

Prof., dr hab. Ryszard Buczko
Instytut Fizyki PAN
Warszawa

Warszawa, 15 października 2020 r.

Ocena osiągnięcia naukowego dr. Nicholasa Sedlmayera w związku z przeprowadzonym postępowaniem habilitacyjnym.

Dr Nicholas Sedlmayr obronił swój doktorat w 2006 roku na Uniwersytecie Birmingham. Tematem doktoratu była „Blokada Coulomba w kropkach kwantowych oraz kwantowy metamagnetyczny punkt krytyczny”. Po uzyskaniu stopnia doktora pracował w 6 różnych placówkach naukowych w Niemczech, Francji, USA i w Polsce. Ostatnio jest zatrudniony w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Jest autorem 41 publikacji cytowanych 377 razy z indeksem Hirscha = 11 (Web of Science, wrzesień 2020). Jego prace dotyczą kilku różnych zagadnień związanych z fizyką materii skondensowanej. Zajmował się transportem w jednowymiarowych nanostrukturach kwantowych, dynamiką ścianek domenowych w drutach magnetycznych oraz materią topologiczną. Jako swoje osiągnięcie naukowe stanowiące przedmiot habilitacji Dr Sedlmayr zgłosił cykl 14 prac pod wspólnym tytułem „Topologia i dynamika układów kwantowych”. Prace te zostały opublikowane w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym: Annalen der Physics (1 praca), Physical Review A (1), Physical Review B (8 prac), Physical Review Letters (1), Europhysics Letters (1), Journal of Physics: Condensed Matter (1) oraz Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment (1). Jest pierwszym autorem 8 z tych prac. Przedstawiają one wyniki teoretycznych badań jedno- i dwu-wymiarowych układów kwantowych ze szczególnym uwzględnieniem takich własności jak dekoherencja, termalizacja, kwantowe splątanie i własności topologiczne. Sześć z tych prac dotyczy występowania i właściwości stanów Majorany w nadprzewodnikach topologicznych i heterostrukturach z nadprzewodnikiem. Dołączony autoreferat sprawnie prowadzi czytelnika przez opublikowane prace uwypuklając wyniki, które autor uważa za swoje główne osiągnięcia.

W pierwszych trzech pracach cyklu przedstawiono wyniki badania procesu termalizacji jednowymiarowego układu fermionów. Badano warunki konieczne i wystarczające dla

termalizacji obserwowali w zamkniętych układach kwantowych. Obliczenia przeprowadzono bez odwoływania się do hipotezy termalizacji stanu własnego. Pokazano, że termalizacja jest związana z warunkiem nakładanym na nielocalne prawa zachowania. Badano związek pomiędzy dynamiką układu otwartego i zamkniętego. Oprócz ewolucji hermitowskiej badano również ewolucję niehermitowską, w której cząstka nie może powrócić do kąpiel termicznej. Pokazano, że choć nieoddziałujące cząstki wykazują dekoherencję w granicy termodynamicznej, to zgodnie z oczekiwaniami bez oddziaływania nie może dojść do termalizacji całego układu zamkniętego. Za to silne oddziaływania typu gęstość-gęstość między cząstkami wprowadzają relaksację o rząd wielkości większą niż procesy dekoherencji.

W pracy oznaczonej jako H4 przedstawiono badanie własności zdimeryzowanego łańcucha bezspinowych fermionów z otwartymi warunkami brzegowymi. Głównie koncentrowano się na badaniu wierności, entropii splątania i widma splątania układu. W oparciu o analizę skalowania podatności wierności wykazano, że istnieje wkład pochodzący od brzegu, który jest inny w fazie trywialnej niż w fazie uporządkowanej topologicznie. Wykazano również, że w porównaniu do fazy trywialnej w fazie topologicznej występuje dodatkowe splątanie, które realizuje się na brzegu. Wyniki pracy oferują alternatywne sposoby analizowania obecności stanów chronionych topologicznie w izolatorach topologicznych i nadprzewodnikach oraz proponują nowy sposób rozróżnienia faz, stosowalny do układów oddziałujących.

