

Prof. dr hab. Marcin Mierzejewski
Katedra Fizyki Teoretycznej
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Politechnika Wrocławska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27,
50-370 Wrocław

Ocena osiągnięć naukowych dr. Nicholasa Sedlmayra w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego

Recenzja przygotowana w oparciu o dokumentację otrzymaną w dniu **24.08.2020.**

Dr Nicholas Sedlmayr jest obecnie zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Rozprawę doktorską pt. "*The Coulomb blockade in quantum dots and metamagnetic quantum critical point*" obronił w 2006 r. na Uniwersytecie w Birmingham. Osiągnięciem, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy, jest czternaście powiązanych tematycznie wieloautorskich artykułów naukowych opublikowanych w latach 2012-2018 i ujętych w cykl powiązanych tematycznie prac pt. "Topologia i dynamika układów kwantowych". W mojej ocenie, dr Nicholas Sedlmayr wniósł istotny wkład w powstanie tych prac, polegający na samodzielnym opracowaniu wydzielonych zagadnień badawczych. Opracowane zagadnienia zostały precyzyjnie wskazane w autoreferacie dr. Sedlmayra, a przedstawione informacje są spójne z oświadczeniami współautorów ww. prac.

Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

W ciągu czternastu lat od ukończenia rozprawy doktorskiej, dr Nicholas Sedlmayr opublikował 34 oryginalne prace naukowe, spośród których 14 publikacji wskazał jako osiągnięcie naukowe zatytułowane "Topologia i dynamika układów kwantowych", które stanowi podstawę Jego postępowania habilitacyjnego. Prace te ukazały się w bardzo dobrych czasopismach: *Phys. Rev. Lett.* (jedna publikacja, 11 cytowań,), *Phys. Rev. B* (8 publikacji, łącznie 101 cytowań), *Phys. Rev. A* (jedna publikacja, 36 cytowań), *Annalen*

der Physik (jedna publikacja, 5 cytowań), *Journal of Statistical Mechanics* (jedna publikacja, 22 cytowania), *Journal of Physics: Condensed Matter* (jedna publikacja, 5 cytowań) oraz w *Europhys. Lett* (jedna publikacja, 7 cytowań). Dr Sedlmayr jest pierwszym lub ostatnim autorem jedenastu z tych prac, co dodatkowo potwierdza, że wniósł istotny wkład w badania naukowe w nich prezentowane. Zarówno wysoki poziom naukowy czasopism, jak i liczba cytowań powyższych prac (łącznie blisko 200) jednoznacznie wskazują, że stanowią one znaczny wkład do teorii fizyki ciała stałego. Poruszane problemy koncentrują się wokół zagadnień związanych z topologicznymi (prace H4-H12) i dynamicznymi przejściami fazowymi oraz szerzej z dynamiką układów kwantowych wielu cząstek (prace H1-H3). Oba te zagadnienia zostały połączone w ostatnich dwóch pracach (H13 oraz H14), w których badane były dynamiczne przejścia fazowe w układach z chronionymi symetrią fazami topologicznymi.

Praca H1 prezentuje ciekawe badania dotyczące wpływu oddziaływań wielociałowych na mechanizmy oraz czasy relaksacji w układach kwantowych. Badana była ewolucja czasowa układu, który symulował wstrzykiwanie bezspinowych fermionów do jednowymiarowego łańcucha opisywanego modelem ciasnego wiązania. Rozważany był model nieoddziałujących fermionów oraz układ, w którym fermiony na sąsiednich węzłach ze sobą oddziałują. W obu przypadkach w granicy termodynamicznej wykazano pojawianie się stacjonarnych wartości oczekiwanych dla dwóch analizowanych wielkości fizycznych: średniej gęstości cząstek oraz prądów cząstek. W przypadku nieoddziałujących fermionów jest to wynik stosunkowo wolnego procesu dekoherencji fazowej, który jednak nie prowadzi do pojawienia się stanów stacjonarnych. Zgodnie z oczekiwaniami, stany stacjonarne - przypuszczalnie stany termiczne - pojawiają się dopiero w obecności oddziaływań wielociałowych.

