



dr hab. Łukasz Cywiński, prof. IF PAN
Instytut Fizyki PAN
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

02 czerwca 2025 r.

Ocena osiągnięcia naukowego i dorobku Pani dr Anity Magdaleny Dąbrowskiej w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Sylwetka naukowa habilitantki i ogólne omówienie osiągnięcia naukowego oraz udokumentowania wkładu habilitantki w prace składające się na osiągnięcie

Dr Anita Magdalena Dąbrowska uzyskała stopień doktora nauk fizycznych w 2008 roku na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, broniąc rozprawę p.t. „Ewolucja stochastyczna obserwowanych układów kwantowych”, której promotorem był dr hab. Przemysław Staszewski. Od listopada 2004 r. do stycznia 2012 roku była zatrudniona na stanowisku asystenta w Zakładzie Modelowania Matematycznego w Naukach Biomedycznych, w Katedrze Podstaw Teoretycznych Nauk Biomedycznych i Informatyki Medycznej, na Wydziale Farmaceutycznym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Od lutego 2012 roku do listopada 2018 roku była zatrudniona jako adiunkt w tymże zakładzie, a następnie do września 2019 roku pracowała tam na stanowisku starszego wykładowcy. W październiku 2019 r. przeniosła się na Uniwersytet Gdański, i od tego czasu jest tam zatrudniona jako adiunkt w Zakładzie Metod Matematycznych Fizyki, w Instytucie Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki na Wydziale Matematyki, Fizyki i Informatyki.

Jako osiągnięcie habilitacyjne dr Dąbrowska przedstawiła cykl powiązanych tematycznie publikacji naukowych p.t. „Równania filtracji oraz trajektorie kwantowe poza reżimem Markowa”. Na cykl ten składa się siedem prac opublikowanych w bardzo dobrych lub dobrych czasopismach naukowych: po jednej w Phys. Rev. A, New J. Phys., i J. Phys. A: Mathematical and Theoretical, oraz po dwie w Journal of the Optical Society of America B, oraz Quantum Information Processing. Trzy z tych artykułów były jednoautorskie. We wszystkich z nich dr Dąbrowska jest pierwszą (i korespondencyjną) autorką. Z deklaracji wszystkich autorów jednoznacznie wynika, iż dr Dąbrowska miała wiodący wkład we wszystkie z tych prac. Prace składające się na cykl zostały opublikowane w latach 2017-2023 i zostały dotąd zacytowane wg. Web of Science 51 razy, w tym 39 razy bez autocytowań.

Chciałbym podkreślić, iż prace te były cytowane w artykułach opublikowanych w dobrych czasopiśmie przez znanych naukowców. Zarówno ilościowa, jak i jakościowa ocena cytowań tych prac świadczy więc o dobrym przyjęciu ich przez środowisko.

Przedstawiony cykl prac dotyczy kwantowej teorii filtracji: opisu ewolucji otwartego układu kwantowego warunkowanej wynikami ciągłej w czasie obserwacji otoczenia tego układu. Teoria ta została rozwinięta parę dekad temu dla jedynego wówczas układu, który mógł być badany doświadczalnie: dwu lub trój-poziomowego atomu oddziałującego z polem elektromagnetycznym w stanie Gaussowskim, np. w stanie próżni lub stanie koherentnym. Skonstruowano wówczas dość subtelny formalizm matematyczny - kwantowy rachunek stochastyczny Ito - stosujący się do takiej specyficznej pary układu oraz początkowego stanu jego otoczenia. (Należy zauważyć, iż doktorat habilitantki poświęcony był zastosowaniom kwantowego rachunku stochastycznego Ito i kwantowej teorii filtracji w optyce kwantowej.) Gdy na przełomie stuleci opanowano wytwarzanie nieklasycznych stanów światła (stanów jedno- lub N-fotonowych, superpozycji stanów koherentnych, itd.), rozpoczęto próby zaadaptowania teorii filtracji do przypadku otoczenia fotonowego w nieklasycznym stanie. Bezpośrednie przeniesienie wcześniej działających metod do nowej sytuacji okazało się niemożliwe. W autoreferacie dr Dąbrowska omówiła w przejrzysty sposób dość sztuczne (w mojej opinii) konstrukcje oparte na rozszerzaniu przestrzeni Hilberta poprzez dodanie „pomocniczego” układu, co pozwala, w moim zrozumieniu, na zastosowanie przynajmniej pewnych elementów formalizmu rozwiniętego wcześniej dla przypadku początkowego pola elektromagnetycznego w stanie Gaussowskim. Motywacją dla badań, które zaowocowały omawianym tutaj cyklem publikacji, była chęć zbudowania bardziej fizycznie przejrzystego formalizmu dającego wgląd w korelacje pomiędzy układem otwartym a jego otoczeniem. Podejście zaproponowane w pracach składających się na osiągnięcie oparte jest na opisie oddziaływania układ-otoczenie fotonowe przy użyciu modelu powtarzających się oddziaływań (modelu „zderzeniowego”, czyli „collision model”). W kontekście kwantowej filtracji można ten model zastosować za cenę przybliżonego opisu stanów „wejściowych” (przed oddziaływaniem z układem) oraz „wyjściowych” (po tymże oddziaływaniu) pola elektromagnetycznego.

