



dr hab. Magdalena Stobińska, prof. UW  
Instytut Informatyki  
Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki  
Uniwersytet Warszawski  
Banacha 2, 02-097 Warszawa  
Tel. 22 5544 226  
e-mail: mstobinska@mimuw.edu.pl

Warszawa, 26 września 2023

**Recenzja w postępowaniu  
w sprawie nadania mgr. Tomaszowi Linowskiemu  
stopnia naukowego doktora**

Podstawą w postępowaniu o przyznanie mgr. Tomaszowi Linowskiemu stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne, jest rozprawa zatytułowana *Reduced state of the field and classicality of symplectic time evolution*, napisana w języku angielskim i opatrzona datą 14 czerwca 2023 r. Ma ona charakter opublikowanych i powiązanych tematycznie publikacji naukowych. Została przygotowana pod opieką naukową promotora, dr. hab. Łukasza Rudnickiego, prof. UG. Składa się na nią abstrakt, sekcja podziękowań, dwie listy publikacji w których Doktorant jest jednym z autorów, spisu treści, czterech rozdziałów oraz listy referencji, a także kopii trzech publikacji naukowych, które są zasadniczą częścią pracy. Łącznie składa się z 87 stron, w tym strony tytułowej, 9 stron wstępnych oraz 40 stron tekstu rozdziałów wraz ze spisem treści i 125 referencjami. Praca jest przygotowana bardzo starannie, z użyciem systemu LaTeX, i napisana w poprawnym języku angielskim.

Krótki rozdział pierwszy pracy poświęcony jest wprowadzeniu czytelnika do tematyki kwantowych systemów mezoskopowych, które są etapem pośrednim pomiędzy systemami mikro- a makroskopowymi. Autor przygotował szczegółowy przegląd literatury poświęconej tej tematyce, podając przykłady takich systemów, opisując rozwój teorii, stanów kwantowych, a nawet ich aplikacji. Stanowią one motywację, na podstawie której postawiony jest cel pracy. Jest nim pokazanie, że formalizm zredukowanego stanu pola (*reduced state of the field*, RSF) pozwala na uchwycenie semiklasycznych własności pól kwantowych. Pozwoli to na wyprowadzenie warunków, przy spełnieniu których symplektyczna ewolucja stanu może być traktowana jako klasyczna. Rozdział pierwszy także pokrótce omawia zawartość trzech głównych artykułów naukowych i ich wzajemne powiązania.

Rozdział drugi dotyczy wprowadzenia formalizmu obrazu symplektycznego. Doktorant pokazuje jak zapisy notacji macierzy operatora gęstości są tłumaczone na obraz symplektyczny, co ułatwia zrozumienie nowych zapisów. Następnie przechodzi do opisu ewolucji czasowej w tym obrazie, równania Goriniego–Kossakowskiego–Lindblada–Sudarshana (GKLS) oraz jego własności. Interesujące jest uzasadnienie, dlaczego obraz symplektyczny szczególnie nadaje się do opisu systemów mezoskopowych. Opisane są transformacje Bogoliubowa i dynamiczny efekt Casimira, które znajdują zastosowanie w dalszej części rozprawy. Najważniejszą częścią tego rozdziału jest jednak opis formalizmu RSF i jego porównanie z formalizmem symplektycznym. Autor zauważa, że RSF opisuje mniej rzeczywistych stopni swobody dla N-modowego systemu, dlatego zadaje ważne

pytania dotyczące np. systemów które są opisane formalizmem symplektycznym, ale nie mogą być opisane przez RSF.

Rozdział trzeci to omówienie głównych wyników pracy. Podzielony jest na sekcje związane z poszczególnymi artykułami naukowymi.

Pierwszy z nich, T. Linowski, A. Teretenkov, Ł. Rudnicki, *Dissipative evolution of quantum Gaussian states*, Phys. Rev. A 106, 052206 (2022), został opublikowany w Physical Review A. Autor zauważa w nim, że ewolucja opisana przez formalizm symplektyczny jest niekompletna, ponieważ muszą istnieć unitarne operatory Lindblada z nią kompatybilne. Są one potrzebne do badania klasyczności tej ewolucji. Dlatego w publikacji poszukiwany jest brakujący komponent ewolucji symplektycznej, co odbywa się poprzez wyprowadzenie matematyczne począwszy od równania GKLS. Ukoronowaniem jest równanie (3.6), które rozszerza dotychczasowy formalizm RSF o nowy komponent. Następnie badane jest zastosowanie rozszerzonego formalizmu w opisie zjawiska losowego rozpraszania i tworzenia dwumodowego splątania.

