

Recenzja rozprawy habilitacyjnej dr **Katarzyny Siudzińskiej**

Analiza i zastosowania kanałów Pauliego i ich uogólnień

Praca habilitacyjna dr Katarzyny Siudzińskiej, ukończona w Toruniu w roku 2023 dotyczy mechaniki kwantowej i fizyki matematycznej. Autorka rozprawy analizuje zbiór operacji kwantowych, koncentrując się na kanałach Pauliego i ich uogólnieniach. Prowadzone badania należą do ważnego działu fizyki teoretycznej, ściśle powiązanego z teorią przetwarzania informacji kwantowej.

Na rozprawę habilitacyjną dr Siudzińskiej składa się trzynaście oryginalnych artykułów opublikowanych w latach 2019-2023. Sześć z nich ukazało się w znanych czasopismach międzynarodowych poświęconych informacji kwantowej, fizyce teoretycznej i matematycznej (*Physical Review A, Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, Journal of Mathematical Physics*). Warto podkreślić, że aż dziesięć artykułów włączonych w rozprawę habilitacyjną jest wyłącznym dziełem autorki, co dobrze odzwierciedla jej samodzielność naukową. Z drugiej strony habilitantka pokazała też, że umie współpracować naukowo z innymi grupami badawczymi w kraju i za granicą, o czym świadczy przykładowo publikacja z grupą prof. Waltera Strunza z Drezna.

Za najistotniejsze osiągnięcie badawcze rozprawy uważam szczegółową analizę rozmaitych własności kanałów Pauliego, tak istotnych dla teorii przetwarzania informacji kwantowej. W szczególności autorka szczegółowo przebadła geometrie zbioru kanałów Pauliego oraz ich wielowymiarowych uogólnień. Bardzo ciekawe i obiecujące jest wprowadzenie uogólnionych kanałów zdefiniowanych przez bazy maksymalnie nieobciążone (*mutually unbiased bases* – MUB). Za niezwykle ważne i interesujące uważam wyniki dotyczące fizycznie dopuszczalnych ewolucji w czasie ciągłym układu kwantowego o wymiarze d z $(d-1)^2$ ujemnymi współczynnikami dekoherencji. Inne nietrywialne rezultaty dotyczą szacowania klasycznej pojemności kanałów Pauliego zadanych przez równania Master z jądrami pamięci. Przedstawione prace napisane są przejrzyście z zachowaniem dobrego stylu i wykazaniem znacznej kultury matematycznej jej autorki.

Uzyskane wyniki przedstawione są zwięźle w jej autoreferacie, w którym jasno i przystępnie opisuje swe osiągnięcia naukowe. Dobre wrażenie sprawia w szczególności ładnie napisane angielska wersja tekstu: Nie jest to bowiem tekst zdawkowy, lecz kompletne 30-stronicowe opracowanie, które z jednej strony stanowi zgrabne wprowadzenie do teorii kwantowych układów otwartych, a z drugiej jasno przedstawia oryginalne rezultaty autorki. Sądzę, że habilitantka mogłaby rozważyć przygotowanie na podstawie tego tekstu wartościowego artykułu przeglądowego.

Całkowity dorobek naukowy habilitantki uznać można za dość obszerny. Warto podkreślić kilka istotnych artykułów, które nie wchodzi w skład habilitacji. O ile rozprawa habilitacyjna dotyczy dobrze wybranej, lecz wąskiej tematyki badawczej, to w dorobku dr Siudzińskiej łatwo znaleźć inne prace świadczące, że jej zainteresowania naukowe są znacznie szersze. Przykładowo habilitantka skonstruowała rodzinę kanałów kowariantych ze względu na unitarną reprezentację grupy Weyla, przedstawiła alternatywne definicje kanałów Gell-Manna oraz przebadła układy kwantowe wykazujące własności nie-markowskie na skutek silnego sprzężenia z otoczeniem. Ponadto wniosła wkład do teorii kwantowego splątania analizując rodzinę nierozkładalnych świadków splątania skonstruowanych przy pomocy odwzorowań dodatnich oraz symetrycznych pomiarów kwantowych. Moim zdaniem autorka udowodniła, że należy do nielicznego grona ekspertów dziedzinie kwantowych układów otwartych, wymagającej dużej wiedzy matematycznej.