Praca H2 poświęcona jest numerycznym badaniom termalizacji w układzie, który jest koncepcyjnie zbliżony do modelu analizowanego w pracy H1. Łańcuch bezspinowych fermionów jest sprzężony z dodatkowymi stanami fermionowymi, które podlegają oddziaływaniom wielociałowym typu gęstość-gęstość. Sprzężenie to łamie całkowalność izolowanego łańcucha fermionowego i w układzie pozostają jedynie dwie lokalne całki ruchu - hamiltonian oraz operator całkowitej liczby cząstek. W granicy termodynamicznej łańcuch podlega termalizacji a wartości oczekiwane lokalnych obserwablów w stanie stacjonarnym są zgodne z wynikami dla wielkiego zespołu kanonicznego. Pokazano także, że dla pośrednich czasów może występować zjawisko pretermalizacji, które wiąże się z obecnością kwazistacjonarnego stanu nierównowagowego. Pretermalizacja najczęściej występuje w układach całkowalnych z dodatkowym słabym oddziaływaniem, który tę całkowalność łamie, a badany układ wydaje się spełniać te kryteria.

Praca H3 jest w mojej ocenie najciekawszą publikacją wchodzącą w skład ocenianego osiągnięcia. W pracy tej badano warunki termalizacji lokalnych obserwabli, tj. warunki, gdy uśrednione po czasie wartości oczekiwane są zgodne ze średnimi wyznaczonymi w stanach równowagowych. Rozważania były prowadzone niezależnie od standardowego dzisiaj podejścia opartego na hipotezie ETH (*eigenstate thermalization hypothesis*) w sposób na tyle ogólny, że można je stosować zarówno do opisu układów całkowlanych, jak i niecałkowlanych. Omawiana praca w sposób ścisły i bardzo elegancyjnie pokazuje, że operator statystyczny opisujący stan równowagowy musi zawierać wszystkie całki ruchu, które posiadają niezerowe projekcje na lokalne obserwabli. W końcowej części pracy autorzy sugerują, że analizowany niecałkowlany łańcuch spinowy nie jest zgodny z hipotezą ETH. W moim odczuciu taka sugestia wymagałaby przedstawienia bardziej jednoznacznych wyników numerycznych, jednak należy podkreślić, że wątpliwości te zostały w odpowiedni sposób podkreślone w tekście publikacji.

Pozostałe prace są poświęcone fazom topologicznym występującym w wybranych modelach typu ciasnego wiązania. W pracy H4 analizowany był model SSH (*Su-Schrieffer-Heeger*), dla którego wyznaczono podatność kwantowej wierności, a także entropię splątania oraz widmo splątania. Wykazano, że podatność kwantowej wierności posiada składową pochodzącą od stanów brzegowych, na podstawie której można zidentyfikować obecność topologicznie chronionych stanów brzegowych. Wskazano także, że topologiczne przejście fazowe można zidentyfikować na podstawie zależności entropii splątania od rozmiaru podukładu, dla którego jest ona wyznaczana, lub na podstawie widma splątania. Metodę tę można zastosować także w układach z oddziaływaniami wielociąłowymi, gdzie wyznaczenie niezmienników topologicznych jest bardzo trudne. W mojej ocenie jest to bardzo ważna konkluzja wynikająca z pracy H4, która w późniejszych latach była wykorzystywana w wielu pracach prezentujących wyniki numeryczne dla układów z oddziaływaniami wielociąłowymi. Podatność kwantowej wierności w pobliżu topologicznego przejścia fazowego była badana także w pracy H8, gdzie wyprowadzono jej uniwersalną zależność od rozmiaru układu oraz szczeliny w widmie energetycznym. Wyrażenie analityczne znakomicie pasuje do wyników numerycznych, które zostały uzyskane przez dr. Sedlmayra dla modelu SSH.

Praca H11 jest szczególnie ciekawą pozycją w dorobku dr. Sedlmayra, gdyż prezentuje zarówno nowe wyniki eksperymentalne, jak i bardzo elegancką interpretację teoretyczną. W pracy zaprezentowano pomiary STM wykonane dla izolatora topologicznego, na powierzchni którego osadzone zostały nadprzewodzące wyspy. W przewodnictwie różniczkowym wyznaczonym w obszarze izolatora topologicznego widoczna była szczelina w gęstości stanów wynikająca z bliskości nadprzewodnika. Jednak widoczny był także odwrotny efekt polegający na tym, że w pomiarach wykonanych dla obszarów nadprzewodzących widoczna była struktura przypominająca stożek Diraca, wynikająca z

bliskości izolatora topologicznego. Te obserwacje zostały wytłumaczone w bardzo elegancki sposób przez dr. Sedlmayra przy pomocy równań Gorkova. W równaniach tych normalna (nienadprzewodząca) część hamiltonianu została dobrana w taki sposób, aby opisywała stany powierzchniowe trójwymiarowego izolatora topologicznego.

