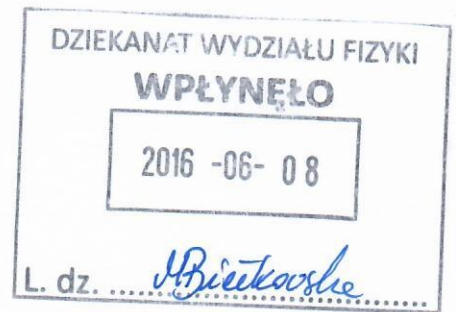




prof. dr hab. Adam Miranowicz
Wydział Fizyki
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań

Poznań, 26 maja 2016

**Recenzja pracy doktorskiej Pana mgr. Marcina Jarzyny
pt. „Phase Coherence in Quantum Metrology and Communication”**

Rozprawa doktorska mgr. Marcina Jarzyny pt. „Phase Coherence in Quantum Metrology and Communication” została przygotowana pod kierunkiem dr. hab. Rafała Demkowicza-Dobrzańskiego na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

W dysertacji Kandydat przedstawił szereg ciekawych i wartościowych wyników, które zostały opublikowane w pięciu artykułach w renomowanych czasopismach (tj. *Physical Review Letters*, *Physical Review A*, *New Journal of Physics* i *Optics Express*) oraz w preprincie umieszczonym w elektronicznym archiwum arXiv.org. Warto podkreślić, że w dorobku Autora są jeszcze trzy inne artykuły opublikowane w *Physical Review A*, *Journal of Physics A* i *Progress in Optics*. Tę ostatnią pracę, liczącą 91 stron, Kandydat napisał z Promotorem i dr. Janem Kołodzyńskim nt. „Quantum limits in Optical Interferometry”. Choć ta przeglądowa praca została opublikowana rok temu, to już ma co najmniej 30 cytowań. Wspomnę również, choć nie jest to wymagane przy ocenie dysertacji doktorskich, że wszystkie prace Kandydata mają obecnie ok. 100 cytowań (wg Google Scholar), co jest wynikiem bardzo dobrym. Z tych informacji wynika, że prace Kandydata były wielokrotnie recenzowane i cytowane, co może świadczyć (do pewnego stopnia) o ich poprawności formalnej i wartościach merytorycznych.

Rozprawa doktorska liczy 148 stron i została podzielona na sześć rozdziałów i sześć aneksów. Ponadto zawiera dziewięciostronicową bibliografię.

Wymienię teraz główne wyniki dysertacji poczynawszy od tych, które w moim odczuciu są najważniejsze i najciekawsze, a nie w kolejności rozdziałów.

(1) Moim zdaniem najcenniejszym wynikiem dysertacji jest podanie związku między podejściami bayesowskim i lokalnym w kwantowej teorii estymacji. Wyniki te Autor przedstawił w rozdziale 3.6 i opublikował ze swoim Promotorem w artykule [3] pt. „True precision limits in quantum metrology” w *New Journal of Physics*.

(2) Również bardzo wysoko oceniam wyniki przedstawione w rozdziale 5.4, które dotyczą ogólnych związków między metrologią kwantową i komunikacją klasyczną. Dzięki tym relacjom, Kandydat mógł podać ilościowy opis superaddytywności przysyłania kanałami kwantowymi informacji klasycznej zapisanej w zmiennych ciągłych. Wyniki te, uzyskane we współpracy z Promotorem i magistrantem Janem Czajkowskim, zostały też przedstawione w artykule [6] pt. „Superadditivity in communication of classical information through quantum channels from a quantum parameter estimation perspective” wysłanym do *New Journal of Physics*.