Za pewną słabość rozprawy uznać można nie w pełni przekonującą próbę wskazania bardziej konkretnych zagadnień i problemów fizycznych, do rozwiązania których mogą się przydać narzędzia badane i rozwijane w habilitacji. Z drugiej strony otrzymane wyniki mogą też być interesujące z punktu widzenia matematyki czystej.

Baza danych *Google Scholar* podaje 208 cytowań prac dr Siudzińskiej, podczas gdy baza *ISI Web of Sciences*, będąca podstawą tzw. „listy filadelfijskiej”, podaje 151 cytowań, w tym 83, bez uwzględnienia autocytowań. Z punktu widzenia fizyki teoretycznej dane te nie są imponujące. Jednakże uwzględniając fakt, iż prace habilitantki dotyczą fizyki matematycznej, uznać można, że publikacje dr Siudzińskiej są dość znane i cytowane w literaturze przedmiotu.

Warto dodać, że preprint arxiv:2305.17985 z maja 2023, autorstwa prof. Gernota Albera z Darmstadt, znanego eksperta w tej dziedzinie poświęcony jest

rozwinięciu badań dr Siudzińskiej zainicjowanych jej artykułem opublikowanym w roku 2022 w Phys Rev. A i zatytułowanym *All classes of informationally complete symmetric measurements in finite dimensions*. Także inne artykuły habilitantki zostały zauważone w środowisku fizyki matematycznej, a w latach 2020-2022 liczba jej cytowań istotnie wzrasta.

Dr Siudzińska zdobyła doświadczenie w pracy naukowej za granicą odbywając półroczny staż po doktorski w Dreźnie. Warto podkreślić jej biegłość w posługiwaniu się językiem angielskim, gdyż w roku 2016 na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu uzyskała tytuł magistra filologii angielskiej. Habilitantka przedstawiała swe wyniki podczas konferencji międzynarodowych za granicą (Al Ain, Zjednoczone Emiraty Arabskie, 2021 oraz Moskwa 2021), choć liczba takich referatów nie jest imponująca. Z drugiej strony wielokrotnie brała udział w konferencjach międzynarodowych, na których przedstawiała plakaty prezentując wyniki własne. W roku 2023 była członkiem Komitetu organizacyjnego 54 edycji Sympozjum Fizyki Matematycznej rokrocznie organizowanego na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Dr Siudzińska posiada duże już doświadczenie w pracy dydaktycznej, gdyż prowadziła ćwiczenia z analizy matematycznej, algebry, metod matematycznych fizyki oraz elektrodynamiki klasycznej i podstaw fizyki. Ponadto w języku angielskim prowadziła wykład wprowadzający do teorii kwantowych układów otwartych.

Habilitantka zdobyła też znaczne doświadczenie w realizacji projektów badawczych. Początkowo brała udział w projektach prowadzonych przez Prof. Dariusza Chruścińskiego, lecz w roku 2018 uzyskała samodzielny grant *Preludium 16* finansowany przez Narodowe Centrum Nauki. Obecnie kieruje trzy-letnim projektem *Sonata 17*, realizowanym na UMK w Toruniu, a dotyczącym zastosowań kanałów kwantowych w przesyłaniu i przetwarzaniu informacji o wartości ponad 500 tys. złotych.

W podsumowaniu można uznać, iż pomimo młodego wieku, dr Studzińska jest już fizykiem teoretykiem o znacznym dorobku naukowym i wielu zrealizowanych projektach badawczych, który w przyszłości z powodzeniem będzie w stanie samodzielnie kontynuować swą pracę badawczą.

Jestem w pełni przekonany, że zarówno recenzowana rozprawa habilitacyjna doktor Katarzyny Siudzińskiej oraz jej dotychczasowy dorobek naukowy w pełni spełniają wymagania sprecyzowane w ustawie o stopniach i tytułach naukowych. Jasno sformułowany cel rozprawy – wszechstronne zbadanie własności kanałów Pauliego oraz ich uogólnień – został osiągnięty, a uzyskane rezultaty świadczą o naukowej samodzielności jej autorki. W szczególności habilitantka „posiada w dorobku osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój fizyki matematycznej, w tym cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych ujętych w stosownych wykazach ministerialnych oraz wykazała się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni”. Dlatego też z przyjemnością wnioskuję o dopuszczenie **dr Katarzyny Siudzińskiej** do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Kraków, 19 listopada 2023

prof. Karol Życzkowski