

Kraków, 25 września 2013 r.



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Joanny Pietraszewicz

Pani Joanna Pietraszewicz złożyła pracę doktorską pt. „Ultra zimne atomy bozonowe ze słabym magnetycznym oddziaływaniem dipolowym w sieciach optycznych”, przygotowaną pod kierunkiem prof. dr hab. Mariusza Gajdy oraz dr. Tomasza Sowińskiego. Rozprawa dotyczy bardzo aktywnie rozwijanej obecnie dziedziny fizyki ultra-zimnych gazów atomowych. O aktualności prowadzonych przez Panią Joannę Pietraszewicz badań świadczy fakt, że w końcowej fazie przygotowywania rozprawy, zostały ogłoszone wyniki eksperymentów bezpośrednio związane z teoretycznymi rezultatami prezentowanymi w pracy doktorskiej.

Instytut Fizyki

imienia

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Optyki Atomowej

Pierwsze trzy rozdziały rozprawy poświęcone zostały na wprowadzenie czytelnika w tematykę zimnych gazów atomowych ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień rozważanych w głównej części doktoratu. Pani Joanna Pietraszewicz dokonuje przeglądu oddziaływań obecnych w zimnych gazach złożonych z atomów chromu oraz przedstawia metody opisu atomów w obecności potencjału sieci optycznej. Atomy chromu posiadają magnetyczny moment dipolowy znacznie większy niż powszechnie wykorzystywane w badaniach eksperymentalnych atomy rubidu lub sodu. Oznacza to możliwość badania klasy zjawisk, w których oddziaływania dalekiego zasięgu odgrywają znaczącą rolę. Dodatkowo możliwości stwarza obecność periodycznego potencjału. Wstęp jest napisany dobrze i stanowi wartościowe źródło informacji dla czytelnika. W kilku miejscach autorka nie uniknęła błędów i „przejęzyczeń” jak np. w podstawowym wzorze opisującym oddziaływania dipolowe (2.13) i w definicji kąta θ , który wbrew temu co jest napisane w pracy nie jest kątem między momentami magnetycznymi atomów. Na str. 28 jest odwołanie do Rys.(3.6.1), którego nie ma – domyślam się, że chodzi o Rys.(3.4).

W rozdziale 4 rozpoczyna się prezentacja głównych tez rozprawy doktorskiej. Pani Joanna Pietraszewicz rozważa dwa oczka potencjału optycznego z różną liczbą atomów. Jeżeli w każdym oczku znajduje się tylko jeden atom, a tunelowanie między oczkami jest praktycznie do pominięcia, ewolucja układu zdeterminowana jest przez oddziaływania dipolowe. Odpowiednia skala czasowa jest rzędu 10 ms, co daje nadzieję na eksperymentalną obserwację badanych zjawisk. Zwiększenie liczby atomów powoduje uaktywnienie oddziaływań kontaktowych, a w konsekwencji

ul. Reymonta 4

PL 30-059 Kraków

tel. +48(12) 663-57-79

fax +48(12) 633-84-94

e-mail:

krzysztof.sacha@uj.edu.pl

Kraków, 25 września 2013 r.



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

imienia

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Optyki Atomowej

drastyczne przyspieszenie ewolucji układu. Na rysunkach 4.1-4.5 przedstawione są średnie obsadzenia stanów mS . Niestety nie bardzo wiem jaką dokładnie wielkość wylicza autorka. Na przykład rys. 4.1 odpowiada sytuacji, gdy początkowo każdy z dwóch atomów jest w stanie $mS=2$, a więc spodziewałbym się, że początkowe średnie obsadzenie tego stanu wynosi 2, a nie 1 jak zaprezentowano na rysunku. Nie widać również krzywej opisującej obsadzenie stanu $mS=3$, o którym autorka wspomina w tekście.

W drugiej części rozdziału 4 rozważane jest pojedyncze oczko potencjału optycznego i ewolucja atomów, w której magnetyzacja układu nie jest zachowywana. Aby dipolowe oddziaływania były w stanie zainicjalizować zmianę magnetyzacji potrzebne jest zewnętrzne pole magnetyczne, dobrane w taki sposób, że energie układu w początkowym stanie i w stanie o zmienionej magnetyzacji są niemal sobie równe. Pani Joanna Pietraszewicz przedstawia szereg rezonansowych wartości pola magnetycznego prowadzących do różnych zmian magnetyzacji rozważanego układu. Bardzo ciekawe wyniki otrzymuje w przypadku uwzględnienia poprawek do harmonicznego przybliżenia potencjału oczka sieci optycznej. Anharmoniczność i anizotropia powodują, że struktura rezonansowa staje się bogatsza. Autorka szczegółowo analizuje stany sprzęgające się ze stanem początkowym, a w końcowej części rozdziału porównuje swoje rezultaty z wynikami eksperymentalnymi. Niestety detekcja wąskich struktur rezonansowych nie była możliwa eksperymentalnie z powodu fluktuacji potencjału optycznego i fluktuacji pola magnetycznego oraz rozmycia spowodowanego obecnością tunelowania. Tunelowanie w opisie teoretycznym Pani Joanny Pietraszewicz jest zupełnie zaniedbane. Trochę szkoda, że autorka nie pokusiła się o wyliczenie efektywnego hamiltonianu przy użyciu rachunku zaburzeń, który w sytuacji słabego tunelowania powinien znakomicie opisywać rzeczywisty układ. Na początku części 4.2.5.1 autorka wspomina o tym, że podważa poprawność teoretycznych oszacowań w pracy [16], ale nie dowiadujemy się z czym konkretnie się nie zgadza. Mam również kilka uwag natury redakcyjnej. Na rys. 4.6 (oraz kilku następnych) prezentowane są jedno-cząstkowe gęstości prawdopodobieństwa. Opis sugeruje, że gęstości wykreślono w przestrzeni konfiguracyjnej, natomiast na rysunkach osie oznaczone są niezdefiniowanymi symbolami k_x , k_y i k_z . Ponadto wydaje się, że rysunki 4.14 i 4.15 zostały zamienione – podpisy sugerują, że rys. 4.14 powinien składać się z dwóch części, a rys. 4.15 z jednej, a w rzeczywistości jest odwrotnie?

W rozdziale 5 Pani Joanna Pietraszewicz rozważa gaz atomów chromu w potencjale sieci optycznej wychodząc poza przybliżenie jedno- lub dwu-oczkowe. Odpowiedni dobór pola magnetycznego

ul. Reymonta 4

PL 30-059 Kraków

tel. +48(12) 663-57-79

fax +48(12) 633-84-94

e-mail:

krzysztof.sacha@uj.edu.pl

Kraków, 25 września 2013 r.



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

imienia

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Optyki Atomowej

proceeds to the resonance between the state with $m_S=3$ and the momentum of the photon $L=0$ or $m_S=2$ and $L=1$. Restricting the Hilbert space to these two states of one-particle states, the author obtains the Bose-Hubbard Hamiltonian with a two-component gas of particles with an additional local term responsible for dipole-dipole interactions. Next, she determines the effective Hamiltonian in the second order of perturbation theory. The method of the average field is used to analyze the phase diagram of the system. Mrs. Joanna Pietraszewicz predicts, that depending on the amplitude of the optical lattice, three different phases may appear: the Mott insulator, the superfluid phase or the phase which is a superposition of the Mott insulator and the superfluid phase. The results are interesting and innovative. It is very likely that the experimental realization of the discovered phases will not be simple, but the results presented in the work open up interesting, unknown up to now horizons for further research.

Mrs. Joanna Pietraszewicz submitted a doctoral thesis containing a very conscientious analysis of the theoretical ultracold dipolar gases in the presence of an optical lattice potential. I would like to emphasize the author's ability to reduce the description of the system to the essential degrees of freedom of the Hilbert space. In the result, we obtain a simple and transparent picture of the system's behavior. Theoretical studies concern realizable setups in the laboratories, and in several cases, it was possible to confront the author's predictions with the experiment. The results obtained by Mrs. Joanna Pietraszewicz constitute a new challenge for further experimental studies. I would like to recommend Mrs. Joanna Pietraszewicz to the next stages of the doctoral thesis.


Prof. Krzysztof Sacha

ul. Reymonta 4

PL 30-059 Kraków

tel. +48(12) 663-57-79

fax +48(12) 633-84-94

e-mail:

krzysztof.sacha@uj.edu.pl