

29/11/2019, Warszawa

Prof. dr hab. Krzysztof Byczuk

Instytut Fizyki Teoretycznej
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski
Pasteura 5
02-093 Warszawa

Recenzja rozprawy habilitacyjnej dr inż. Michała Zegrodnika

Omówienie zawartości dokumentacji habilitacyjnej

Wniosek dra Michała Zegrodnika z dnia 10/04/2019 o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka, złożony do Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów zawiera: odpis dyplomu doktorskiego, autoreferat w języku polskim i angielskim, wykaz dorobku habilitacyjnego w języku polskim, teksty oryginalnych publikacji stanowiących rozprawę habilitacyjną oraz oświadczenia współautorów.

Ze wszystkimi dokumentami zapoznałem się szczegółowo.

Tytuł rozprawy habilitacyjnej jest następujący: **Nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe oraz inne stany o złamanej symetrii w układach silnie skorelowanych elektronów.**

Jednostką przeprowadzającą postępowanie habilitacyjne jest Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej w Krakowie.

Omówienie przebiegu kariery naukowej habilitanta

Pan dr inż. Michał Zegrodnik ukończył studia II stopnia na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie w 2008 roku, przygotowując prace magisterską pod kierunkiem dra Wilhelma Czaplińskiego pod tytułem „Poziomy energetyczne molekuly mionowej helu i wodoru wyznaczone metodą biegunów macierzy rozpraszania”.

Tytuł doktora nauk fizycznych pan Zegrodnik otrzymał w 2013 roku przedstawiając rozprawę pod tytułem „Nadprzewodnictwo niekonwencjonalne w skorelowanych ferromagnetykach pasmowych” i wykonaną pod kierunkiem prof. dra hab. Józefa Spałka.

W okresie od 2013 do 2015 roku pan dr Zegrodnik zatrudniony był jako asystent, a później od 2015 roku do chwili obecnej jako adiunkt w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Habilitant jest współautorem 28 publikacji naukowych (25 w bazie JCR) z czego 9 stanowi omawiana rozprawę habilitacyjną, a 12 innych zostało opublikowane już po otrzymaniu tytułu doktora.

BR

Liczba cytowań wynosi 189 (bez autocytowań 122) wg. Web of Science a index H=8 (dane z 28 listopada 2019 roku).

Omówienie dorobku w ramach przedstawionego dzieła

Jako dorobek naukowy stanowiący rozprawę habilitacyjną dr Zegrodnik wybrał 9 publikacji wieloautorskich [H1-H10] z okresu 2015-2019 roku. Sześć z nich zostało opublikowane w Physical Review B, i po jednej w New Journal of Physics, Journal of Physics: Condensed Matter oraz Journal of Superconductivity and Novel Magnetism. Są to dobre typowe czasopisma, w których wyniki badań tego typu, co prowadzi dr Zegrodnik, na ogół się publikuje.

Publikacje H1 i H2 poświęcone są nadprzewodnictwu wysokotemperaturowemu z ujęciu jednopasmowym. W pracy H1 autor bada model t-J-U, czyli model Hubbarda z antyferromagnetycznym oddziaływaniem nadwymiernym pomiędzy spinami i oddziaływaniami między dalszymi sąsiadami. Parametry modelu są dobrane na podstawie dopasowania relacji dyspersji do wyników z podejść mikroskopowych w uwzględnianiem orbitali tlenowych i miedzi. Model t-J-U rozwiązywany jest w uogólnionym przybliżeniu Gutzwillera, metodzie rozwiniętej w grupie prof. Spałka. Wyniki odtwarzają znane diagramy fazowe dla nadprzewodników miedziowo-tlenowych, obliczona prędkość Fermiego jest niezależna od domieszkowania i ma uniwersalną wartość zgodną z doświadczeniem. Podobnie jest z wektorem Fermiego dla małego domieszkowania. W pracy H2 autor kontynuuje badania modelu t-J-U w uogólnionym przybliżeniu Gutzwillera analizując rolę skorelowanego hoppingu na nadprzewodnictwo elektronowe i dziurowe typu d. Wyniki dla prędkości Fermiego czy średniej liczbie podwójnych obsadzeń są analizowane z odniesieniem do danych eksperymentalnych.

