

Kraków, 29 maja 2015 r.

Dziekanat Wydziału Fizyki UW
Sekcja ds. pracowniczych
Wpłynęło dn. 02.06.2015
podpis



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Tomasza Wasaka

Pan Tomasz Wasak przygotował pracę doktorską pod kierunkiem prof. dra hab. Marka Trippenbacha oraz dra Jana Chwedeńczuka. Rozprawa nosi tytuł "Collisional properties and many body effects in ultracold systems. Quantum interferometry" i dotyczy zagadnień metrologii z głównym naciskiem na analizę jej zastosowań w ultra-zimnych gazach atomowych. Tematyka jest intensywnie rozwijana na świecie zarówno w badaniach teoretycznych jak i eksperymentalnych. Praca oparta jest na czterech artykułach opublikowanych w bardzo dobrych czasopismach oraz jednej pracy zamieszczonej w bazie e-print:arXiv. Oprócz tego autor opublikował sześć artykułów. Osiągnięcia Pana Tomasza Wasaka są znakomite i bez problemu mogłyby stanowić materiał dwóch prac doktorskich.

Pierwsze dwa rozdziały rozprawy poświęcone są wprowadzeniu w tematykę badań, omówieniu eksperymentów bezpośrednio związanych z rozprawą oraz analizie formalizmu używanego w pracy. Rozdziały napisane są bardzo klarownie i odnosi się wrażenie, że rozważane problemy są proste, a formalizm łatwy do przyswojenia. Źródłem tego wrażenia jest wyjątkowa umiejętność autora w jasnym przedstawianiu zagadnień fizycznych i matematycznych, której nie można osiągnąć bez głębokiego zrozumienia oraz przemyślenia problemów. Ale to nie wystarczy, trzeba mieć również zmysł dydaktyczny, który pozwala postawić się w roli czytelnika i zorientować się jakie uwagi pomogą w zrozumieniu prezentowanych zagadnień, a jakie są zbędne i prowadzić mogą do nieistotnych pytań.

W trzecim rozdziale rozważane są przykłady ilustrujące problem wyboru optymalnego pomiaru w metrologii. Autor w przeważającej mierze skupia się na analizie i optymalizacji informacji Fischera w przypadku, gdy w interferometrii wykorzystane są stany czyste. Określenie optymalnego pomiaru dla stanów mieszanych, jak pokazuje autor, wymaga znajomości parametru wyznaczanego w interferometrii, co de facto wyklucza optymalizację. Pod koniec części 3.3.1 Pan Tomasz Wasak pokazuje, że gdyby zamienić cząstki nierozróżnialne na rozróżnialne, szersza klasa stanów mieszanych pozwoliłaby przekroczyć granicę szumu śrutowego w metrologii. Trochę szkoda, że ten problem nie został dokładniej przedyskutowany. Można spodziewać się, że mieszaniny różnego rodzaju gazów atomowych będą bardziej użyteczne w metrologii niż ta sama ilość atomów, ale tego samego rodzaju. Brakuje mi również szerszej analizy do jakiego stopnia możemy pozwolić sobie na

Instytut Fizyki

imienia

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Optyki Atomowej

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, 29 maja 2015 r.



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

imienia

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Optyki Atomowej

dekoherencji, aby stany splątane wciąż posiadały przewagę nad stanami separowalnymi. Wraz ze wzrostem liczby cząstek w układzie rośnie kwantowa informacja Fishera, ale również rośnie podatność na zaburzenie, a więc stany separowalne bardzo szybko powinny wysunąć się na prowadzenie. Ciekaw jestem opinii autora czy istnieje szansa, aby w praktycznych zastosowaniach metrologii stany splątane w najbliższej przyszłości wyparły stany separowalne?