Drugi artykuł z serii, T. Linowski, Ł. Rudnicki, *Reduced state of the field and classicality of quantum Gaussian evolution*, Phys. Rev. A 106, 062204 (2022), także opublikowany w Physical Review A, ma na celu dokładniejsze porównanie nowego formalizmu z oryginalnym formalizmem RSF. Wyprowadzone są warunki na klasyczność ewolucji symplektycznej. Pokazane jest, że ewolucja taka, podana za pomocą równań zachowujących kwantową gaussowskość jest półklasyczna tylko wtedy, gdy składa się z tak zwanych pasywnych operacji, takich jak dzielniki wiązek, które posiadają naturalną interpretację w fizyce klasycznej. Jest to zilustrowane kilkoma przykładami, np. w inżynierii dysypatywnej maksymalizującej splątanie.

W ostatniej, trzeciej pracy T. Linowski, Ł. Rudnicki, *Classicality of the Bogoliubov transformations and the dynamical Casimir effect through the reduced state of the field*, Acta Phys. Pol. A 143, S95 (2023), opublikowanej w czasopiśmie Acta Physica Polonica, temat jest kontynuowany w zakresie badania ewolucji symplektycznej z punktu widzenia transformacji Bogoliubowa. Badana jest klasyczność dynamicznego efektu Casimira, który sam w sobie jest nieklasyczny, lecz z perspektywy kwantowych układów otwartych, efekt ten redukuje się do półklasycznego procesu dysypacji.

Rozdział czwarty zawiera krótkie podsumowanie pracy z punktu widzenia znaczenia uzyskanych wyników oraz możliwości przyszłych kierunków badań z niej wynikających.

Ogólnie, rozprawa dotyczy specjalistycznego obszaru, jakim jest badanie formalizmów opisujących systemy mezoskopowe, w szczególności formalizmu zredukowanego stanu pola wprowadzonego przez prof. Roberta Alickiego zaledwie kilka lat temu. Mimo, że praca skupia się na formalizmach matematycznych, uzyskane wyniki zostały zastosowane do zilustrowania kilku ciekawych przykładów zastosowań. Jest to nowoczesny obszar badań fizyki teoretycznej, który ma duży potencjał w opisie reżimów pośrednich, np. wielofotonowych stanów kwantowych światła, których mezoskopowy charakter wprowadza pewne cechy klasyczne. Ma to duże znaczenie w rozwijających się technologiach kwantowych, które wymagają nowych zasobów kwantowych do dalszego rozwoju.

Należy także zauważyć, że oprócz trzech publikacji naukowych składających się na rozprawę, mgr Tomasz Linowski jest współautorem aż siedmiu innych prac, z których cztery zostały opublikowane w czasopiśmie Physical Review A, jedna w Journal of Physics A: Mathematical & Theoretical, a dwie najnowsze zostały wysłane do publikacji. Aż w 5 z nich jest głównym, pierwszym autorem. Według bazy Web of Science, były one cytowane 25 razy. Jest to dorobek imponujący na tak wczesnym etapie kariery naukowej.

Uważam, że wniosek w sprawie nadania mgr. Tomaszowi Linowskiemu stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne, jest bardzo mocno uzasadniony z uwagi na wysoką jakość prowadzonych przez niego badań i dużą aktywność naukową. Przedstawiona

rozprawa pt. *Reduced state of the field and classicality of symplectic time evolution*, składająca się z opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych spełnia z naddatkiem wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Wniosuję zatem o dopuszczenie pana mgr. Tomasza Linowskiego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Dodatkowo, chciałabym wystąpić o wyróżnienie tej rozprawy doktorskiej. Według mojej oceny wyróżnienie jest uzasadnione ze względu na wysoki poziom naukowy przeprowadzonych prac badawczych i ich znaczenie dla badania reżimów mezoskopowych, a także ze względu na duży dorobek Doktoranta, rzadko spotykany na tym etapie kariery naukowej.



dr hab. Magdalena Stobińska, prof. UW