W pracy H3 dr Zegrodnik bada wpływ hoppingu między płaszczyznami w modelu t-J-U na fazę nadprzewodzącą, co stanowi uzupełnienie badań prowadzonych w pracy H1 i H2. Hopping między płaszczyznami wymusza istnienie odpowiednich sprzężeń wymiennych między spinami w różnych płaszczyznach. Rozwiązania tego modelu w uogólnionym przybliżeniu Gutzwillera są analizowane w odniesieniu do wybranych danych eksperymentalnych dla nadprzewodnika Bi-2212z dwiema płaszczyznami CuO. Diagramy z zachowaniem się przerwy nadprzewodzącej o symetrii d są prezentowane dla różnych parametrów modelu.

W kolejnych pracach H4, H5 i H6 autor bada uporządkowania ładunkowe, nematyczne oraz antyferromagnetyczne w modelach jednopasmowych oraz analizuje wyniki w odniesieniu do eksperymentów z nadprzewodnikami wysokotemperaturowymi. W pracy H4 autor bada możliwość łamania symetrii obrotowej C_4 z zachowaniem symetrii translacyjnej, co nazywane jest fazą nematyczną. Jej istnienie i współistnienie jest analizowane w rozszerzonym modelu Hubbarda oraz modelu t-J-U dla różnych parametrów. Wyniki te są istotne dla zrozumienia roli kierunku nodalnego w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych. Praca H5 poświęcona jest badaniu stabilności i współistnienia nadprzewodnictwa, antyferromagnetyzmu oraz uporządkowania fali gęstości ładunkowej w modelu t-J-U z uwzględnieniem roli oddziaływania pomiędzy dalszymi sąsiadami. Uporządkowanie fali gęstości ładunkowej pojawia się jedynie w pewnych obszarach domieszkowania i gdy oddziaływanie międzywęzłowe jest większe od pewnej krytycznej wartości. To oddziaływanie wpływa destrukcyjnie na fazę nadprzewodzącą, natomiast faza antyferromagnetyczna jest słabo od niego zależna. Druga część pracy H5 dotyczy badania fazy nadprzewodzącej w diagramatycznym rozwinięciu funkcji Gutzwillera w celu porównania tego podejścia z przybliżeniem Gutzwillera

statystycznie samozgodnym. Ostatnia praca w tej grupie H6 bada stabilność i współistnienie nadprzewodnictwa typu d z uporządkowaniem typu fali gęstości ładunkowej i fali par Coopera w ramach jednopasmowego modelu t-J-U. Znalaziono przejście od czystej fazy nadprzewodzącej do fazy nadprzewodzącej współistniejącej z uporządkowaniem typu fali gęstości wraz ze zmianą domieszkiowania.

Praca H7 poświęcona jest badaniu nadprzewodnictwa w modelu trój-pasmowym. Rozważano model p-d zawierający dwa orbitale tlenowe p i jeden miedziowy d w komórce elementarnej. Wprowadzono odpowiednie przesłoki i hybrydyzacje między-orbitalne oraz oddziaływanie Hubbardowskie na atomach typu d. W ramach diagramatycznego rozwinięcia funkcji Gutzwillera badano zakres stabilności fazy nadprzewodzącej stwierdzając, że najsilniejszym jego komponentem jest parowanie na orbitalach typu d. Wyniki omówiono w odniesieniu do pracy eksperymentalnej.

Ostatnie prace w serii H8 i H9 poświęcone są nadprzewodnictwu typu Fulde-Ferrela z parami Coopera o niezerowym pędzie i jego związku z nadprzewodnictwem w materiałach na bazie żelaza. W pracy H8 badano 4 pasmowy model z parowaniem wewnątrz i międzypasmowym rozwiązany w przybliżeniu średniego pola (BCS). Okazuje się, że możliwe jest znalezienie stanu typu Fulde-Ferrela bez konieczności wprowadzania zewnętrznego pola magnetycznego, które rozszczepiałoby powierzchnię Fermiego. Za ten efekt odpowiada odpowiednio silne parowanie międzypasmowe. Wyniki zostały przedyskutowane w kontekście nadprzewodnictwa w związkach arsenowo - żelazowych. Praca H9 omawia model dwupasmowy z parowaniem międzypasmowym rozwiązany w przybliżeniu średniego pola. Badano stabilność fazy Fulde-Ferrela z parowaniem typu trypletowego.

