

## Streszczenie

Niniejsza praca opisuje wpływ oddziaływań dipolowych na własności układów wielociałowych z perspektywy teoretycznej. Jej głównym celem jest analiza skutków wzajemnego występowania lokalnych i nielokalnych oddziaływań pomiędzy atomami. Praca kładzie szczególny nacisk na przypadek silniejszych oddziaływań, które wymagają teoretycznego opisu wykraczającego poza standardowe podejście związane z teorią pola średniego. Prezentowane wyniki skupiają się głównie na modelach jednowymiarowych.

W Rozdziale 1 krótko przypominamy historię badań nad ultrazimnymi atomami, podając przykłady dotyczące głównie atomów oddziałujących dipolowo. Oprócz tego, osadzamy tematykę poruszaną w tej pracy w kontekście trwających badań w dziedzinie gazów kwantowych.

Rozdział 2 wprowadza podstawowe teoretyczne pojęcia dotyczące rozważanych układów, które zostaną wykorzystane w dalszej części dysertacji. W szczególności rozdział ten zawiera analizę ogólnych własności układów wielociałowych oraz oddziaływań dwuciałowych w reżimie ultraniskich temperatur. Na koniec tej części odwołujemy się do powszechnie stosowanego opisu średniopoleowego.

Rozdział 3 poświęcony jest dwóm dipolowym atomom umieszczonym w pułapce harmoniczej pod nieobecność zewnętrznego pola magnetycznego. W takim układzie możliwa jest adiabatyczna ewolucja ruchu względno atomów z fali  $s$  do fali  $d$ .

Rozdział 4 porównuje ciemne solitony znane z teorii pola średniego z energetycznie najniższymi stanami własnymi dla danej wartości całkowitego momentu pędu wielociałowego układu składającego się ze słabo oddziałujących bozonów. Statystyka bozonowa jest w tym przypadku odpowiedzialna za wyłonienie się cech solitonowych układu nawet w granicy braku oddziaływań pomiędzy atomami.

Rozdział 5 opisuje bozony, które oddziałują przyciągająco na krótkich zasięgach, zaś na większych odległościach odpychają się na skutek oddziaływań dipolowych. Głównym wynikiem tego rozdziału jest pokazanie, że poprzez jednoczesne dostrojenie oddziaływań krótkozasięgowych oraz geometrii pułapki można zmienić pewien stan własny z kolektywnego wzbudzenia na powszechnie znany stan rotonu.

Rozdział 6 opisuje przejście od stanów przypominających kroplę kwantową do stanów przypominających biały soliton. Przejście to zachodzi na granicy pomiędzy globalnie przyciągającym a globalnie odpychającym charakterem oddziaływań. Począwszy od analizy małych układów i silnych oddziaływań, przechodzimy do większych układów poprzez wprowadzenie nowej wersji równania Grossa-Pitaiewskiego.

Rozdział 7 przedstawia mikroskopowy model diagnozowania dwuciałowej funkcji falowej oparty na oddziaływaniach pomiędzy atomem a światłem. W szczególności, znajduje się w nim dyskusja na temat wpływu własności impulsu świetlnego na widmo absorpcyjne fotonu w przypadku dwóch atomów umieszczonych w pułapce harmoniczej.

Ostatni rozdział 8 służy za podsumowanie całej dysertacji oraz przedstawienie niektórych możliwości rozszerzenia wyników przedstawionych w tej pracy.

Krzysztof Odrzyński