będzie potrzebnych przy rosnącej liczbie modów.

W pracy [H2] zatytułowanej „Entangling three qubits without ever touching” zaprezentowano interferometryczny schemat generowania wielocząstkowych stanów splątanych. Schemat oparty jest na N-modowym interferometrze, w którym mody podzielone są na podukłady. Pierwszym krokiem jest przygotowanie jednofotonowych stanów wejściowych dla każdego podukładu, następnie mody są odpowiednio permutowane, po czym zastosowanie lokalnych transformacji unitarnych i postselekcji pozwala uzyskać stan splątany. Wygenerowanie stanu W trzech kubitów przy zastosowaniu tego schematu wymaga jednego stanu pomocniczego.

Ostatnie dwie prace w cyklu dotyczą nieklasyczości pojedynczego fotonu. W pracy [H6] pod tytułem „From contextuality of a single photon to realism of an electromagnetic wave” zbadana została relacja pomiędzy kontekstualnością fotonu a klasyczością fali elektromagnetycznej. W pracy pokazano, że wcześniejsze wyniki pokazujące, że klasyczne fale elektromagnetyczne mogą wykazywać kontekstualność są błędne ponieważ klasyczne fale nie mogą odtworzyć struktury pojedynczych zliczeń detektorów niezbędnych przy opisie niewielkiej liczby fotonów.

Ostatnia praca z cyklu, [H3], poświęcona jest nieklasyczości Bella stanów pojedynczego fotonu będącego w superpozycji dwóch modów przestrzennych. Tytuł pracy to „Can single photon excitation of two spatially separated modes lead to a violation of Bell inequality via weak-field homodyne measurements?”. Autorzy pokazali, że nierówność Bella dla schematu TWC (Tan, Walls, Collett) jest zawsze spełniona. Wykazanie nieklasyczości Bella wymagało zmodyfikowania schematu TWC poprzez wprowadzenie dowolności współczynników transmisji dzielników wiązki oraz wykorzystaniu lokalnych oscylatorów ze zmienną amplitudą.

Podsumowując analizę autoreferatu habilitanta, publikacje wskazane jako dzieło są ciekawe z naukowego punktu widzenia, jako że wnoszą istotny wkład w zrozumienie nieklasycznych własności światła. Mimo pewnej różnorodności pozwalającej na analizę i zgłębienie wielu własności nieklasycznych zachowań, stanowią niewątpliwie spójny cykl prac.

Dr Marcin Markiewicz ma w swoim dorobku 32 recenzowane prace opublikowane w większości w dobrych zagranicznych czasopismach, w tym 20 po uzyskaniu stopnia. Według Web of Science dr Markiewicz ma na dzień dzisiejszy 403 cytowania i H-indeks 10, natomiast według Google Scholar, 652 cytowania i H-indeks 14. Duża różnica pomiędzy tymi dwoma bazami świadczy o rozwojowej naturze badań habilitanta i należy się spodziewać znaczącego przyrostu cytowań w najbliższych latach.

Dr Markiewicz mógłby się wykazać większą aktywnością w prezentowaniu swoich wyników na konferencjach. Po uzyskaniu stopnia doktora miał aż dwa zaproszone wykłady, ale tylko dwa razy prezentował swoje wyniki na innych konferencjach. Wykazuje się większą aktywnością w prezentowaniu wyników swoich badań podczas prezentacji na uczelniach i w instytutach badawczych.

Habilitant był kierownikiem jednego projektu i wykonawcą w czterech projektach po uzyskaniu stopnia doktora, co jest rozsądnie dużą liczbą biorąc pod uwagę, że pomiędzy obroną doktoratu a złożeniem wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego minęło siedem lat. Przez ten czas dr Markiewicz pracował w czterech instytucjach naukowych na terenie Polski. Po uzyskaniu stopnia doktora (uzyskanego w ramach międzynarodowych studiów doktoranckich, podczas których habilitant odbył cztery staże zagraniczne w wiodących jednostkach w Europie i poza nią) dr Markiewicz nie odbył żadnych staży zagranicznych. Mimo to brał on w tym czasie udział w dwóch programach europejskich.

Dr Markiewicz wykazuje się niewielką aktywnością recenzencką (siedem recenzji podczas siedmiu lat po uzyskaniu stopnia doktora), ale recenzuje przeważnie w dobrych czasopismach. Aktywność dydaktyczna i popularyzatorska habilitanta jest również niewielka, co jest związane z tym, że był on zatrudniony przeważnie jako pracownik naukowy a nie naukowo-dydaktyczny.

Podsumowując, uważam prace wskazane przez doktora Markiewicza jako cykl publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe za znaczące dla nauki i oceniam je, jak również dorobek naukowy, organizacyjny, oraz dydaktyczny, pozytywnie. Cykl publikacji jest spójny i zgodny z zaproponowanym tytułem. Działania habilitanta, a szczególnie jego działalność naukową, oceniam jako znaczące. Wielkości parametryczne takie jak liczba publikacji, liczba cytowań, i indeks Hirsha są wystarczające do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

Uważam, że przedstawiony do recenzji materiał potwierdza spełnienie ustawowych warunków stawianych kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1668) i dorobek naukowy kandydata uzasadnia nadanie mu tego stopnia. Wobec tego stawiam wniosek o dopuszczenie doktora Marcina Markiewicza do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania mu stopnia doktora habilitowanego.

Ł. Roszak