

Poznań, 23 stycznia 2023 r.

prof. UAM dr hab. Anna Dyrdał

Zakład Fizyki Mezoskopowej
Instytut Spintroniki i Informatyki Kwantowej
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Recenzja

W postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne

Panu dr. Pawłowi Potaszowi

Pan doktor Paweł Potasz jest absolwentem Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej, gdzie w 2007 roku uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera przygotowując pracę magisterską pt. „*Termodynamika układów sparowanych fermionów w obszarze przejściowym BCS-BEC*”, której promotorem był dr Mateusz Krzyżosiak. Następnie, w 2012 roku, otrzymał stopień doktora nauk fizycznych, broniąc pracę doktorską pt. „*Elektronowe i optyczne własności nanostruktur grafenowych*”, której promotorami byli prof. Arkadiusz Wójs (Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wrocławska) oraz prof. Paweł Hawrylak (National Research Council Canada). Po doktoracie, dr Potasz kontynuował swoją pracę naukową na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki, najpierw jako asystent od października 2012 do września 2015, a następnie jako adiunkt do października 2020 roku. W tym okresie Habilitant odbył półroczny staż podoktorski w Department of Quantum Materials, International Iberian Nanotechnology Laboratory w Bradze (Portugalia), a w latach 2019 – 2021 odbył staż podoktorski na Uniwersytecie w Teksasie, w grupie prof. Allana MacDonalda. Od marca 2021 Habilitant pracuje na etacie profesora w Katedrze Mechaniki Kwantowej, Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu im. Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Jako osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr Paweł Potasz przedstawił cykl siedmiu artykułów naukowych zatytułowany „*Badania teoretyczne stabilności faz topologicznych w wybranych układach dwuwymiarowych*”. Wszystkie prace w cyklu są pracami wieloautorскими (od 2 do 8 autorów), w tym, w dwóch pracach habilitant jest pierwszym autorem ([H1], [H7]), w trzech pracach ostatnim autorem ([H2], [H5], [H6]), a w pozostałych dwóch pracach jest autorem przedostatnim ([H3], [H4]). Ponadto w pracy [H7] dr Potasz jest autorem korespondencyjnym. Wszystkie artykuły z cyklu zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym (po jednej w Phys. Rev. Lett., Nano Letters, Phys. Rev. B, Phys. Lett. A, New J. Phys, oraz dwie w J. Phys.: Condensed Matter). Do wszystkich artykułów, z wyjątkiem pracy [H1], Habilitant dołączył oświadczenia współautorów. Dodatkowo należy zaznaczyć, że

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań
tel. +48 61 829 52 88,
e-mail: adyrdał@amu.edu.pl

większość prac z cyklu została opublikowana wspólnie z doktorantami prof. Wójcisa, których Habilitant, w okresie powstawania tych prac, był promotorem pomocniczym.

Cykl publikacji przedstawiony przez Kandydata dotyczy bardzo ciekawej i aktualnej tematyki jaką są właściwości topologiczne układów dwuwymiarowych. Habilitant w swoich badaniach skupia się na charakteryzowaniu topologicznych faz wybranych sieci dwuwymiarowych (m.in. monowarstwa bizmutu, skręcona dwuwarstwa grafenu). Dr Potasz w swoich badaniach wykonuje obliczenia numeryczne struktur pasmowych w ramach wieloorbitalowych modeli ciasnego wiązania wykorzystując metodę dokładnej diagonalizacji. W ramach cyklu analizowane są zarówno modele jednociąłowe (prace [H1], [H2],[H4], [H5], [H7]), jak również wielociąłowe (prace [H1], [H3], [H6]).

W artykułach [H2], [H4] oraz [H5] badane były możliwe przejścia do fazy topologicznej dla wybranych materiałów grupy IV, takich jak monowarstwy bizmutu i antymonu oraz ich płaskie odpowiedniki – bizmuten i antymonen. W pracach tych analizowana była stabilność faz topologicznych w obecności różnych zaburzeń (np. zmiana siły oddziaływania spin-orbita w wyniku zmiany krzywizny monowarstwy, naprężenia, zewnętrzne pole elektryczne). W przedstawionych pracach obliczono niezmiennik topologiczny Z_2 oraz zachowanie stanów krawędziowych. Ciekawą metodą badania właściwości topologicznych jest analiza widm splątania i wyznaczanie indeksu śladu, którą zastosował Habilitant we współpracy z dr Brzezińską (wówczas doktorantką, której Kandydat był promotorem pomocniczym). Bardzo ciekawa jest tu analiza zachowania entropii splątania w okolicy topologicznego przejścia fazowego. Autorzy pokazali, że topologiczne przejścia powodowane zmianą koncentracji bizmutu do antymonu w $Bi_{1-x}Sb_x$ lub za pomocą naprężeń charakteryzują się nieciągłością entropii splątania w punkcie przejścia, natomiast przejścia topologiczne pod wpływem przyłożonego zewnętrznego pola elektrycznego charakteryzują się nieciągłością pierwszej pochodnej entropii splątania względem potencjału pola elektrycznego.