AK

(3) W rozdziale 3.6, Kandydat pokazał, że optymalne stany wykorzystywane w stratnej interferometrii kwantowej mogą być efektywnie symulowane za pomocą stanów macierzowych produktowych (ang. matrix product states, MPS) o niskim rzędzie. Wcześniejsze wyniki innych autorów pokazały, że stany typu MPS mogą być bardzo użyteczne w symulacjach kwantowych niskoenergetycznych stanów kwantowych złożonych układów spinowych, ale nikt wcześniej nie wykorzystał tych stanów w metrologii kwantowej. Te fundamentalne wyniki zostały opublikowane przez Kandydata i Jego Promotora w artykule [2] pt. „Matrix Product States for Quantum Metrology” w *Physical Review Letters*. Warto dodać, że stany wyjściowe kwantowego łańcucha markowskiego też są stanami typu MPS co pokazali w późniejszej pracy C. Catana i M. Guta [Phys. Rev. A 90, 012330 (2014)]. Na podstawie tych wyników można wnosić, że korelacje krótkozasięgowe lub krótkoczasowe pojawiające się w wielu protokołach informatyki kwantowej i zjawiskach wielociałowej fizyki kwantowej mogą być efektywnie opisane za pomocą stanów typu MPS. Wydaje się, że opracowana przez Kandydata metoda z wykorzystaniem stanów typu MPS może być w szczególności zastosowana do określenia fundamentalnego ograniczenia precyzji zegarów atomowych w różnych implementacjach np. w sieciach optycznych.

(4) Wpływ dekoherencji na przesyłanie informacji klasycznej i kwantowej kanałami kwantowymi został omówiony w rozdziale 4. W szczególności, rozdział 4.5 przedstawia wyniki Kandydata opublikowane w pracy [4] pt. „Incoherent on-off keying with classical and non-classical light” i artykule [5] pt. „Phase noise in collective binary phase shift keying with Hadamard words” w *Optics Express*. Współautorami tych prac są m.in. prof. Konrad Banaszek i prof. Matteo Paris z Uniwersytetu w Mediolanie. Ciekawym wynikiem tego rozdziału jest pokazanie, że światło nieklasyczne, w porównaniu do zwykłego światła koherentnego, praktycznie nie umożliwia lepszego transferu informacji w granicy słabych sygnałów w przypadku protokołów typu „on-off keying” [4]. Wynik ten dotyczy np. protokołu binarnej modulacji światła. W rozdziale 4, Autor omówił też wpływy detekcji zupełnie niekoherentnej [4] i szumu fazowego [5] na komunikację.

Z dużym zainteresowaniem przeczytałem też aneksy dysertacji, w których Kandydat podał nie tylko szczegóły wyprowadzeń niektórych swoich wyników, ale też przedstawił dyskusję przypadków szczególnych (powiedzmy patologicznych) kodowania, a także przedstawił problemy jakie można napotkać przy próbie uogólnienia wyników Kandydata dla zmiennych ciągłych (opisanych w rozdziale 5.4) na przypadek kodowania zmiennych dyskretnych.

Dysertacja jest napisana starannie i logicznie, a jej struktura jest przemyślana i spójna. Choć dostrzegłem szereg drobnych literówek, błędów redakcyjnych, czy np. błędnego użycia przedimków określonych i nieokreślonych, to oczywiście te drobne niedoskonałości nie wpłynęły na moją końcową bardzo wysoką ocenę dysertacji.

Chciałbym podkreślić, że rozprawa ma też duże walory dydaktyczne. Przykładowo, rozdziały od 1 do 3.4, a także rozdziały 4.1-4.4 i 5.1-5.5 są przemyślanym i dobrze napisanym wprowadzeniem do metrologii kwantowej i teorii komunikacji. Dlatego uważam, że warto tę pracę opublikować w formie monografii w recenzowanym wydawnictwie naukowym, a przynajmniej umieścić ją w archiwum arXiv.org.

Na koniec wspomnę też, że Kandydat wygłosił referat pt. „Superadditivity in classical communication from a quantum parameter estimation perspective” w cyklu seminariów pt. *Modern Trends in Physics Research* na Wydziale Fizyki UAM. Kandydat przedstawił wówczas wyniki

swojej pracy [6], które zostały opisane w dysertacji. Byłem już wtedy pod wrażeniem tych wyników oraz zastosowanych przez Kandydata zaawansowanych metod teorii informacji i estymacji. Wysoko też oceniłem erudycję prelegenta, który odpowiedział rzeczowo na wszystkie pytania zadane mu w czasie tego seminarium.

Podsumowując, z przyjemnością stwierdzam, że recenzowana przeze mnie dysertacja, jak i cały dorobek naukowy Kandydata, spełniają z nadmiarem ustawowe i zwyczajowe kryteria do ubiegania się o stopień doktora w dziedzinie fizyki. Dlatego też z pełnym przekonaniem wnoszę o dopuszczenie Pana mgr. Marcina Jarzyny do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

A. Mranowski

Poznań, dnia 26 maja 2016 r.