



Centrum Fizyki Teoretycznej

Polskiej Akademii Nauk

Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

Tel. (+48 22) 847 09 20, Fax/Tel: (+48 22) 843 13 69

Email: cft@cft.edu.pl

NIP 525-000-92-81 REGON 000844815

Warszawa, dn. 07.07.2021 r.

Recenzja dorobku naukowego dr Agnieszki Cichy w związku z jej postępowaniem habilitacyjnym

Cykl sześciu publikacji przedstawia osiągnięcie zatytułowane „Magnetyczne oraz nadprzewodzące fazy w modelach sieci, realizowane w ultrazimnych mieszaninach atomowych na sieciach optycznych”.

Ultrazimne gazy, o temperaturach rzędu 100 nanokelwinów są badane przez setki grup doświadczalnych na całym świecie. Wyniki doświadczalne i teoretyczne w tej dziedzinie wielokrotnie nagradzane były nagrodami Nobla. Jednym z nurtów tych badań jest fizyka atomów uwięzionych w interferujących wiązkach laserowych, czyli tzw. sieciach optycznych. Układ ten ma dwie kluczowe cechy: wszystkie jego istotne parametry można swobodnie zmieniać oraz możliwe są dokładne pomiary wielu wielkości fizycznych, nawet korelacji między położeniami pojedynczych atomów. Stwarza to szansę na wykorzystanie ultrazimnych gazów umieszczonych w sieciach optycznych jako kwantowych symulatorów oraz na wytworzenie w nich nowych kwantowych faz materii.

Idea kwantowych symulatorów polega na takim przygotowaniu sieci optycznej i oddziaływań między atomami, aby opisujący ten układ hamiltonian był podobny do hamiltonianu opisującego inny obiekt fizyczny, np. chmurę elektronów uwięzionych w sieci krystalicznej. Wykonując eksperymenty nad ultrazimnymi atomami, można więc lepiej zrozumieć własności innych, pozornie odległych układów. Taka strategia jest przydatna w sytuacji, gdy zbadanie hamiltonianu przerasta możliwości obliczeniowe komputerów. Dotyczy to szerokiej klasy hamiltonianów, w których próbuje się odnaleźć własności odpowiedzialne za wysokotemperaturowe nadprzewodnictwo. Możliwość tworzenia układów ultrazimnych atomów opisanych różnymi hamiltonianami otwiera również furtkę do poszukiwania nowych faz materii. Dużo uwagi poświęca się nieintuicyjnym stanom kwantowym, jak np. stan Fuldego-Ferrella-Larkina-Ovchinnikova (FFLO). W tym stanie, blisko związanym ze stanem BCS, atomy tworzą pary, których wypadkowy pęd jest różny od zera. Osiągnięcia Habilitantki dotyczą głównie faz kwantowych, ale są istotne w perspektywie obu powyżej przedstawionych kierunków badań.

Typową krytyczną uwagę w tej dziedzinie, którą uważam za stosowną oddać, jest paradoks, który tkwi w próbie wykonywania klasycznych obliczeń dotyczących układów, które mają być kwantowymi symulatorami. Subtelność polega na tym, że hamiltonian podany jako operator energii jest zwykle bardzo uproszczony. Wymagane jest więc zbadanie wpływu efektów pomijanych w pierwszym przybliżeniu. W eksperymencie trudno oddzielić wpływ różnych efektów fizycznych na wynik pomiarów. Właśnie dlatego wykonywane są obliczenia numeryczne mniejszych, „testowych” układów o bardziej złożonych operatorach energii. Cześć prac Habilitantki dotyczy właśnie rozszerzeń typowych hamiltonianów, co może mieć przełożenie na doświadczalne próby zbudowania kwantowych symulatorów oraz

wytworzenia nowych faz. Większość prac tworzących cykl, skupiona jest na poszukiwaniu i badaniu stabilności niekonwencjonalnych faz kwantowych, które pojawiają się w ultrazimnych gazach składających się z wielu składników.

W mojej opinii najistotniejsze wyniki dotyczą fazy FFLO, a w szczególności rezultaty opisane w publikacjach [4] "Critical behaviour in one dimension: unconventional pairing, phase separation, BEC-BCS crossover and magnetic Lifshitz transition" i [5] „Reentrant Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov superfluidity in the honeycomb lattice”. Mimo istnienia przesłanek doświadczalnych do istnienia tej fazy (Nature 467, 567 (2010)) ciągle brak przekonujących bezpośrednich obserwacji stanów FFLO.

W pracy [5] badano prosty, ale istotny Hamiltonian opisujący dwuskładnikowy układ fermionów w sieci o geometrii plastra miodu, w sytuacji gdy gęstości tych składników są różne. Wyjściowy Hamiltonian został uproszczony w ramach przybliżenia pola średniego do postaci, w której jawnie pojawia się parametr porządku. Amplituda parametru porządku dana jest rodziną funkcji, która obejmuje m.in. parametr porządku fazy FFLO. Bezpośrednia minimalizacja energii, przeprowadzona numerycznie za pomocą kodu przystosowanego do kart graficznych ujawniła istnienie takiego stanu na diagramie fazowym. W autoreferacie autorka podkreśla, że praca ta ma związek, z doświadczeniami planowanymi przez grupę w Monachium, z którą współpracowała. Jest to istotna uwaga, gdyż umiejętność prowadzenia rozważań teoretycznych i numerycznych w kontekście możliwych doświadczeń jest istotna w tej dziedzinie.

Interesującym wynikiem przedstawionym w cyklu prac jest wykazanie istnienia spolaryzowanego stanu nadprzewodzącego przedstawionego w pracy [1]. Znaczący wkład, ze względu na prace nad kwantowymi symulatorami wykorzystującymi ultrazimne atomy, mogą mieć wyniki numeryczne w rozbudowanych modelach, np. z uwzględnieniem wielu orbitali w każdym oczku sieci [6]. Są to zwykle trudne obliczenia, więc biegłość Habilitantki w ich wykonywaniu jest warta docenienia. Habilitantka oprócz wiedzy w dziedzinie materii skondensowanej, w której rozpoczynała naukową karierę, wykazuje się w swoich publikacjach i w autoreferacie dobrą znajomością fizyki ultrazimnych gazów. Dokładnie opisuje grupy pierwiastków używanych w doświadczeniach nad ultrazimnymi atomami wskazując, które z nich mają własności przydatne do realizacji konkretnych faz kwantowych.

Poniżej przekażę moje uwagi krytyczne. Odnoszą się one głównie do jakości autoreferatu i niezręczności. Uwagi te nie mają wpływ na ostateczną decyzję. Złe wrażenie sprawia wymienienie wśród publikacji z listy JCR dzieła „Wokół ewolucjonizmu. Dylematy filozofów i fizyków” wydawanego przed oficynę wydawniczą Batik w Poznaniu. Uważam, że popularyzacja fizyki jest bardzo ważna i pozytywnie oceniam działania Habilitantki na tym polu, ale ten artykuł nie powinien być w mojej opinii wymieniony wśród artykułów fizycznych z bazy Journal Citation Reports, przedstawionych w rozdziale 2.4.1 wykazu osiągnięć. Autoreferat w wersji angielskiej jest napisany rzetelnie, bardzo dobrym angielskim, natomiast jego polski odpowiednik jest wyraźnie niedopracowany. Złe wrażenie robią błędy w tłumaczeniach z angielskiego (np. „wartość skończona” zamiast „niezerowa” przy tłumaczeniu „finite value”, „coherencja”), niezręczne sformułowania („spójną koherentnie”), częste literówki. Problemem są też niedbale sporządzone odniesienia w obu wersjach (np. do „czerwonej linii” przerywanej na Rys. 13, która jest żółta, czy do Rys. 14(b), mimo że na rysunku 14 żadna ilustracja nie jest podpisana (b), literówka w referencji [68] etc). Niejasny jest opis siatki numerycznej na stronie 27 („121 x 121 k”, bez zdefiniowania „k”). Zdarzają się drobne nieścisłości merytoryczne – wynik z pracy [5] polega na realizowaniu modelu „elektronowego”, ale w układzie neutralnych atomów. W tym kontekście, zamiast sformułowania „oddziaływanie Coulomba”, w fizyce ultrazimnych atomów używa się precyzyjnych określeń, np. oddziaływania van der Waalsa, czy oddziaływań dipolowych między trwałymi momentami magnetycznymi.

Wspólnym mianownikiem prac tworzących cykl publikacji jest sformułowany w sposób ogólny hamiltonian, badanie mieszanin oraz metody obliczeniowe, ale związki między

pracami są luźne. Z autoreferatu czasami trudno zrozumieć jaki dokładnie układ był analizowany.

Mimo powyższych uwag, wniosek oceniam pozytywnie. Habilitantka prowadzi badania naukowe zgodnie z obecnymi standardami. Potrafi, wykorzystując swoją wiedzę i umiejętności w dziedzinie materii skondensowanej, nawiązywać współpracę naukową, często z badaczami zajmującymi się ultrazimnymi gazami atomowymi. Jej międzynarodowa współpraca owocuje publikacjami na europejskim poziomie. Jest w stanie pozyskiwać środki na badania (jest kierownikiem projektu NCN Sonatina) i była wykonawcą grantu międzynarodowego (SFB/TR 49 realizowanego w Uniwersytecie Goethego we Frankfurcie nad Menem). Należy zwrócić uwagę, że jest autorką czterech artykułów jedno-autorskich, napisanych jeszcze na wczesnym etapie kariery. Stosunkowo niskie wskaźniki bibliometryczne mogą być spowodowane przerwami w karierze naukowej oraz faktem, iż część z prac została opublikowana w ostatnich latach. Złe wrażenie wywiera niestety spora liczba autocytowań. Wrażenie to ulegnie prawdopodobnie zatarciu, gdyż wyniki habilitantki są rozpoznawalne i użyteczne i w związku z tym liczba cytowań z roku na rok rośnie.

Podsumowując uważam, że osiągnięcia naukowe przedstawione jako podstawa habilitacji dr Agnieszki Cichy odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018. Kandydatka wykazała się aktywnością naukową w wielu jednostkach naukowych, spełniając tym samym wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 3 ww. ustawy. W mojej opinii jej dokonania naukowe wypełniają zwyczajowe i ustawowe wymagania dotyczące habilitacji.

Wnioskuje zatem o dopuszczenie Pani Agnieszki Cichy do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



dr hab. Krzysztof Pawłowski