Chciałbym podkreślić, iż stopień powiązania tematycznego prac w tym cyklu jest ponadprzeciętnie wysoki. Podjęcie badań na ten temat było bardzo dobrze umotywowane: dr Dąbrowska zidentyfikowała nietrywialny problem teoretyczny (mający też związek z potencjalnymi doświadczeniami), i następnie przez kilka lat dogłębnie go badała, podając serię rozwiązań dla wielu możliwych do wytworzenia w laboratorium stanów pola fotonowego, które następnie oddziałuje z układem, po czym poddane jest różnym typom pomiarów. Stworzony aparat teoretyczny daje wgląd w fizykę układu otwartego i wytwarzanych korelacji pomiędzy nim a jego otoczeniem. Dynamika układu otwartego oddziałującego z otoczeniem fotonowym w nieklasycznych stanach ma wysoce nietrywialny niemarkowski charakter. Mamy tu więc do czynienia z pracami dotyczącymi formalnie

trudnych do opisanie zjawisk wynikających z oddziaływania kwantowego światła z układem kwantowym, taki jak np. dwupoziomowy atom, oraz późniejszego pomiaru stanu fotonów.

2. Szczegółowe omówienie osiągnięcia naukowego

W pracy [H1] podana jest ogólna teoria filtracji dla układu otwartego oddziałującego z polem elektromagnetycznym w stanie jednofotonowym. Rozważono w niej dwa rodzaje pomiaru stanu pola po oddziaływaniu z układem: bezpośrednie zliczanie fotonów oraz obserwacja kwadratur optycznych pola. Podstawowym przybliżeniem pozwalającym na skonstruowanie analitycznej teorii w ramach modelu zderzeniowego było opisanie otoczenia jako ciągu kubitów. Podano w tej pracy ogólne równania filtracji opisujące ewolucję układu warunkowaną wynikami pomiarów otoczenia, oraz wzory dla prawdopodobieństw zliczenia n fotonów w danym okresie czasu. W pracy [H2] teoria ta została zastosowana do konkretnego układu - atomu dwupoziomowego. W pracy [H3] rozszerzono opis do przypadku otoczenia będącego dwukierunkowym polem elektromagnetycznym, które w jednym kierunku zostało przygotowane w stanie jednofotonowym, a w drugim w stanie próżni. Aby zastosować model zderzeniowy opisano otoczenie jako dwa ciągi kubitów. W takim modelu można rozważyć proces rozpraszania impulsu jednofotonowego na atomie dwupoziomowym dla dowolnego stanu początkowego atomu, i dla dowolnego profilu czasowego fotonu. Dokładny opis takiego procesu, w tym prawdopodobieństw zliczenia fotonów odbitych od układu, bądź transmitowanych przez niego, został zawarty w tym artykule.

