

07/07/2021, Warszawa

Prof. dr hab. Krzysztof Byczuk

Instytut Fizyki Teoretycznej

Wydział Fizyki

Uniwersytet Warszawski

Pasteura 5

02-093 Warszawa

Recenzja rozprawy habilitacyjnej dr Agnieszki Cichy

Omówienie zawartości dokumentacji habilitacyjnej

Wniosek dr Agnieszki Cichy z dnia 03/02/2021 o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne, złożony do Wydziału Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej zawiera: kopię dyplomu doktorskiego, autoreferat w języku polskim i angielskim, wykaz dorobku naukowego w języku polskim i angielskim, dane wnioskodawcy w języku polskim i angielskim, oświadczenia współautorów, kopie dokumentów potwierdzające odbyte staże naukowe, kopie dokumentu potwierdzającego realizację grantu NCN Sonatina 1, oraz teksty oryginalnych publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.

Ze wszystkimi dokumentami zapoznałem się szczegółowo.

Tytuł rozprawy habilitacyjnej jest następujący: **Magnetyczne oraz nadprzewodzące fazy w modelach na sieci, realizowane w ultrazimnych mieszaninach atomowych na sieciach optycznych.**

Jednostką przeprowadzającą postępowanie habilitacyjne jest Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Fizyki w Poznaniu.

Omówienie przebiegu kariery naukowej habilitantki

Pani dr Cichy ukończyła studia magisterskie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w 2006 roku składając pracę magisterską pod kierunkiem prof. dra hab. Romana Micnasa.

Tytuł doktora nauk fizycznych pani Cichy uzyskała w 2012 roku na podstawie rozprawy pod tytułem *The influence of magnetic field on the superconducting properties and the BCS-BEC crossover in the systems with local fermion pairing*, pod kierunkiem prof. dra hab. Romana Micnasa na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Pani Cichy odbyła staż podoktorski na Uniwersytecie Goethego, w Instytucie Fizyki Teoretycznej, we Frankfurcie nad Menem, Niemcy w latach 2014-16, a od 2016 roku jest wizytującym naukowcem w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Johannes-Gutenberga w Mainz, Niemcy.

W latach 2017-21 była stażystką podoktorskim wspieranym przez NCN na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Od 2020 roku jest zatrudniona jako adiunkt na Wydziale fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w Zakładzie Teorii Materii Skondensowanej.

Habilitantka jest współautorką 28 publikacji, z tego 17 opublikowanych po uzyskaniu tytułu doktora. Prace są opublikowane pod nazwiskami Cichu, Kujawa-Cichy oraz Kujawa.

Liczba cytowań wynosi 80 (bez autocytowań 66) wg. Web of Science a index H=6 (dane z 7 lipca 2021 roku). Liczby cytowań jakie podają są nieznacznie mniejsze od tych podanych przez habilitantkę, prawdopodobnie z powodu publikacji prac pod różnymi nazwiskami i trudnościami z mojej strony w dokładnym zidentyfikowaniu wszystkich danych.

Omówienie dorobku w ramach przedstawionego dzieła

Pani dr Agnieszka Cichy przedstawiła sześć prac jako osiągnięcia naukowe. Dwie opublikowane w Annals of Physics i trzy opublikowane w Physical Review A oraz jedna w Physical Review B.

W pracy [1] autorka wraz z prof. Micnasem badała wpływ spinowej nierównowagi spowodowanej polem Zeemanowskim lub niesymetrycznym spinowo hoppingiem w modelu Hubbarda z przyciągającym potencjałem dwu-cząstkowym na sieci kubicznej w trzech wymiarach. Do analizy problemu zastosowano przybliżenie Hartree oraz przybliżenie oparte na samozgodnym podejściu przy użyciu macierzy T. W pracy przedstawiono wyniki analityczne i numeryczne. Określono i zbadano diagramy fazowe w różnych współrzędnych, liczba cząstek, potencjał chemiczny, oraz scharakteryzowano rodzaj przejść fazowych i gładkich przemian pomiędzy zidentyfikowanymi fazami. Praca jest obszerna 42 stronicowa i była cytowana 12 razy.

