

19/01/2023, Warszawa

Prof. dr hab. Krzysztof Byczuk

Instytut Fizyki Teoretycznej

Wydział Fizyki

Uniwersytet Warszawski

Pasteura 5

02-093 Warszawa

## Recenzja rozprawy habilitacyjnej dr inż. Piotra Chudzińskiego

### Omówienie zawartości dokumentacji habilitacyjnej

Wniosek dra inż. Piotra Chudzińskiego z dnia 2/03/2022 o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa, złożony do Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów zawiera: tłumaczenie dyplomu doktorskiego, autoreferat w języku polskim i angielskim, wykaz dorobku habilitacyjnego w języku polskim i angielskim.

Ze wszystkimi dokumentami zapoznałem się szczegółowo.

Tytuł rozprawy habilitacyjnej jest następujący: **Rola efektów kolektywnych w teoretycznym opisie dla inżynierii materiałów o nowych własnościach.**

Jednostką przeprowadzającą postępowanie habilitacyjne jest Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie.

### Omówienie przebiegu kariery naukowej habilitanta

Dr Inż. Piotr Chudziński otrzymał tytuł doktora w 2008 roku na podstawie pracy „*The ground state phase diagram and the effects induced by non-magnetic impurities in two leg Cu-O Hubbard ladders*” pod promotorstwem prof. Marc Gaby na Université Paris XI Sud w Orsay we Francji. Doktorat wykonywał jako stypendysta Marie Curie w latach 2005-2008.

W latach 2008-2012 był zatrudniony na Uniwersytecie w Genewie w Szwajcarii, w latach 2012-2014 na Uniwersytecie Regensburgskim w Niemczech, w latach 2014-16 na Uniwersytecie w Utrechcie w Holandii, od 2017 jest zatrudniony na Uniwersytecie Queens w Belfascie w Wielkiej Brytanii, i od 2020 w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie.



Habilitant jest współautorem 26 publikacji naukowych z czego 7 stanowi omawiana rozprawę habilitacyjną, a 15 innych zostało opublikowane już po otrzymaniu tytułu doktora.

Liczba cytowani wynosi 469 wg. Web of Science, a index H=9 (dane z marca 2022 roku).

#### Omówienie dorobku w ramach przedstawionego dzieła

Jako dorobek naukowy stanowiący rozprawę habilitacyjną dr Chudziński wybrał 7 publikacji z okresu 2011-21. Trzy z nich zostało opublikowane w Phys. Rev. B, dwie w Eur. Phys. J B, i po jednej w J. Phys. Cond. Matter i Proc. R. Soc. A. Są to dobre typowe czasopisma, w których wyniki badań tego typu, co prowadzi dr Chudzinski, na ogół się publikuje. Jedna praca jest dwuautorska i jedna trójautorska.

Celem prowadzonych badań dra Chudzinskiego było opracowanie ulepszanego opisu współczynników transportu, gdy dany materiał jest zdominowany przez stany kolektywne, i poszukiwaniu nieznanych mechanizmów transportu i rozpraszania w warunkach nie występowania kwazicząstek cieczy Fermiego, a raczej cieczy Luttingera, jedynie z kolektywnym widmem wzbudzeń. Habilitant korzystał z technik kwantowej teorii pola, bozonizacji, oraz formalizmu pamięci (zastosowaniu meromorficznej funkcji pamięci) w swoich teoretycznych badaniach. Choć, jako teoretyk, dr Chudziński badał różne układy w ramach fizyki teoretycznej, to bliska współpraca z grupami doświadczalnymi odgrywała duże znaczenie w jego karierze naukowej.