Habilitant badał także stany krawędziowe w nanowyspach – płatkach Bi (111) w pracy [H7], której celem było pokazanie możliwości indukowania zewnętrznym polem magnetycznym prądów krawędziowych, a co za tym idzie momentu magnetycznego. Taki orbitalny moment magnetyczny jest proporcjonalny do promienia kropki kwantowej z izolatora topologicznego, i z uwagi na ochronę topologiczną prądów krawędziowych jest on nieczuły na kształt kropki czy też występowanie defektów na krawędziach.

Prace [H1], [H3] oraz [H6] dotyczą wpływu efektów wielociąłowych na własności topologiczne. W pracy [H6] analizowana była stabilność ułamkowych izolatorów Cherna na przykładzie stanu typu Laughlina realizowanego na topologicznie nietrywialnym paśmie na sieci typu checkerboard. Autorzy tej pracy badali stabilność faz topologicznych względem przejścia pomiędzy siecią checkerboard a siecią Lieba. Przejście takie można zrealizować jeśli sieć checkerboard potraktować jako jedną podsieć sieci Lieba i kontrolować jej sprzężenie z drugą podsiecią poprzez zmianę potencjału na podsieciach – wykorzystując np. potencjał typu staggered. Pod nieobecność potencjału typu staggered struktura pasmowa posiada dwa nietrywialne topologicznie pasma o liczbie Cherna $C = +1$ i $C = -1$ pomiędzy którymi znajduje się zupełnie płaskie pasmo o liczbie Cherna $C = 0$. Zmiana potencjału typu staggered prowadzi

do topologicznego przejścia, w którym środkowe pasmo uzyskuje małą dyspersję i wymienia się liczbą Cherna z pasmem leżącym poniżej. W tym przypadku pasmo środkowe o małej dyspersji i skończonej liczbie Cherna umożliwia pojawienie się stanu ułamkowego izolatora Cherna. Doktor Potasz i współpracownicy zaobserwowali korelację między stałością/płaskością krzywizny Berry'ego (Berry curvature flatness) mierzoną poprzez odchylenie standardowe krzywizny Berry'ego oraz szerokością wielociałowej przerwy energetycznej, co sugeruje, że głównym mechanizmem stabilizacji stanu typu Laughlina przez oddziaływania z dodatkowymi węzłami sieci jest ich wpływ na krzywiznę Berryego.

W pracy [H3] Habilitant i współpracownicy skupili się na obserwacji krystalizacji Wignera na częściowo wypełnionych topologicznych płaskich pasmach na trzech typach sieci: kagome, checkerboard i plastra miodu. Autorzy pokazali, że krystalizacja Wignera zachodziła we wszystkich analizowanych modelach i dla szerokiego zakresu zmienności parametrów oddziaływania oraz szerokiego zakresu współczynników wypełnienia.

Praca [H1] wpisuje się w bardzo aktualny i ambitny nurt badań dotyczący korelacji w poskręcanych warstwach grafenowych oraz wykorzystania dolinowego stopnia swobody w układach 2D. Dr Potasz badał w niej rolę korelacji dla skręconej warstwy grafenowej względem stopnia wypełnienia pasm. Habilitant pokazał, że w przypadku $\nu = |3|$ następuje spontaniczne złamanie symetrii względem odwrócenia czasu i tylko jedna dolina jest obsadzona z maksymalnym spinem. W tej sytuacji układ staje się izolatorem Cherna. W tej pracy Kandydat wykorzystywał w swoich obliczeniach nie tylko metodę dokładnej diagonalizacji, ale także wykonał obliczenia w przybliżeniu pola średniego (metoda Hartree-Focka), co umożliwiło określenie roli korelacji elektronowych oraz pozwoliło na ekstrapolację wyników do granicy termodynamicznej. Muszę tu jednak zaznaczyć, że brak oświadczeń współautorów tej pracy nie pozwala jednoznacznie ocenić wagi wkładu Habilitanta do tej publikacji. Brak oświadczeń trochę dziwi, tym bardziej, że dr Potasz opublikował jeszcze dwie inne prace z prof. MacDonalodem oraz realizuje z nim wspólny grant. Doświadczenie Kandydata w obliczeniach metodą dokładnej diagonalizacji oraz powszechnie znana specjalizacja prof. Wójcisa i jego zespołu w obliczeniach ułamkowych efektów Halla pozwalają domniemywać, że istotnie wkład dr Potasza w powstanie tej pracy był dominujący.