Kolejne trzy rozdziały poświęcone są analizie eksperymentalnych sygnatur stanów splątanych, która rozpoczyna się od badania związku między łamaniem nierówności Cauchy-Schwarz'a przez funkcję korelacji drugiego rzędu, a obecnością splątania w układach nierozróżnialnych cząstek z niezerową masą. Pan Tomasz Wasak udowadnia, że rzeczywiście łamanie nierówności implikuje splątanie. Jest to bardzo ważna wiadomość dla eksperymentatorów, ponieważ funkcję korelacji drugiego rzędu można relatywnie łatwo mierzyć. Z drugiej strony analizowane kryterium splątania jest dość rzadkim „sitem”, które nie jest w stanie odsiać całej klasy stanów splątanych. Łamanie nierówności Cauchy-Schwarz'a, a bardziej precyzyjnie wystąpienie ściskania fluktuacji różnicy liczby atomów rozpraszanych w przeciwne kierunki, analizowane jest w zderzeniu chmur atomowych tworzących kondensat Bosego-Einsteina (używanie określenia zderzenie dwóch kondensatów jest niefortunne w tym przypadku, choć dość powszechnie stosowane). W tym celu autor wykorzystuje teorię Bogoljubowa, ale robi to w sposób wysoce przemyślany wprowadzając uproszczenia, które pozwalają zredukować opis do prostego modelu zawierającego tylko kluczowe elementy procesu rozpraszania. Teoretyczna analiza daje ciekawy wynik: głównym powodem zanikania ściskania fluktuacji różnicy liczby rozpraszanych atomów jest brak monochromatyczności zderzających się chmur atomowych. Układ eksperymentalny można zmodyfikować tak, aby ściskanie fluktuacji mogło być wyraźnie obserwowalne. Dzieje się tak, gdy atomy są rozpraszane do przestrzennie rozdzielonych modów. W rozdziale szóstym Pan Tomasz Wasak ilustruje tego typu sytuację analizując konkretny eksperyment, gdzie kolektywnie wzbudzony wydłużony kondensat staje się źródłem par atomów rozpraszanych w przeciwne kierunki wzdłuż jego osi. Ilościowy opis eksperymentu sprowadza się do całkowania równań Bogoljubowa-de Gennes'a. O ile dobrze rozumiem autor całkuje wszystkie równania (6.6) naraz, bo są one ze sobą sprzężone? Bardziej efektywne wydaje się zastosowanie najpierw transformacji Bogoljubowa i rozprężenie równań opisujących ewolucję różnych modów Bogoljubowa.

W ostatnim rozdziale rozważana jest użyteczność dwóch kondensatów Bosego-Einsteina w interferometrii. Okazuje się, że dwa kondensaty przygotowane niezależnie prowadzą do kwantowej

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, 29 maja 2015 r.



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

imienia

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Optyki Atomowej

informacji Fishera bliskiej granicy Heisenberga. Jeżeli nie kontrolujemy dokładnie jaka liczba atomów tworzy kondensat, wciąż mamy szansę przekroczyć granicę szumu śrutowego. Co ciekawe okazuje się, że im mniej gładka będzie gęstość prawdopodobieństwa opisująca liczbę atomów w kondensatach tym lepiej. Oznacza to, że w pewnym sensie im bardziej „niedbale” przygotujemy eksperyment tym lepsze efekty w przypadku stanów mieszanych osiągniemy. Autor przedstawia wyniki dla przypadku, kiedy gęstości prawdopodobieństwa liczby atomów w obu kondensatach narażone są na to samo stochastyczne zaburzenie, ale twierdzi, że konkluzje będą podobne nawet, gdy każdy kondensat będzie odczuwał inny nieporządek. Wynik jest zaskakujący dla mnie. Intuicja podpowiada mi, że w przypadku kiedy mamy do czynienia ze stanem Focka o równej liczbie atomów w dwóch przekrywających się przestrzennie modach, pomiar gęstości cząstek odkryje prążki interferencyjne o maksymalnym kontraście niezależnie od tego ile mamy cząstek pod warunkiem, że jest ich dużo. Natomiast jeśli dopuścimy możliwość przekładania cząstek z jednego modu do drugiego, sytuacja się zmienia i kontrast spada. Chętnie usłyszałbym komentarz Pana Tomasza Wasaka na ten temat.

Podsumowując, Pan Tomasz Wasak przygotował bardzo dobrą pracę doktorską dotyczącą zagadnień intensywnie obecnie rozwijanych. Chciałbym podkreślić, że rozprawa napisana jest wyjątkowo starannie i czyta się ją z wielką przyjemnością. Autor przedstawił wyniki ciekawe z teoretycznego punktu widzenia i ważne z eksperymentalnego. Nowe idee wykorzystania splątania wynikającego z nierozróżnialności cząstek w metrologii mają szansę na realizację w laboratorium. Nie ma wątpliwości, że autor dogłębnie rozumie rozważane zagadnienia i jest ekspertem w metrologii i analizie eksperymentalnych sygnatur użytecznego splątania kwantowego. Wysoko oceniam cały dorobek naukowy doktoranta, który z nadwyżką spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim. Wnoszę o dopuszczenie Pana Tomasza Wasaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

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