Zdecydowanie największa liczba prac wchodzących w skład ocenianego cyklu publikacji jest poświęcona modom Majorany, w różnych układach fizycznych. W pracy H5 wprowadzono *uogólnioną polaryzację Majorany* zbudowaną w oparciu o operator transformacji cząstka dziura. Pokazano, że *polaryzacja Majorany* pozwala zidentyfikować mody Majorany oraz ich strukturę przestrzenną w układach o złożonej geometrii, i jest szczególnie użytecznym narzędziem w teoretycznych badaniach układów, które mogą być analizowane w ramach formalizmu równań Bogoliubova-de-Gennesa. Publikacja H5 dotyczyła przede wszystkim układów kwazi-jednowymiarowych, natomiast praca H6 poświęcona była układom dwuwymiarowym, dla których wyznaczono gęstości stanów Majorany, tworzone przez nie płaskie pasma oraz ich stabilność ze względu na dystorsję występującą na brzegach układu lub zmianę przestrzennego rozkładu pola magnetycznego. W pracy tej przyjęto specyficzne warunki brzegowe (otwarte w jednym kierunku i periodyczne w kierunku prostopadłym). Dzięki temu układ dwuwymiarowy można było rozpatrywać jako zbiór efektywnych jednowymiarowych układów, które można badać niezależnie od siebie. Bardziej realistyczny przypadek przedstawiony został w pracy H10, gdzie rozpatrywano układ z otwartymi warunkami brzegowymi w obu kierunkach i gdzie wyznaczona została *polaryzacja Majorany*. Ustalono, że stany związane Majorany pojawiają się jedynie w przypadku kwazi-jednowymiarowym, natomiast w przypadku, gdy długość i szerokość badanego układu są do siebie zbliżone, takie stany nie występują.

W pracy H7 badano możliwość stabilnego współistnienia dwóch modów Majorany na tym samym końcu łańcucha opisywanego modelem nieoddziałujących fermionów, oraz wskazano grupę symetrii hamiltonianu, przy której takie współistnienie jest możliwe. Motywacją pracy H9 było wyznaczenie wielkości fizycznych, które mogą zostać zmierzone we współczesnych eksperymentach, a ich pomiar dostarczy silniejszych dowodów na obecność modów Majorany, niż standardowa spektroskopia STM. Wielkości takie zostały wskazane w pracy H9, gdzie badane były złącza typu normalny metal-nadprzewodnik. Wyniki numeryczne uzyskane z równań Bogoliubova-de-Gennesa pokazały, że przejście topologiczne można zidentyfikować wykonując pomiary spinowo-spolaryzowanych prądów tunelowych w eksperymentach STM. Jednak, jak podkreślono w podsumowaniu pracy H9, warto by było potwierdzić te przewidywania wykorzystując bardziej realistyczny opis analizowanego złącza.

Spośród prac dr. Sedlmeyra poświęconych modom Majorany szczególnie istotna jest praca H12, w której badano relację pomiędzy liczbą Cherna a ilością występujących w układzie stanów związanych Majorany. Skonstruowano przykład, który w czytelny

sposób pokazał, że liczba Cherna nie wyznacza jednoznacznie liczby tych stanów, a liczba stanów Majorany może zależeć od warunków brzegowych.

Dwie ostatnie prace, które wchodzą w skład recenzowanego osiągnięcia, łączą oba analizowane wcześniej zagadnienia, tj. dynamikę układów kwantowych oraz ich własności topologiczne. W szczególności w pracy H13 badana była dynamika typu *quench* dla modelu SSH oraz dla łańcucha Kitaeva. Parametry hamiltonianu użytego do konstrukcji stanu początkowego oraz hamiltonianu definiującego ewolucję czasową odpowiadały odmiennym reżimom topologicznym. Porównując dynamikę układów z periodycznymi oraz otwartymi warunkami brzegowymi udało się wyodrębnić wkłady do szybkości relaksacji, które pochodzą od stanów brzegowych. Ciekawym wynikiem było wskazanie, że wkłady te w istotny sposób zależą od tego, czy stan początkowy odpowiadał topologicznie trywialnej czy nietrywialnej fazie. Praca H14 jest uogólnieniem tych rozważań na przypadek, gdy stan początkowy jest zadany przez macierz gęstości.

Bardzo wysoko oceniam wszystkie prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego. Prace te zostały opublikowane w bardzo dobrych czasopismach i dostrzeżone przez środowisko naukowe. Dotyczą one aktualnych i przemyślanych problemów naukowych, a rozwiązania są czytelne i eleganckie. Prezentacja wyników jest bardzo przejrzysta, przede wszystkim w samych publikacjach, a autoreferat zawiera krótki, raczej poglądowy opis tych prac. Jestem głęboko przekonany, że osiągnięcia naukowe dr. Nicholasa Sedlmayra ujęte w recenzowanym cyklu publikacji odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy.