Prace [H1] i [H7] stanowią najciekawszy i najbardziej wartościowy wkład do zaprezentowanego cyklu publikacji, są to też prace w których Habilitant jest pierwszym autorem. W pozostałych pracach dr Potasz jest ostatnim lub przedostatnim autorem, a więc jego rola sprowadza się w nich bardziej do zainicjowania obliczeń, pełnienia roli doradczej, nadzorującej lub sprawdzającej. Pokazuje to z jednej strony, że Kandydat potrafi świetnie współpracować w większej grupie i sprawować opiekę nad młodszymi członkami zespołu, z drugiej strony jednak poziom istotności wkładu Habilitanta w takich pracach nie jest łatwy do jednoznacznego ocenienia. W mojej ocenie takie prace (wieloautorskie, wspólne z doktorantami) nie wyglądają dobrze w cyklu przedstawianym jako osiągnięcie, które ma być ocenione jako istotny wkład habilitanta w dyscyplinę. Nie jest to zarzut tylko do dr Potasza, gdyż tego typu cykle habilitacyjne spotykane są w ostatnich latach coraz częściej i stanowią odejście od zwyczajowo przyjętych oczekiwań co do osiągnięć przedstawianych w postępowaniach habilitacyjnych. Mimo powyższego zarzutu przedstawiony cykl artykułów będących podstawą ubiegania się dra Potasza o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego

oceniam bardzo pozytywnie. Prace te stanowią ciekawy i ważny wkład w obecnie trwające badania nad własnościami topologicznymi w fizyce ciała stałego. Publikacje w większości przypadków zawierają analizę opartą o kilka różnych metod numerycznych co dodatkowo je wzbogaca i czyni bardziej wartościowymi. Habilitant pokazuje w nich, że posiadał umiejętność opieki nad młodszymi członkami zespołu oraz posiada ugruntowaną współpracę z naukowcami z wielu zagranicznych ośrodków naukowych. Taka współpraca przekłada się na dynamikę rozwoju jego kariery naukowej i skuteczność w aplikowaniu o środki finansowe na badania.

Ogólny dorobek naukowy Kandydata obejmuje współautorstwo w 35 publikacjach, w tym jedna monografia, 28 artykułów w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym (z bazy JCR), 6 artykułów to prace pokonferencyjne. Artykuły wchodzące w skład dorobku Habilitanta ukazały się w większości w wiodących czasopiśmie publikujących wyniki z obszaru fizyki ciała stałego, w tym Phys. Rev. Lett. (3x), Nano Letters (1x), Phys. Rev. B (12x). Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant opublikował 20 publikacji (m. in. 2x Phys. Rev. Lett., 5x Phys. Rev. B, 1x Nano Letters). Łączna liczba cytowań prac Habilitanta na dzień sporządzenia recenzji wynosiła 946, a H-index 15 (wg bazy Scopus). Najwyżej cytowane prace Kandydata pochodzą z okresu współpracy z prof. Hawrylakiem, a więc z okresu przed uzyskaniem stopnia doktora, niemniej jednak prace z cyklu habilitacyjnego zostały także zauważone w środowisku – 4 na 7 prac z cyklu ma więcej niż 10 cytowań, w tym praca [H1], opublikowana w 2021 roku w Phys. Rev. Lett. i w której dr Potasz jest pierwszym autorem, ma obecnie 17 cytowań, a praca [H6] opublikowana w 2015 roku w Phys. Rev. B, w której Kandydat jest ostatnim autorem zacytowana została 21 razy. Dr Potasz brał także udział w wielu konferencjach krajowych i zagranicznych. Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant wygłosił 8 referatów na konferencjach w tym 3 na zaproszenie.

