

Kraków, 20.06.2023



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Instytut

Fizyki Teoretycznej

Zakład Optyki Atomowej

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Damiana Włodzyńskiego

Mgr. Damian Włodzyński przygotował rozprawę doktorską pt. „Problem małego polaronu w jednowymiarowej pułapce harmoniczej” pod kierunkiem dr. hab. Tomasza Sowińskiego. Wyniki prezentowane w rozprawie bazują na artykule opublikowanym samodzielnie przez doktoranta w czasopiśmie Physical Review A. Pan Damian Włodzyński opublikował również dwa inne artykuły w czasopiśmie Physical Review A, w których jest pierwszym autorem, których nie włączył do rozprawy doktorskiej. Tematyka, którą zajmuje się doktorant należy do dziedziny ultra-zimnych gazów atomowych, która jest intensywnie rozwijana zarówno w badaniach teoretycznych jak i eksperymentalnych.

Głównym wynikiem rozprawy doktorskiej jest uogólnienie transformacji Lee-Low-Pines (LLP), stosowanej w opisie mieszanin jednorodnych układów fermionowych, w przypadku, gdy fermiony znajdują się w potencjale harmonicznym. Pan Damian Włodzyński pokazał, że opis gazu nierozróżnialnych fermionów oddziałujących z cząstką rozróżnialną znacząco się upraszcza, jeśli użyjemy położenia środka masy układu, położeń fermionów względem położenia cząstki rozróżnialnej oraz zmiennych opisujących pęd fermionów względem pędu środka masy. Wówczas hamiltonian układu separuje się na hamiltonian opisujący środek masy w potencjale harmonicznym oraz hamiltonian oddziałujących wzajemnie względnych stopni swobody w obecności potencjału harmonicznego oraz potencjału opisanego deltą Diraca. Co ciekawe wzajemne oddziaływania stają się zaniedbywalne, gdy masa rozróżnialnej cząstki rośnie. Po bardzo precyzyjnym opisie uogólnienia transformacji LLP, doktorant przechodzi do prezentacji numerycznych wyników, które ilustrują użyteczność transformacji oraz pozwalają wyciągnąć szereg istotnych informacji na temat zachowania rozróżnialnej cząstki w morzu fermionów w pułapce harmoniczej oraz porównać otrzymane wyniki teoretyczne z dostępnymi w literaturze wynikami eksperymentalnymi. Metoda pozwala łatwo zrozumieć zachowanie układu, ponieważ prowadzi ona do rozbicia hamiltonianu na niezależne hamiltoniany, a każdy z nich generuje dynamikę prostszą do zrozumienia, w szczególności, gdy masa cząstki rozróżnialnej jest duża.

Praca doktorska napisana jest niezwykle precyzyjnie i jasno. Pan Damian Włodzyński wykazał się znajomością dziedziny ultra-zimnych gazów atomowych i zrozumieniem podstawowych metod ich opisu. Ponadto potrafi przekazać swoją wiedzę w sposób łatwy do zrozumienia dla czytelnika, prezentując tylko istotne informacje i zwracając uwagę na kluczowe elementy. Znalazłem jedynie dwa przypadki, gdzie tekst przestaje być doskonały. Na

ul. prof. Stanisława

Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków

tel. +48(12) 664-47-79

e-mail:

krzysztof.sacha@uj.edu.pl

stronie 14 podane jest wyrażenie (11) na operator unitarny S . Jeśli zarówno x_0 i p_0 są niekomutującymi operatorami, to S nie wygląda, aby był operatorem unitarnym i nie jest jasne jakiej transformacji on odpowiada. Drugi przypadek to drobne pomyłki w użyciu określeń „parzyste” i „nieparzyste” stany, tzn. na stronach 26, 27 i 39 określenia te powinny być zamienione.

Praca doktorska bazuje na artykule opublikowanym w czasopiśmie *Physical Review A*, którego jedynym autorem jest mgr. Damian Włodzyński, a więc została przygotowana przez doktoranta samodzielnie. Jest to sytuacja rzadka obecnie i świadczy o bardzo dużej dojrzałości doktoranta, który nie tylko przeprowadził wszystkie obliczenia i analizę, ale również był pomysłodawcą badań. Sądzę, że rezultaty otrzymane w rozprawie doktorskiej będą użyteczne dla wszystkich, którzy będą badać problem polaronu w różnych mieszaninach ultra-zimnych gazów atomowych w obecności pułapki harmoniczej. Do pełnego szczęścia brakuje uogólnienia opisanej transformacji dla przypadku trójwymiarowej pułapki harmoniczej. O ile rozumiem uogólnienie transformacji nie następuje dużych problemów, niemniej szkoda, że pan Damian Włodzyński nie opisał jej w rozprawie doktorskiej. Otrzymanie numerycznych wyników w przypadku trójwymiarowym dla wielu fermionów byłoby trudne, ale dla niewielkiej liczby z pewnością osiągalne dla doktoranta.

Pan Damian Włodzyński dyskutuje przypadek odpychających oddziaływań między fermionami i rozróżnialną cząstką. Silne odpychające oddziaływania powodują, że cząstka rozróżnialna „wykopuje sobie dziurę” w gazie fermionowym w centrum pułapki harmoniczej i w takiej studni potencjału lokalizuje się. Czy dla przyciągających oddziaływań, w szczególności silnych przyciągających oddziaływań, można spodziewać się podobnej lokalizacji? Silne przyciągające oddziaływania powinny powodować gromadzenie się fermionów w centrum pułapki, ale z uwagi na ujemną długość rozpraszania, cząstka rozróżnialna powinna odczuwać takie gromadzenie fermionów jako studnię potencjału i w tej studni się lokalizować?

Podsumowując, rozprawa doktorska mgr. Damiana Włodzyńskiego zawiera wyniki ważne i użyteczne w badaniu ultra-zimnych gazów atomowych. Czytało się ją z przyjemnością. Rozprawa spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgr. Damiana Włodzyńskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. Krzysztof Sacha