Ocena aktywności naukowej

Oprócz omawianej powyżej tematyki naukowej, dr Sedlmayr jest autorem szeregu innych prac poświęconych między innymi fizyce ścian domenowych w układach z uporządkowaniem magnetycznym. Wskaźniki bibliometryczne jednoznacznie potwierdzają wysoki poziom osiągnięć naukowo-badawczych habilitanta oraz ich istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej. Według bazy *Web of Science*, 40 prac dr. Sedlmeyra było cytowanych 330 razy (249 bez autocytowań) a indeks Hirscha wynosi 11. Na podstawie informacji przedstawionych w Autoreferacie, co najmniej 34 prace należy zakwalifikować jako oryginalne publikacje naukowe, spośród których 33 zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora. Niemal wszystkie te prace zostały opublikowane w czasopismach o wysokiej randze naukowej. W szczególności 24 prace zostały opublikowane w *Physical Review B*, a jedna w prestiżowym czasopiśmie *Physical Review Letters*. Cztery prace zostały opublikowane w ciągu ostatnich kilku miesięcy w *Physical Review B*, już po złożeniu dokumentacji habilitacyjnej, i nie zostały ujęte w Autoreferacie dr. Sedlmayra.

Świadczy to jednoznacznie o bardzo wysokiej aktywności naukowej habilitanta. Potwierdzeniem tej aktywności jest także długa lista wystąpień konferencyjnych dr. Sedlmayra, w tym pięć wykładów zaproszonych na konferencjach, które odbyły się w latach 2018-2019.

Dr Sedlmayr może pochwalić się wyjątkowo długą listą uczelni oraz instytucji naukowych, w których realizował swoje badania. Po uzyskaniu stopnia doktora pracował kolejno w Instytucie Maxa-Plancka w Halle, na Uniwersytecie w Halle, Uniwersytecie w Kaiserslautern, w CEA Saclay, na Uniwersytecie w Michigan oraz na Politechnice Rzeszowskiej. Współpracuje z szeregiem wybitnych fizyków w kraju i za granicą, a na szczególne podkreślenie zasługuje współpraca z prof. Jesko Sirker'em, która zaowocowała szeregiem świetnych publikacji.

Prace dr. Sedlmayra były publikowane niemal wyłącznie w bardzo dobrych czasopismach, reprezentują wysoki poziom naukowy, dotyczą najbardziej aktualnych zagadnień badanych w fizyce teoretycznej ciała stałego i wniosły istotny wkład w rozwój dyscypliny. W świetle powyższych faktów, nie mam najmniejszej wątpliwości, że dr Nicholas Sedlmayr spełnia wymagania ujęte w artykule 219 ust. 1 pkt. 3 Ustawy, dotyczące istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni.

Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne oraz popularyzujące naukę

Wspólnie z prof. Sebastianem Eggert'em z Uniwersytetu Technicznego w Kaiserslautern dr Sedlmayr realizuje projekt DAAD/NAWA. Jak wynika z jego Autoreferatu, wykonywał recenzje prac naukowych dla dziesięciu czasopism, w tym dla *Physical Review Letters*. W mojej ocenie dr Sedlmayr posiada wyjątkowo bogaty dorobek dydaktyczny obejmujący zarówno kursy dotyczące podstaw fizyki i matematyki, jak i zaawansowane wykłady np.: teoria pola w fizyce ciała stałego, kwantowa teoria układów wielu cząstek czy wykład dotyczący cieczy kwantowych. Dr Sedlmayr aktywnie uczestniczy także w różnych projektach popularyzujących naukę organizując spotkania, seminaria i prowadząc strony internetowe.

Podsumowanie

Jestem w pełni przekonany, że oceniane osiągnięcie naukowe dr. Nicholasa Sedlmayra, jak też jego aktywność naukowa spełniają wszelkie wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. Prace dr Sedlmayra prezentują wysoki poziom naukowy, który charakteryzuje Jego całą dotychczasową karierę naukową. Bardzo pozytywnie oceniam także Jego działalność dydaktyczną i popularyzatorską, a na szczególne podkreślenie zasługują bogata współpraca międzynarodowa oraz doświadczenia zdobyte w wielu ośrodkach naukowych. Wnioskuje o dopuszczenie dr. Nicholasa Sedlmayra do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego