

Wydział Fizyki

Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr. Marcina Markiewicza

Characterization and detection of multipartite entanglement

Przedstawiona do recenzji rozprawa mgr. Marcina Markiewicza została przygotowana pod kierunkiem prof. dr hab. Marka Żukowskiego. Rolę promotorem pomocniczego pełnił dr hab. Wiesław Laskowski. Rozprawa ma formę zbioru sześciu artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych w języku angielskim. Opatrzona jest streszczeniami w języku polskim i angielskim. Dokumentacja zawiera oświadczenia współautorów artykułów określające ich indywidualny wkład. Artykuły składające się na rozprawę zostały opublikowane w czasopismach o bardzo wysokiej randze naukowej - jeden artykuł w Physical Review Letters, cztery w Physical Review A i jeden artykuł w Springer Lecture Notes in Computer Science. Celem rozprawy jest cytując jej autora "badanie struktury wielocząstkowego splątania, poszukiwanie kryteriów jego efektywnej detekcji oraz jego roli w praktycznych zastosowaniach".

Wyniki dotyczące dwóch pierwszych celów zostały zamieszczone w czterech pierwszych artykułach (A-D), zaś wyniki dotyczące trzeciego celu w pozostałych dwóch (E-F). Program naukowy, którego celem jest zrozumienie wielocząstkowych kwantowych korelacji jest programem ambitnym. Tematyka jest aktualna i ważna. Prace A-D wykorzystują i rozwijają ideę, przedstawioną w pracy Marka Żukowskiego i współpracowników (Phys. Rev. Lett. 100 (2008) 140403), wykorzystania geometrycznych własności tensora korelacji do charakteryzowania wielocząstkowych korelacji. W pracy A scharakteryzowano częściową separowalność używając nieliniowych funkcji tensora korelacji, a zatem w oparciu o wielkości bezpośrednio mierzalne. Sformułowano konieczne i dostateczne warunki wielocząstkowego splątania. Wykazano na przykładach użyteczność zaproponowanych kryteriów, w szczególności wykazano użyteczność uogólnienia iloczynu skalarnego (w przestrzeni tensorów korelacji) za pomocą metryki G. Odpowiednie zdefiniowanie metryki G pozwala, jak to wykazano w pracy D, na skonstruowanie świadków splątania w formie sumy nieujemnych funkcji elementów tensora korelacji. Pozwala to istotnie ograniczyć ilość pomiarów koniecznych do wykrycia splątania. Skuteczność proponowanej metody została przeanalizowana na przykładzie kilku klas stanów dwu- i trójcząstkowych. W pracy B przedstawiono schemat detekcji wielocząstkowego splątania wykorzystujący jedynie dwucząstkowe elementy tensora korelacji. W pracy D wykazano istnienie stanów kwantowych niezgodnych z klasycznym modelem (lokalne zmienne ukryte), a jednak

dopuszczających klasyczne modele dla korelacji w scenariuszu Bella. W tym celu wykorzystano stan będący mieszkanką pięciokubitowych stanów Dicke'a.

Prace E i F odnoszą się do trzeciego celu jaki postawił przed sobą kandydat do stopnia doktora. Praca E wnosi istotny element do zrozumienia wpływu szumu na skalowanie precyzji pomiarów kwantowych wraz z liczbą użytych cząstek. Ostatnie badania opublikowane w pracy w Nature Communications (Nat. Commun. 3 (2012) 1063) pokazały, że kwadratowa poprawa precyzji możliwa w przypadku skorzystania z wielocząstkowych stanów splątanych jest niezwykle wrażliwa na szum. Na marginesie, nazwisko jednego z autorów wspomnianej pracy brzmi Demkowicz-Dobrzański, a nie Demkowicz-Dobrzański i jest on pierwszym, a nie drugim jej autorem jak to sugeruje spis literatury dołączony do streszczenia. W pracy E pokazano, że ponadklasyczne skalowanie jest możliwe do utrzymania nawet w przypadku szumu pod warunkiem, że jest on ortogonalny w stosunku do ewolucji "pomiarowej" układu. W pracy F zaproponowano kilka kwantowych uogólnień modeli synchronicznych obliczeń rozproszonych i pokazano wzajemne relacje między uzyskanymi w ten sposób klasami modeli.

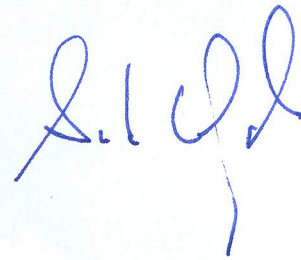
Wszystkie omówiony wyżej skrótowo wyniki stanowią oryginalne rozwiązanie ciekawych, aktualnych i istotnych problemów naukowych mechaniki czy informatyki kwantowej. Opinię recenzenta wspiera w tym przypadku opinia recenzentów i decyzja edytorów czasopism, w których wyniki te zostały opublikowane. Osiągnięte rezultaty przekonująco świadczą o ogólnej wiedzy teoretycznej kandydata w zakresie fizyki.

Aby ocenić, czy rozprawa wskazuje na umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych przez kandydata należy przeanalizować oświadczenia współautorów przedstawionych prac. Potwierdzają one, że Marcin Markiewicz dowodził twierdzeń, opracowywał przykłady, wykonywał analityczne i numeryczne obliczenia, interpretował wyniki oraz opracowywał manuskrypty publikacji. Ocena procentowa wkładu kandydata w powstanie publikacji (cokolwiek ona oznacza i jakkolwiek jest obliczana) przedstawia się następująco: w pracy A 30 %, w pracy B 35 %, w pracy C 25 %, w pracy D 20 %, w pracy E 20 % i w pracy F 33 %. Fakt, że kandydat brał udział we wszystkich istotnych etapach składających się na działalność naukową dowodzi w opinii recenzenta jego umiejętności samodzielnego prowadzenia badań.

Oceniając kandydata należy zwrócić także uwagę na jego dorobek naukowy nie wchodzący w skład rozprawy. Obejmuje on dodatkowe cztery publikacje (w tym trzy publikacje w Physical Review A) oraz 7 artykułów przygotowanych do publikacji. A zatem sumaryczny dorobek Marcina Markiewicza znacząco przekracza średni dorobek kandydatów do stopnia doktora.

Ostatnia kwestia jaka chciałbym poruszyć w recenzji odnosi się do ustawowego wymogu spójności tematycznej zbioru artykułów tworzącego rozprawę doktorską. Nie mam wątpliwości co do spójności tematycznej prac A-D. Te cztery prace dotyczą charakterystyk wielocząstkowych korelacji i metod ich detekcji i odpowiadają w pełni tytułowi rozprawy. Jednak prace E i F odbiegają od tamtych tematycznie. Dotyczą oczywiście wielocząstkowego splątania, ale go nie analizują, lecz przedstawiają przykłady zastosowań. W mojej subiektywnej ocenie można było przedstawić jako rozprawę doktorską spójną serię prac A-D, tym bardziej, że zawarte w niej wyniki są w pełni wystarczające dla potrzeb przewodu doktorskiego. Trzeba dodać, że powyższe uwagi formalne nie obniżają mojej wysokiej oceny wyników naukowych zawartych w pracach E i F.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa *Characterization and detection of multipartite entanglement* mgr. Marcina Markiewicza spełnia w pełni wymagania stawiane rozprawom doktorski. Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie kandydata do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters, likely representing the name of the reviewer or the official responsible for the decision.