Dorobek habilitacyjny pana dra Zegrodnika uważam za bardzo dobry, tematycznie spójny, opublikowany w dobrych czasopiśmie o międzynarodowej renomie. Liczba cytowań tych prac jest też zadowalająca. Myślę, że dr Zegrodnik wraz ze współpracownikami bardzo szczegółowo przebadali model jednopasmowy t-J-U w ramach różnego rodzaju rozwinięć przybliżenia Gutzwillera. Bardzo cennym jest porównywanie i omawianie wyników w świetle istniejących badań doświadczalnych. W ciągu tych prac nie poruszono pewnych ważnych aspektów związanych z nadprzewodnictwem wysokotemperaturowym, mianowicie nie-fermionowskie zachowania się skorelowanych elektronów w fazie normalnej blisko optymalnego domieszkiowania. Nie badano także własności transportowych w tym obszarze i w ogóle. Pewnie takie badania stanowiłyby materiał na oddzielną rozprawę habilitacyjną, ale ciekawe byłoby poznać wyniki. Pozwoliłoby to też określić zakres stosowalności przybliżenia Gutzwillera i jego dalszych rozwinięć.

Omówienie oświadczeń współautorów

Dokumentacja habilitacyjna zawiera oświadczenia wszystkich współautorów prac H1-H9. Nie ma w oświadczeniach określenia procentowego udziału pozostałych współautorów. Jednak w 7 z tych prac habilitant jest pierwszym autorem, co zgodnie ze zwyczajem panującym w grupie prof. Spałka oznacza dominującą rolę tego autora. Nie jest jednak dla mnie jasne oświadczenie prof. Spałka dotyczące pracy H5 i stwierdzenia, że stanowiła ona fragment w rozprawie doktorskiej pierwszego ze współautorów. Wnioskowałbym do Komisji o ustalenie stanu faktycznego jaka część pracy H5 znalazła się w rozprawie doktorskiej pana M. Abrama, a jaka w obecnej rozprawie habilitacyjnej. Przypuszczam, że wszystko jest w porządku, ale formalna procedura tego by wymagała.

Omówienie dorobku poza habilitacyjnego

W dorobku poza-habilitacyjnym znajduje się jedna praca z 2008 roku prawdopodobnie powstała na podstawie pracy magisterskiej oraz 15 innych prac powstałych w grupie prof. Spałka, choć 6 z nich jest bez jego udziału jako współautor.

Pan dr Zagrodnik był wykonawcą w 4 grantach i jest obecnie kierownikiem piątego grantu na lata 2017-20 finansowanego przez NCN.

Habilitant otrzymał trzy razy nagrody Rektora swojej uczelni.

Dr Zegrodnik wygłaszał wiele referatów i przedstawiał plakaty na różnych konferencjach o zasięgu międzynarodowym i krajowym.

Jeśli chodzi o staże w innych ośrodkach i zdobyte inne doświadczenie naukowe to są one raczej skromne. Brak też jest działalności jako recenzent w czasopismach.

Działalność dydaktyczna i na rzecz popularyzacji fizyki

Habilitant był współ - promotorem pracy doktorskiej pana M. Abrama. Brał udział w organizacji 3 konferencji ulokowanych z Zakopanem. Współtworzył nowy przedmiot poświęcony metodom numerycznym w układach w skali nano i w układach z silnie oddziałującymi elektronami.

Wnioski i rekomendacja

Zapoznawszy się z materiałami habilitacyjnymi pana dra inż. Michała Zegrodnika mam wrażenie, że jest on w pełni ukształtowanym i samodzielnym badaczem, mającym już pewne doświadczenie w zdobywaniu środków na badania, a także doświadczonym organizatorem.

Materiał przedstawiony jako dorobek habilitacyjny jest obszerny, prace są szczegółowe i rozbudowane, dogłębnie traktują problem nadprzewodnictwa w różnych wariantach modelu jednopasmowego t-J- oraz modelu wielopasmowego w ramach przybliżenia opartego na funkcji wariacyjnej Gutzwillera.

Dlatego pozytywnie oceniam dorobek habilitanta i całokształt jego działalności naukowo-badawczej i wnioskuję za nadaniem mu stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych.



Krzysztof Byczuk