W pracy H8 badano kwantowe przejścia fazowe dla klas uniwersalności w jednowymiarowym modelu Isinga. Dr Sedlmayr wyprowadził wyrażenia analityczne na podatność wierności dla periodycznych i otwartych warunków brzegowych z jednym, dwoma lub bez żadnego stanu brzegowego co pozwoliło wykazać, że otwarte warunki brzegowe mają decydujący wpływ i zmieniają podatność zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym.

W pracach H13 i H14 badano dynamiczne przejścia fazowe, które mogą wystąpić ze zmianą właściwości topologicznych. W tym celu obliczano echo Loschmidta zaindukowane gwałtowną zmianą typu quantum quench. Badano otwarte, jednowymiarowe modele sieciowe z chronionymi symetriami fazami topologicznymi. Pokazano, że w trakcie przejścia fazowego nagłe zmiany energii swobodnej układu związane są z gwałtownymi zmianami we wkładzie efektów brzegowych. Wykazano także, że struktura widma Loschmidta jest powiązana z okresowym tworzeniem się długo-zasięgowego splątania pomiędzy brzegami układu.

Badano również dynamikę przejść fazowych w niezerowej temperaturze. Wyznaczono amplitudę Loschmidta uogólnioną na macierze gęstości oraz uzyskano wyniki dla przypadku gwałtownych zmian w modelach gaussowskich dla zamkniętych układów z niezerową temperaturą jak również dla dynamiki układów otwartych opisanych równaniem Goriniego-Kossakowskiego-Sudarshana-Lindblada. Pokazano, że wygładzenie dynamicznych przejść fazowych efektami termicznymi stanowi ograniczenie możliwości obserwacji przejść w doświadczeniu choć dynamika dyssypacyjna może być dostrojona tak, aby dynamiczne przejścia fazowe pozostały zachowane. Prace H5-H7 poświęcone są głównie badaniu właściwości stanów Majorany. Rozwinięto metody umożliwiające bezpośrednią wizualizację stanów Majorany w przestrzeni rzeczywistej poprzez wizualizację jej polaryzacji. Dzięki temu można łatwiej prześledzić tworzenie oraz proces niszczenia stanów brzegowych w realistycznie modelowanych układach. Zaproponowana procedura wizualizacji umożliwia prosty sposób określenia topologicznego diagramu fazowego układu. Pokazano, że w topologicznych nadprzewodnikach w przypadku, gdy układ zawiera odpowiednie symetrie, cząstki Majorany można podzielić na dwie grupy, w obrębie których stany te nie mogą się nawzajem zniszczyć choć cząstki z jednej grupy mogą zniszczyć cząstki z drugiej. Pozwala to na istnienie wielokrotności stanów Majorany na brzegu układu. Na skutek łączenia się stanów Majorany na brzegach dwuwymiarowych układów mogą tworzyć się pasma płaskie. Badano to zagadnienie pokazując, że jedna z klas układów, w których można zaobserwować względnie stabilne płaskie pasma stanów Majorany, charakteryzuje się zbiorem stanów Shiby powstałych na domieszkach magnetycznych na podłożu nadprzewodzącym. Pokazano, że takie pasma chronione są przez charakter stanów Majorany a nie przez samą topologię układu.

W pracy H9 przedstawiono wyniki teoretycznych badań nad teksturą spinową stanów Andreeva i stanów Majorany w układach normalny metal – nadprzewodnik. Pokazano, że pomiar polaryzacji spinowej w obszarze metalu pozwala na zidentyfikowanie przejścia topologicznego za pomocą pomiarów spinowo spolaryzowanej skaningowej mikroskopii tunelowej przy czym polaryzacja powinna zmienić znak, gdy zachodzi przejście topologiczne.

W pracy H10 zawarto wyniki badań nad formowaniem się stanów Majorany w sieciach kwadratowych z podłużnym i poprzecznym oddziaływaniem Rashby, z członem Zeemana pola magnetycznego i przy występowaniu efektu bliskości do nadprzewodnika. Pokazano że w układach w których szerokość i długość są porównywalne, niskoenergetyczne stany nie są dłużej

stanami Majorany lecz raczej prawie stanami Majorany. Stany takie mają małą niezerową energię bez globalnej symetrii Majorany. Pokazano również że dla układów kwadratowych nie mogą się tworzyć prawdziwe stany Majorany.