W pracy [2] dr Agnieszka Cichy wraz z K. Cichy i T.P. Polakiem poddany jest analizę model Hubbarda w przyciągającym potencjałem dwucząstkowym do którego dodano pole Zeemanowskie oraz orbitalne pole magnetyczne poprzez czynnik Peierlsa. Układ został rozwiązany dla sieci dwuwymiarowej w ramach przybliżenia Hartree średniego pola dopuszczającego nadprzewodzący parametr porządku. Zidentyfikowano pięć różnych faz i przedstawiono diagramy fazowe w różnych współrzędnych. Przedstawiono też spekulacje na temat eksperymentalnych weryfikacji tych przewidywań. Praca jest 11 stronicowa i była cytowana 4 razy.

W pracy [3] dr Cichy we współpracy z A. Sotnikov badała dwuorbitalowy model Hubbarda z oddziaływaniami prostymi oraz wymiennymi. Model ten odpowiadać ma za opis czterokomponentowej mieszaniny zimnych atomów na sieciach optycznych. Problem rozwiązany został w ramach przybliżenia dynamicznego pola średniego gdzie zastosowano metodę ścisłej diagonalizacji i metodę kwantowego Monte Carlo w ciągłym czasie do rozwiązania efektywnego problemu pojedynczej domieszki. Analiza prowadzona była dla dwóch podsieci oraz w ramach przybliżenia pola średniego w przestrzeni rzeczywistej. Obliczenia w tym ostatnim przypadku są wymagające i trudne ze względu na osiągnięcie samouzgodnionych rozwiązań. Zbadano diagramy

fazowe oraz własności termodynamiczne wykrytych faz magnetycznych i przejść pomiędzy nimi. Praca liczy 8 stron i cytowana była 5 razy.

W pracy [4] dr Cichy wraz z trzema innymi współautorami badała średniopolowe (Hartree) rozwiązania modelu Hubbarda w jednym wymiarze w obecności pola Zeemana, które wprowadza asymetrię spinową. Ze względu na przyciągający potencjał Hubbarda w układzie badano fazy nadprzewodzące i magnetyczne. Omówiono różne możliwe fazy BCS, FFLO, czy eta-pairingu. Mój niepokój budzi zastosowanie przybliżenia średniego pola w układzie jednowymiarowym oraz wątpliwa stabilność rozwiązań z długozasięgowym uporządkowaniem. Wyniki wydają się sprzeczne z twierdzeniem Hohenberga-Mermin-Wagnera i w publikacji [4] nie znalazłem do tego żadnych odniesień. Praca zawiera 9 stron i cytowana była 12 razy.

W publikacji [5] powstałej we współpracy w A. Ptok, dr Cichy badała fazy nadprzewodzące typu FFLO w modelu Hubbarda z ujemnym potencjałem dwucząstkowym na sieci heksagonalnej i w obecności pola Zeemanowskiego łamiącego symetrię spinową. Fazy BCS i FFLO zostały zidentyfikowane na średniopolowym (Hartree) diagramie fazowym oraz zbadano ich charakter i przejścia pomiędzy różnymi rozwiązaniami. Praca zawiera 11 stron i cytowana była 6 razy.

W ostatniej pracy [6] wymienionej w ramach osiągnięcia naukowego dr Cichy wraz z A. Sotnikow i J. Kuneszem badała fazy magnetyczne w wielorbitalowym modelu Hubbarda z oddziaływaniami odpychającymi i wymiennymi z uwzględnieniem symetrii rotacyjnej SU(2). Model został rozwiązany w ramach przybliżenia dynamicznego pola średniego z modelową gęstością stanów, odpowiadającą sieci Bethego z nieskończoną liczbą koordynacyjną. Związek z siecią hiperkubiczną z liczbą koordynacyjną z był skrótowo omówiony. Równania dynamicznego pola średniego zostały rozwiązane metodą symulacji Monte Carlo w ciągłym czasie. Różne scenariusze diagramów fazowych w zależności od liczby orbitali oraz parametrów kontrolnych zostały przedstawione. Praca zawiera 6 stron i cytowana była 2 razy.