W pracy [H4] przeanalizowano za to układ taki jak w pracy [H3], czyli atom dwupoziomowy na którym rozprasza się impuls jednofotonowy o zadanym profilu czasowym, ale skupiono się na dynamice stanu zredukowanego dwupoziomowego atomu. Ze względu na nietrywialne korelacje czasowe stanu otoczenia dynamika ta ma charakter niemarkowski. Narzędzia z poprzednich prac zostały użyte do wyprowadzenia równań opisujących dynamikę stanu atomu i pokazania, że układ tych równań jest równoważny jednemu lokalnemu w czasie równaniu podstawowemu (chciałbym zauważyć, iż „równanie podstawowe” jest chyba lepiej brzmiącym po polsku terminem niż „równanie master”). Podano wzory na zależne od czasu współczynniki występujące w tym równaniu, zauważono, iż w ogólności odwzorowanie dynamiczne opisujące ewolucję atomu dwupoziomowego nie jest odwracalne, i przedyskutowano różne aspekty niemarkowskiego charakteru ewolucji atomu. O ile pozostałe prace w cyklu mają silny związek z optyką kwantową, jako iż dają potencjalnie doświadczalnie weryfikowalne przewidywania dla wyników doświadczeń w których mierzone jest pole fotonowe, które po przygotowaniu w nieklasycznym stanie oddziaływało z jakimś układem, praca [H4] jest ciekawym wkładem w teorię niemarkowskiej dynamiki układów otwartych. Kluczowym dla mnie aspektem jest tu omówienie dynamiki ciekawej z punktu widzenia teoretycznych rozważań o różnych aspektach niemarkowskości dla układu opisanego przez realistyczny model.

W pracach [H5,H6,H7] wyprowadzono równania filtracji dla układu otwartego oddziałującego z polem elektromagnetycznym przygotowanym w, odpowiednio, stanie n-fotonowym (czyli praca H5 uogólnia pracę H1 z przypadku jedno- do wielo-fotonowego stanu), superpozycji stanów koherentnych, oraz ściśniętym stanem n-fotonowym. Aby wziąć pod uwagę stany n-fotonowe, otoczenie było w tych pracach opisywane jako łańcuch nieoddziałujących ze sobą oscylatorów harmoniczych, które przygotowane są w stanie splątanym będącym skończenie-wymiarowym odpowiednikiem n-fotonowego stanu pola elektromagnetycznego. W pracy [H7] pokazano, jak skonstruowana w niej ogólna teoria pozwala na rozwiązanie problemu znalezienia optymalnego wzbudzenia modu wnęki rezonansowej (czyli oscylatora harmonicznego będącego układem otwartym) przez biegnące pole w ściśniętym stanie n-fotonowym.

W autoreferacie w bardzo przejrzysty sposób omówiono teorię filtracji oraz mające znaczenie dla osiągnięcia elementy teorii układów otwartych. Bardzo dobrze umotywowane zostało podjęcie badań, których wynikiem są publikacje składające się na osiągnięcie. Opis tych publikacji Autoreferacie jest bardzo szczegółowy – czasem ciekawe omówienia głównych wniosków oraz najciekawszych wyników gubią się pomiędzy nazbyt szczegółowymi wyprowadzeniami.

Ocena pozostałej działalności naukowej, dydaktycznej, oraz popularyzatorskiej

Dr Dąbrowska jest współautorką 31 artykułów (oraz 5 rozdziałów w książkach), które dotąd uzyskały wg. Web of Science 239 cytowań (209 bez autocytowań), zaś jej indeks Hirscha wynosi 9. Z tych 31 artykułów 29 zostało opublikowanych po uzyskaniu przez nią stopnia doktora. Dr Dąbrowska wygłosiła 8 referatów konferencyjnych, z których dwa były zaproszone.

Dr Dąbrowska nie kierowała dotychczas żadnym grantem, choć była wykonawczynią w wielu projektach, w tym czterech w dziedzinie fizyki kwantowej.

Dr Dąbrowska prowadziła bardzo wiele różnych typów zajęć dydaktycznych w kilku instytucjach (Collegium Medicum UMK, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego). Pozwolę sobie wymienić dla przykładu wykłady z analizy statystycznej i rachunku prawdopodobieństwa, procesów stochastycznych, zaawansowanej matematyki teoretycznej w fizyce, podstaw fizyki medycznej... Wielokrotnie koordynowała przedmioty w Collegium Medicum UMK. Jest promotorem pomocniczym doktoratu z fizyki, oraz była promotorką jednej pracy magisterskiej na Collegium Medicum UMK.

Co do jej uczestnictwa w badaniach w zagranicznych jednostkach naukowych, w 2006 roku otrzymała stypendium Marie Curie w ramach projektu europejskiego Research Training

Network Quantum Probability-Applications, i odbyła półroczny staż przed uzyskaniem doktoratu pod opieką prof. V. P. Belavkina w School of Mathematical Sciences, University of Nottingham. W 2014 roku spędziła prawie miesiąc w Cambridge University w Isaac Newton Institute for Mathematical Science. Napisała również dwa artykuły we współpracy z prof. Johnem Gough z Institute of Mathematics, Physics and Computer Science, Aberystwyth University (współpraca ta rozpoczęła się od spotkania na warsztatach pamięci V. P. Belavkina w Nottingham).

Przez wiele lat dr Dąbrowska pracowała na Wydziale Farmaceutycznym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Zajmowała się tam stosowaniem metod statystycznych do analizy i interpretacji wyników badań medycznych oraz projektowaniem eksperymentów badawczych. Efektem było jej współautorstwo 13 prac o różnorodnej tematyce z dziedziny medycyny i farmacji, oraz udział w wielu projektach. Choć brak mi kompetencji do oceny tej części dorobku dr. Dąbrowskiej, muszę przyznać, iż jestem bardzo zbudowany faktem, iż statystyczna analiza wpływu potencjalnych czynników zakłócających na interpretację badań dotyczących bezpieczeństwa farmakoterapii była na Wydziale Farmaceutycznym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika robiona przez osobę z doktoratem z fizyki teoretycznej. Wkład dr Dąbrowskiej w badania, które doprowadziły do zmiany przez Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne zaleceń dotyczących stosowania morfiny u pacjentów z zawałem mięśnia sercowego, jest wart podkreślenia.

Większość cytowań prac dr Dąbrowskiej dotyczy prac z dziedzin innych niż fizyka teoretyczna. Jak już jednak wcześniej pisałem, mierzony cytowaniami odbiór przez środowisko naukowe jej prac składających się na osiągnięcie habilitacyjne jest bardzo dobry, biorąc pod uwagę daty ich publikacji oraz stopień dojrzałości tematyki badań. Większość dorobku dr Dąbrowskiej w dziedzinie nauk fizycznych dotyczy kwantowej teorii filtracji i blisko powiązanych zagadnień. W przypadku osoby, która od 2008 roku pracowała na wydziale fizyki, i zajmowała się jedynie badaniami z dziedziny nauk fizycznych, takie zawężenie pola zainteresowań byłoby nieco niepokojące. Widząc jednak historię zatrudnienia dr Dąbrowskiej, biorąc pod uwagę jej wkład w badania z innych dziedzin, wieloletnie zaangażowanie w dydaktykę na Collegium Medicum UMK, oraz widoczne w ostatnich latach - po zmianie miejsca zatrudnienia - skupienie na badaniach dotyczących innych zagadnień powiązanych z optyką kwantową i teorią układów otwartych (praca w Optics Letters dotycząca kwantowej optycznej tomografii koherentnej będąca owocem współpracy z grupą doświadczalną w Toruniu, preprinty na temat teorii absorpcji dwufotonowej), nie mam obaw o jej dalszy rozwój naukowy.

Powyżej opisaną działalność naukową, dydaktyczną, i popularyzatorską dr. Dąbrowskiej oceniam jednoznacznie pozytywnie.

Podsumowanie

Osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę habilitacji dr Anity Magdaleny Dąbrowskiej oraz je pozostałe dokonania naukowe wypełniają ustawowe i zwyczajowe wymagania. Popieram wniosek o nadanie dr Anicie Magdalenie Dąbrowskiej stopnia doktora habilitowanego.

dr hab. Łukasz Cywiński, prof. IF PAN