

Gdańsk, dnia 5.12.2019 r.

dr hab. Marcin Marciniak, prof. UG
Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki
Uniwersytet Gdański

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr. Michała Oszmańca

Dr Michał Oszmaniec uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w styczniu 2015 roku na Uniwersytecie Warszawskim pod kierunkiem prof. dr. hab. Marka Kusia. W latach 2012 – 2018 był zatrudniony na stanowisku asystenta w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. W latach 2015 – 2017 odbywał staż podoktorski w Instytucie Badań Fotonicznych (ICFO) w Barcelonie w grupie informacji kwantowej prof. Antonio Acina. Obecnie jest liderem (principal investigator) grupy Quantin Research Group finansowanej przez grant Fundacji dla Nauki Polskiej.

Osiągnięcie habilitacyjne

Jako osiągnięcie habilitacyjne dr Michał Oszmaniec przedstawił jednotematyczny cykl publikacji naukowych pt. „Kwantowa informacja przy ograniczonych zasobach”. Na cykl składa się 6 prac publikowanych w czasopismach: *Physical Review Letters* (2), *Physical Review X*, *Physical Review A*, *Quantum* i *New Journal of Physics*. Wszystkie prace są wieloautorskie, przy czym trzy mają po dwóch współautorów, pozostałe nie mniej niż czterech. Średni wkład habilitanta w przygotowanie prac wynosi ok. 49% (na podstawie oświadczeń habilitanta). Należy przy tym zaznaczyć, że w przypadku każdej pracy wkład habilitanta przewyższał średni udział każdego z współautorów w powstanie pracy. Wyjątkiem jest jedna praca, w której wkład autora był równy średniemu wkładowi współautorów.

Przedstawiony cykl publikacji mieści się w nurcie dynamicznie rozwijającej się kwantowej teorii informacji. W ramach tej teorii prowadzone są badania nad technologiami kwantowymi umożliwiającymi praktyczne wykonywanie procedur dopuszczalnych przez mechanikę kwantową. Praktyczne zastosowania technologii kwantowych napotykają na ograniczenia wynikające z tzw. ograniczonych zasobów. Analiza wpływu tych ograniczeń na możliwość wykonywania procedur kwantowo-informatycznych to cel, jaki stawia sobie habilitant. Podjęta tematyka jest aktualna i bardzo ważna. Powodzenie tego typu badań będzie miało trudny do przecenienia wpływ

na potencjalne praktyczne zastosowania technologii kwantowych. Publikacje przedstawione przez habilitanta mieszczą się w głównym nurcie tej tematyki.

Przejdę teraz do bardziej szczegółowego omówienia wyników dr. Oszmańca. W swoim autoreferacie habilitant wyodrębnił trzy grupy wyników w zależności od tego w obrębie jakiej dziedziny teorii informacji kwantowej się poruszają. Pierwsza grupa wyników dotyczy metrologii kwantowej. Do tej grupy zaliczają się wyniki z prac [I] i [II].

Praca [I] prezentuje serię wyników dotyczących użyteczności losowych stanów kwantowych w metrologii kwantowej. Użyteczność stanów jest tutaj opisana przy pomocy informacji Fishera. Głównym narzędziem matematycznym używanym w pracy jest efekt koncentracji miary probabilistycznej zauważony w latach '70 zeszłego stulecia przez Milmana. O tym, czy dana klasa stanów losowych jest użyteczna w metrologii decyduje to, jakie jest prawdopodobieństwo, że wybrana funkcja stanów spełnia lub nie spełnia żądanych własności. Taką własnością może być skalowanie Heisenberga. Przykładowo, uzyskując odpowiednie oszacowania probabilistyczne autorzy wykazują, że dla dużej liczby cząstek rozróżnialnych typowe stany nie są użyteczne w metrologii, podczas gdy typowe stany czyste N bozonów są użyteczne, bo kwantowa informacja Fishera wykazuje skalowanie Heisenberga. Autorzy pokazują też, że stany bozonowe są odporne na stratę stałej liczby cząstek. Jestem pod wielkim wrażeniem po lekturze tej publikacji. Autorzy wykonali wielką pracę. Udowodnienie twierdzeń wymagało dowodów całej serii pośrednich technicznych lematów, w których bardzo sprawnie posłużono się technikami rachunku prawdopodobieństwa i informacji kwantowej.