Swoje wyniki badań, dr Chudziński podzielił na cztery grupy, powiązane bezpośrednio z układami fizycznym:

1.  $\text{NbSe}_3$  - prace P18 i P23
2.  $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$  - prace P7 i P14
3.  $\text{Li}_{0.9}\text{Mo}_6\text{O}_{17}$  - prace P10 i P16
4.  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  - praca P22

Ad.1 Trój-chalogenki o strukturze kolumnowej są to nowe materiał anizotropowe o dominującej dwu lub jednowymiarowej fizyce i egzotycznych własnościach. W badanym materiale  $\text{NbSe}_3$  występują dwie współistniejące fazy: jednowymiarowa ciecz Luttingera i izolator Peierlsa (uporządkowanie gęstości ładunkowej). W prac P23 habilitant wyznaczył mikroskopowo parametry efektywnego modelu, uwzględniając oddziaływania międzykolumnowe, co pozwala na ilościowe wyznaczenie współczynników transportu dla tego materiału. Co więcej, przedstawiony ogólny formalizm teoretyczny może znaleźć zastosowanie w innych, podobnych sytuacjach jak drabinki kwantowe. Wyznaczone parametry  $K$  i prędkości  $v$  w modelu bozonowej cieczy Luttingera, które całkowicie determinują niskoenergetyczną fizykę układu, można powiązać z wielkościami eksperymentalnymi. W pracy P18 badano oddziaływanie jednowymiarowych elektronów ze fotonami i wpływ na sygnał ARPES. Wyznaczono odpowiedni element macierzowy dla zjawiska fotoelektrycznego. Pokazano, że gdy elektrony wędrują przez próbkę do jej powierzchni to kolektywna natura cieczy Luttingera sprawia, że elektrony szybko tracą swoją koherencję kwantową. Odbija się to na nieliniowej zależności fotoprądu. Określono też wpływ nieporządku na zjawisko fotoemisji. Jest on szczególnie silny w strukturach jednowymiarowych i dlatego obserwacja cieczy Luttingera w ARPES może być bardzo utrudniona. Analiza operatora rozpraszania wykazała, że fotoprąd jest wtedy silnie zredukowany w obecności nieporządku.



Ad. 2 – Bizmut i stopy bizmutu z antymonem są przykładem materiałów trójwymiarowych gdzie z powodu nietypowej relacji dyspersji elektronów ma miejsce tworzenie się akustycznych plazmonów. W pracy P7 badano wpływ wzbudzeń kolektywnych na oporność czy przewodność magnetooptyczną półmetali, takich jak bizmut. Są one silnie zmodyfikowane obecnością plazmonów akustycznych, będących konsekwencją występowania dwóch rodzajów nośników prądu w tym układzie. W niskich temperaturach oporność DC zależy od piątej potęgi temperatury. W wyższych temperaturach dotworzono zależność Babera, temperatura w potęgze dwa. Obliczenia prowadzono w ramach przybliżenia chaotycznej fazy RPA, a własności transportowe wyznaczono w ramach formalizmu funkcji pamięci. W pracy P14 w ramach metody diagramatycznej wyprowadzono efektywne oddziaływanie pomiędzy akustycznymi plazmonami, a akustycznymi fononami. To sprzężenie między dwoma rodzajami kolektywnych wzbudzeń układu ma nietypowy charakter rezonansowy. W pracy tej zasugerowano, że nowy mechanizm przekazu energii między układem elektronowym a układem sieci może stać za anomalnie wysokim sygnałem Nernsta. Może mieć to ogromne znaczenie przy wykorzystaniu materiałów bizmutowych w zamianie ciepła w energię elektryczną.

Ad. 3 – Purpurowe brązy molibdenowe są to struktury perowskitowe w których występują różnorodne zjawiska jak kolosalna magnetooporność, nadprzewodnictwo, ferroelektryczność, termoelektryczność, przejście metal-izolator. Materiał badany przez dr Chudzińskiego to  $\text{Li}_{0.9}\text{Mo}_6\text{O}_{17}$  o strukturze anizotropowej, warstwowej, z uporządkowaniem fali gęstości ładunkowej. Jest to materiał efektywnie jednowymiarowy z punktu widzenia fizyki niskoenergetycznej. Do opisu tego układu zastosowano strukturę energetyczną otrzymaną w formalizmie z pierwszych zasad i wyznaczono niskoenergetyczną fizykę znajdując efektywny model Tomonagi-Luttingera wraz z jego parametrami. W pracy P10 zbadano stabilność tego układu, znajdując przejście do fazy uporządkowania fali gęstości ładunkowej. Analiza opierała się o metody grupy renormalizacji. W pracy P16 kontynuowano ten temat analizując funkcje spektralne, oporność, i określono wpływ wielu orbitali na własności fizyczne tego perowskitu. Autor twierdzi o istnieniu dobrej zgodności jego teoretycznych wyników z eksperymentem. Ta zgodność jest raczej na poziomie jakościowym.