Aktywność naukową realizowaną w innych uczelniach, w tym zagranicznych oceniam bardzo pozytywnie. Kandydat większą część studiów doktoranckich spędził w National Research Council w Kanadzie (4 roczne staże) u prof. Hawrylaka. Po uzyskaniu stopnia doktora, w 2014 roku, Habilitant odbył sześciomiesięczny staż podoktorski w International Iberian Nanotechnology Laboratory w Bradze (Portugalia) w ramach programu MNiSW Mobilność Plus. W latach 2019 – 2021 dr Potasz odbył staż podoktorski w grupie prof. Allana MacDonalda na University of Texas, Austin (USA). Pierwszy rok tego stażu finansowany był w ramach programu im. Mieczysława Bekkera (NAWA), a drugi przez Uniwersytet w Teksasie. Dodatkowo w latach 2012 – 2017 Habilitant odbył krótkie konsultacje naukowe (1-3 tygodnie) w University of Alicante (Hiszpania), Reykjavik University (Islandia), University of Ottawa (Kanada) oraz Izmir Institute of Technology (Turcja). Wyjazdy te zaowocowały wieloma publikacjami przygotowanymi wspólnie z pracownikami tych jednostek. Niewątpliwie współpraca z prof. Hawrylakiem i pobyt w Kanadzie uformowały naukowo Kandydata i przełożyły się na jego owocne kontakty międzynarodowe i dalszy dynamiczny rozwój kariery naukowej po doktoracie.

Należy podkreślić również dużą aktywność Habilitanta w pozyskiwaniu finansowania na badania naukowe. Dr Potasz obecnie jest kierownikiem projektu NCN Opus, który realizuje we współpracy z prof. A.H. MacDonalodem, wcześniej kierował projektem NCN Sonata (2014 – 2016) oraz projektem Iuventus Plus finansowanym przez MNiSW (2013 – 2016), otrzymał także finansowanie jako główny wykonawca w grantie promotorskim MNiSW. Habilitant był również wykonawcą w grantach NCN Opus, FNP „Mistrz” oraz NCN Maestro realizowanych przez prof. Arkadiusza Wójśa. Dodatkowo Kandydat zdobył środki na odbycie zagranicznych staży podoktorskich w ramach program Mobilność Plus MNiSW oraz program Bekkera NAWA.

Działalność dydaktyczna, organizacyjna oraz popularyzująca naukę jest adekwatna do etapu kariery naukowej Kandydata. Doktor Potasz był promotorem pracy magisterskiej oraz sprawował opiekę naukową nad czterema doktorantami w charakterze promotora pomocniczego. Na Politechnice Wrocławskiej Habilitant prowadził laboratoria i ćwiczenia z *Fizyki1*, laboratorium z *Modelowania komputerowego* oraz wykład *Efekty topologiczne w strukturach niskowymiarowych*, natomiast na Uniwersytecie im. Mikołaja Kopernika w Toruniu Kandydat prowadzi zajęcia z *Podstaw programowania*. W 2013 roku dr Potasz wygłosił dwa wykłady popularne – jeden w ramach XX Cyklu wykładów popularyzujących fizykę we Wrocławiu, a drugi w Zespole Szkół Ponadgimnazjalnych w Bystrzycy Kłodzkiej. W 2017 roku Kandydat był sekretarzem 44 Zjazdu Fizyków Polskich we Wrocławiu. Habilitant jest też recenzentem w wielu branżowych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, w tym Physical Review Letters i Physical Review B.

Podsumowując przedstawione mi do oceny osiągnięcie naukowe stanowi ciekawy i istotny wkład w rozwój fizyki ciała stałego, w szczególności w badania własności topologicznych układów dwuwymiarowych. Dr Potasz jest specjalistą w obliczeniach numerycznych wykorzystujących metodę dokładnej diagonalizacji i implementowaniu metod numerycznych do analizy własności topologicznych materii. Habilitant wykazał się niewątpliwie aktywnością naukową w wielu jednostkach naukowych w kraju i za granicą oraz umiejętnością pozyskiwania środków finansowych na badania naukowe. Kandydat posiada ugruntowaną współpracę naukową oraz bogaty dorobek jak na ten etap kariery naukowej. W związku z powyższym, stwierdzam, że dr Paweł Potasz spełnia wszystkie wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego, wynikające z ustawy z 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 poz. 1668. z późn. zm.). W szczególności dorobek ten spełnia wymagania wynikające z art. 219 ust.1 pkt. 2 tej ustawy i w pełni uzasadnia wnioski o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Anna Dyndał