W pracy H12 podważono powszechną opinię, że indeks topologiczny dwuwymiarowych nadprzewodników jednoznacznie wyznacza ilość związanych stanów Majorany na brzegu układu. Pokazano, że nie wszystkie topologicznie chronione stany krawędziowe muszą zawierać stany Majorany. Występowanie takich stanów obwarowane jest dodatkowymi warunkami związanymi z punktami wysokiej symetrii strefy Brillouina. Pokazano to na przykładzie modelu układu, dla którego liczba Cherna jest większa od ilości stanów Majorany.

W H11 opisana została hybrydyzacja pomiędzy stanami topologicznymi a stanami nadprzewodzącymi w heterostrukturze składającej się z izolatora topologicznego i nadprzewodnika. Hybrydyzacja prowadzi do nowego modelu nadprzewodnictwa topologicznego. Praca przyczyniła się do wyjaśnienia obserwowanego eksperymentalnie zjawiska wypływania topologicznie chronionych stanów powierzchniowych z powierzchni izolatora topologicznego do nadprzewodnika.

Przedstawione przez Habilitanta prace są oryginalne i metodologicznie spójne. Ich wyniki wpisują się w intensywne badania dotyczące jedno i dwuwymiarowych układów kwantowych oraz materiałów topologicznych. Przyczyniły się one do poszerzenia wiedzy dotyczącej dekoherencji oraz termalizacji układów kwantowych, dynamicznych przejść fazowych oraz przejść ze zmianą topologii układu. Oferują nowe alternatywne sposoby rozróżnienia faz topologicznych w układach oddziałujących zbudowanych z izolatora topologicznego lub nadprzewodnika. Pozwalają też lepiej poznać właściwości cząstek Majorany oraz identyfikować je w realistycznych układach. Na przykład proponowana procedura wizualizacji stanów Majorany pozwala na śledzenie procesów tworzenia i niszczenia stanów brzegowych. Wyniki te mogą także pomóc w identyfikacji stanów Majorany przy pomocy skaningowej mikroskopii skaningowej.

Uważam, że dr Sedlmayr podjął ważny temat i wykazał się opanowaniem adekwatnych technik teoretycznych pozwalających na jego realizację. Jak wynika z dołączonych oświadczeń współautorów przy realizacji badań wykazał się dużą samodzielnością i inicjatywą. Jego udział w większości przedstawionych prac był wiodący.

O samodzielności Dr Nicholasa Sedlmayra świadczy również kierowanie, wspólnie z profesorem Sebastianem Eggertem z Technicznego Uniwersytetu w Kaiserslautern w Niemczech, bilateralnym grantem pt.: "The Effect of Coulomb Interactions on Topological Spin Orbit Torques". Dr Nicholas Sedlmayr ma też bardzo bogaty dorobek dydaktyczny. Prowadził ćwiczenia na University of Birmingham (UK) oraz Martin-Luther-University (Niemcy), dwa wykłady z matematyki na Michigan State University (USA) oraz wiele różnych wykładów i ćwiczeń z fizyki i matematyki na Politechnice Rzeszowskiej i UMCS w Lublinie. Swoje prace przedstawiał na wielu międzynarodowych konferencjach wygłaszając wiele referatów (w tym 7 zaproszonych) oraz przedstawiając wiele prezentacji plakatowych. Był współorganizatorem Międzynarodowej Szkoły Fizyki Teoretycznej w Rzeszowie. Prowadzi też działalność popularyzatorską będąc autorem ciekawego bloga naukowego dotyczącego fizyki materii skondensowanej.

Podsumowując przedstawione przez dr Nicholasa Sedlmayra osiągnięcia, jego ogólny dorobek naukowy, dużą samodzielność potwierdzoną także kierowaniem bilateralnym grantem, uważam, że spełnia on więcej niż w pełni kryteria oceny kandydata wymienione w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego warunkujące nadanie stopnia doktora habilitowanego. Wnioskuje więc o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania.



Ryszard Buczko