Celem pracy [II] jest opisanie metody możliwie najbardziej precyzyjnego pomiaru gradientu pola magnetycznego przy użyciu układu cząstek rozłożonych przestrzennie. Wykorzystuje się tutaj oddziaływanie pola magnetycznego z wewnętrznymi stopniami swobody tych cząstek. Jest to alternatywa dla klasycznej strategii pomiaru pola magnetycznego w dwóch punktach. W pracy rozważa się system N cząstek rozmieszczonych na prostej. Dla dowolnego takiego rozmieszczenia wyznaczono optymalne stany splątane i stany separowalne, które umożliwiają oszacowanie gradientu pola magnetycznego z możliwie największą dokładnością. Otrzymane wyniki porównano z innymi strategiami

Kolejne dwie prace [III] i [IV] pozostają w obrębie teorii obliczeń kwantowych. W pracy [III] rozwiązano problem rozszerzeń uniwersalnych dla wybranych zestawów bramek kwantowych działających na przestrzeni cząstek nierozróżnialnych. Są to bardzo piękne i głębokie wyniki o dużym potencjalnym znaczeniu praktycznym. Habilitant wykazał się tutaj głęboką wiedzą i sprawnością w posługiwaniu się teorią grup i algebr Liego.

Praca [IV] poświęcona jest problemowi klasycznej symulowalności pewnych kwantowych technik obliczeniowych. Rozważa się schemat próbkowania bozonowego (*boson sampling*). W eksperymentalnych implementacjach tego schematu mamy do czynienia z różnego typu niedoskonałościami, w szczególności ze stratami fotonów. W

pracy w sposób systematyczny opisano wpływ tych strat na możliwość klasycznej symulacji. Od habilitanta pochodzi idea, by w dowodach twierdzeń przybliżyć zasumione stany bozonowe stanami separowalnymi, co uważam za bardzo zręczny pomysł.

Ostatnie dwie prace [V] i [VI] mieszczą się w nurcie teorii pomiaru kwantowego. Pomiary kwantowe reprezentowane są przez skończone układy projektorów (PVM) na przestrzeni Hilberta sumujące się do operatora idyntitycznościowego. Można też rozważać uogólnione pomiary reprezentowane przez układy operatorów dodatnio określonych (POVM) sumujących się do operatora idyntitycznościowego. Klasyczne twierdzenie Naimarka stwierdza, że każdy POVM można zrealizować jak PVM na na pewnej rozszerzonej przestrzeni Hilberta. W pracy [V] rozważa się pytanie, czy można realizować (symulować) uogólnione pomiary kwantowe za pomocą rzutowych pomiarów kwantowych realizowanych na tej samej przestrzeni Hilberta dopuszczając pewne klasyczne operacje na tych pomiarach: randomizację i klasyczne przetwarzanie wyników. Twierdzenie 1 z pracy [V] odpowiada na to pytanie twierdząco. Uważam to twierdzenie za jeden z najciekawszych wyników wchodzących w skład osiągnięcia habilitanta. Z oświadczeń współautorów i habilitanta wynika, że jest on samodzielnym autorem dowodu tego twierdzenia, w którym użyto narzędzi pochodzących z analizy wypukłej.

W pracy [VI] podano uzyskano wyniki dotyczące problemu rozpoznawania stanów wchodzących w skład zasobów przy pomocy pewnych klas pomiarów kwantowych. Mieszczą się one w dynamicznie rozwijającej teorii kwantowych zasobów.