Ad. 4 –  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  jako przykład materiału termoelektrycznego i jednocześnie izolatora topologicznego. Trójwymiarowe izolatory topologiczne mogą na swojej powierzchni mieć jednowymiarowe helikalne stany topologiczne (stany brzegowe) należące do klasy stanów cieczy Tomonagi-Luttingera. W pracy P22 znaleziono analityczne wyrażenia opisujące termoelektryczne współczynniki Seebecka i przeanalizowano do jakiego stopnia model ten opisuje termoelektryczne własności tego izolatora topologicznego.

#### Omówienie oświadczeń współautorów

Dokumentacja nie zawiera oświadczeń współautorów prac kilkuautorskich. W szczególności dotyczy to publikacji P7 i P10. Wkład dr Chudzińskiego wydaje mi się niezaprzeczalny, ale dla formalności dobrze byłoby się oprzeć w opinii na deklaracjach współautorów.

lejs



#### Omówienie dorobku poza habilitacyjnego

Jak już nadmieniałem, dr Chudziński opublikował po obronie doktoratu 15 prac, nie zaliczanych do dorobku habilitacyjnego. Podejmował w nich badania innych materiałów jedno i wielowymiarowych takich, jak nanorurki węglowe czy wybrane ferroelektryki. Badał układy w stanie nierównowagowym i zajmował się inżynierią stanów atomowych na powierzchniach krzemu.

Dr Chudzinski wygłosił kilka wykładów zaproszonych na konferencjach międzynarodowych i wykładów plenarnych. Brał udział w pracach w ramach trzech grantów. Nie prowadził samodzielnie żadnego grantu badawczego.

Odbył trzy staże po-doktorskie w Genewie, Utrechcie i Ratyzbonie.

Uczestniczył w recenzowaniu artykułów do czasopism naukowych w tym Phys. Rev. Lett. i Phys. Rev. B.

Był laureatem stypendium Marie Curie w Orsay, gdzie prowadził prace badawcze w ramach swojego doktoratu.

Ma współpracę z 10 naukowcami w Europie, wielu z nich o wybitnej międzynarodowej renomie.

Dr Chudziński ma pewien dorobek technologiczny, udokumentowany e pracami w Phys. Rev. B, J. Phys.: Cond. Matt. oraz praca wysłana do druku. Współpracował też z sektorem gospodarczym w postaci firmy produkującej oprogramowanie naukowe. Ma także swój udział w wdrożeniach technologicznych związanych z pracami w ramach programu ThermoCone.

#### Działalność dydaktyczna i na rzecz popularyzacji fizyki

Nie znalazłem informacji o działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej habilitanta.

#### Wnioski i rekomendacja

Zapoznawszy się z materiałami habilitacyjnymi pana dra Piotra Chudzińskiego zauważam, że jest on doświadczonym badaczem specjalizującym się w zagadnieniach transportowych z udziałem wzbudzeń kolektywnych w układach niskowymiarowych.

Materiał przedstawiony jako dorobek habilitacyjny uważam za wystarczający i stanowi on jedynie wycinek całego dorobku habilitanta. Pomimo, że jego publikacje są głównie w czasopismach fizycznych, ich treść jest silnie związana z naukami materiałowymi. Jego szczegółowe badania różnych materiałów krystalicznych przyczyniają się do lepszego zrozumienia ich własności fizycznych i możliwości zastosowania w inżynierii materiałowej.

Dlatego pozytywnie oceniam dorobek habilitanta i całokształt jego działalności badawczej i wnioskuję za nadaniem mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

KuBym