Omówienie oświadczeń współautorów

Wszyscy współautorzy prac przedstawionych w osiągnięciu naukowym pani dr Cichy przedstawili swój wkład w powstawaniu publikacji i wkład samej habilitantki. Wydaje się on być zgodny z procentowym oszacowaniem wkładu dr Cichy i stwierdzam, że w ogólności jej wkład jest istotny i w większości wiodący.

Omówienie dorobku poza habilitacyjnego

Działalność naukowa dr Cichy skupiona jest w większości wokół modelu Hubbarda i zastosowaniu jego do opisu ultrazimnych atomów na sieciach optycznych. Do ciekawych rozgałęzień należy wymienić analiza bozonowej wersji modelu Hubbarda czy badania kwazicząstek Majorany na sieciach optycznych. Warto też zauważyć trzy prace, w których dr Cichy wraz z innymi współautorami zajmuje się problemami z kwantowej teorii pola i teorii cząstek elementarnych.

Dr Cichy ponad 40 razy uczestniczyła w różnorodnych konferencjach czy zaproszonych seminariach prezentując w postaci wykładów czy posterów swoje wyniki badań.

Organizowała konferencję Physica of Magnetism 2020 w Poznaniu oraz prowadziła dwukrotnie sesje na konferencjach naukowych.

Współpracuje z prawie 20 ośrodkami naukowymi na świecie i w Polsce i poza stażami podoktorskimi brała udział w wielu krótszych wizytach naukowych w wielu ośrodkach w Europie, głównie w Niemczech.

Habilitantka była też kierownikiem grantu NCN Sonatina.

Działalność dydaktyczna i na rzecz popularyzacji fizyki

Dr Cichy dwa razy opiekowała się pracami magisterskimi, prowadziła ćwiczenia do wykładów z różnych działów fizyki teoretycznej w Polsce i Niemczech. Wygłosiła też wykład kursowy z Wybranych zagadnień fizyki dla studentów biologii.

Jest autorką jednego artykułu popularyzującego fizykę i przedstawiła dwa razy prezentacje na konferencji fizyczno-filozoficznej. Także uczestniczyła w zajęciach dla uczniów szkół średnich.

Była i jest koordynatorem kilku seminariów.

Pozyskiwała czas obliczeniowy CPU na superkomputerach w Polsce i Niemczech.

Wnioski i rekomendacja

Dorobek naukowy przedstawiony w osiągnięciu oceniam pozytywnie. Przedstawiono 6 powiązanych ze sobą tematycznie prac naukowych, opublikowanych w dobrych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, w których dr Chichy odegrała znaczącą bądź istotną rolę. Prace skupiają się głównie na modelu Hubbarda z przyciągającym potencjałem i analizie możliwych faz nadprzewodzących lub nadpłynnych z naruszoną symetrią spinową. Choć metoda przybliżonego (Hartree) rozwiązywania tego modelu nie należy do zbyt wyrafinowanych, habilitantka wykazała się umiejętnością rzetelnej analizy wyników numerycznych, ich prezentacji i wyciągania wniosków fizycznych.

Dwie z przedstawionych prac stosowały inną metodę, przybliżenie dynamicznego pola średniego. Jest to rodzaj średniego pola, zaniedbującego korelacje przestrzenne w układzie, ale w sposób ścisły uwzględniająca lokalne korelacje kwantowe. Habilitantka zapoznała się z tą metodą oraz w sposób skuteczny opanowała umiejętność numerycznego rozwiązywania równań tej teorii.

Pewnym mankamentem jest dość niska liczba cytowań prac przedstawionych jako osiągnięcie naukowe, a także oczekiwałbym głębszej analizy zakresu stosowalności stosowanych przybliżeń do układów niskowymiarowych.

Osiągnięcia naukowe habilitantki i jej działalność naukowo-dydaktyczną oceniam jednak pozytywnie i uważam, że spełnia ustawowe i zwyczajowe kryteria przy nadawaniu stopnia doktora habilitowanego. Dlatego wnioskuję za nadaniem dr Agnieszce Cichy stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych.

Krzysztof Byczuk