Reasumując, z powyższego przeglądu prac wchodzących w skład osiągnięcia wynika, że spełniając kryterium jednotematyczności (wszystkie dotyczą sytuacji ograniczoności zasobów), świadczą o wszechstronności zainteresowań habilitanta. Wszystkie prace mieszczą się w aktualnym nurcie badań nad technologiami kwantowymi i w znaczny sposób wzbogacają wiedzę w tej dziedzinie. Sądzę, że będą miały duży wpływ na rozwój wiedzy. Prace wchodzące w skład osiągnięcia już dziś mają ponad 50 cytowań. Wziąwszy pod uwagę fakt, że były niedawno publikowane, świadczy to o dużym zainteresowaniu, jakim się cieszą.

Dorobek naukowo-badawczy, dydaktyczny i popularyzatorski

Na dorobek naukowy dr. Michała Oszmańca składa się 19 artykułów naukowych opublikowanych w wysokiej rangi czasopismach, m.in.: *Physical Review Letters* (3), *Review of Physics A* (7), *Review of Physics X* (1), *Journal of Mathematical Physics* (2), *Journal of Physics A* (1). Po doktoracie ukazało się łącznie 9 publikacji, co zważywszy na nieodległy czas od doktoratu (4 lata) świadczy o bardzo wysokiej aktywności naukowej. Pewną wadą dorobku jest brak prac samodzielnych. Niedostatek ten w pełni rekompensowany jest przez znakomitą listę współautorów. Ponadto, w powstaniu wszystkich prac dr Oszmaniec miał główny lub znaczący udział. Łączna liczba cytowań (bez autocytowań) wynosi 133, a indeks Hirscha 8.

Badania dr. Michała Oszmańca mieszczą się w nurcie wyznaczonym przez teorię informacji kwantowej, jednak dotyczą one bardzo wielu zagadnień szczegółowych. Habilitant bardzo sprawnie w swoich badaniach posługuje się zaawansowanymi metodami matematycznymi, przykładowo jest uważany za eksperta w dziedzinie zastosowań teorii grup w fizyce matematycznej. Dr Oszmaniec wielokrotnie prezentował wyniki swoich badań na ważnych konferencjach międzynarodowych. Pięciokrotnie był zapraszany do wygłoszenia referatu.

Dr Oszmaniec brał udział w realizacji wielu projektów naukowych. Był kierownikiem dwóch projektów, a w czterech był wykonawcą. Aktualnie jest kierownikiem grupy badawczej w ramach programu Team-Net FNP. Habilitant brał czynny udział w przygotowaniu wniosku grantowego.

Habilitant zdobył duże doświadczenie odbywając staże podoktorskie. Jeden z nich odbył w ICFO w Barcelonie w grupie prof. Antonio Acina, drugi – w Krajowym Centrum Informatyki Kwantowej, który jest wiodącym ośrodkiem w kraju w zakresie kwantowej teorii informacji. Współpracuje z wieloma zagranicznymi badaczami.

Działalność dydaktyczna dr. Oszmańca jest skromna, ale wynika to z charakteru jego kariery naukowej. Jako stażysta podoktorski nie był zobligowany do prowadzenia zajęć. O jego predyspozycjach świadczy jednak przeprowadzenie wykładu monograficznego dla studentów doktoranckich na Wydziale Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego i zainteresowanie, jakim się cieszył. Habilitant często podejmował się roli opiekuna naukowego studentów i doktorantów. Ponadto, podejmuje on liczne działania popularyzujące wiedzę, m.in. koordynował Festiwal Nauki w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN.

Podsumowanie

Uważam, że dorobek naukowy dr. Michała Oszmańca jest wybitny. Przedstawione osiągnięcie naukowe wnosi znaczny wkład w rozwój wiedzy w zakresie fizyki i w pełni spełnia ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego. Nie mam wątpliwości, że kandydat jest już w pełni ukształtowanym, dojrzałym badaczem.

Z pełnym przekonaniem wnoszę o nadanie panu dr. Michałowi Oszmańcowi stopnia doktora habilitowanego przez Radę Dyscypliny Nauki fizyczne Uniwersytetu Gdańskiego. Jednocześnie proszę komisję habilitacyjną o rozważenie wystąpienia z wnioskiem o wyróżnienie dla kandydata.

