



UNIWERSYTET MIKOŁAJA KOPERNIKA
I N S T Y T U T F I Z Y K I

ul. Grudziądzka 5/7 87-100 TORUŃ

Tel. (48 56) 611 33 10
Sekretariat: (48 56) 622 63 70

Fax (48 56) 622 53 97
Telex 0552412 umk pl
e-mail: ifiz@phys.uni.torun.pl



Data: 11.08.2014

L. dz.:

dr hab. Roman Ciuryło
Instytut Fizyki
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Marcina Płodzenia pt. : „Efekty nieporządku w zimnych gazach atomowych”.

Rozprawa doktorska mgr Marcina Płodzenia poświęcona jest teoretycznym badaniom efektów wielociałowych fal materii ultra zimnych atomów w obecności pól magnetycznych i optycznych. Badania tego typu mają istotne znaczenia dla zrozumienia własności zdegenerowanych gazów atomowych ograniczonych przestrzennie przy pomocy pole magnetyczne lub światła daleko odstrojonego od rezonansów atomowych.

Na rozprawę przedstawioną mi do oceny składa się pięć rozdziałów rozszerzonych dwoma dodatkami i opatrzonych bibliografią. Ponadto rozprawa zawiera pięć prac opublikowanych w Physical Review A – cztery prace i New Journal of Physics – jedna praca. W dwóch z tych prac mgr Marcin Płodzeń jest pierwszym współautorem.

Pierwszy rozdział stanowi zwięzłe wprowadzenie pojęć kluczowych dla tej rozprawy i jej kolejnych rozdziałów. Jednym z nich jest lokalizacja Andersonna, która może być obserwowana w przypadku zdegenerowanych gazów atomowych w sieciach optycznych. Kolejnym pojęciem wprowadzonym w rozdziale pierwszym jest optyczny potencjał przypadkowy. Może on być wygenerowany jako rezultat przejścia liniowo spolaryzowanego światła laserowego przez przeźroczysty materiał porowaty w dalekim polu. Oba pojęcia oraz ich podstawowe własności zostały przedstawione w przystępny i jasny sposób, dając niezbędny zasób informacji potrzebnych do zrozumienia pozostałej części rozprawy.

Trzy kolejne rozdziały zawierają podsumowanie wyników otrzymanych przez Autora i opublikowanych w pięciu pracach do niej dołączonych. Rozdziały te bardzo ułatwiają czytanie całości dzięki zwięzłemu przedstawieniu wyników zawartych w publikacji i podkreśleniu ich znaczenia. Otrzymane wyniki są jasno opisane umożliwiając ich zrozumienie bez dogłębnego studiowania

literatury poświęconej badanej tematyce. Każdy z tych rozdziałów jest zakończony listą prac, których dotyczy oraz wskazaniem głównych osiągnięć uzyskanych w nich przez Autora rozprawy.

Drugi rozdział przedstawia koncepcję atomowego lasera przypadkowego (ARL). Od z górą dwudziestu lat znana jest możliwość uzyskania akcji optycznego lasera przypadkowego zweryfikowana doświadczalnie. Mgr Marcin Płodzień przedstawia nowatorską koncepcję przeniesienia tej idei z generacji fal elektromagnetycznych na generację fal materii. Proponuje wykorzystać optyczny potencjał przypadkowy jako ośrodek rozpraszający koherentne fale materii kondensatu Bosego-Einsteina. Autor pokazuje, że przy odpowiednim doborze optycznego potencjału przypadkowego w pewnym zakresie pędów ekspansja kondensatu Bosego-Einsteina zachodzi bez lokalizacji Andersona. Atomy posiadające pęd z tego zakresu koherentnie opuszczają obszar optycznego potencjału przypadkowego podczas gdy pozostałe atomy pozostają uwięzione dzięki lokalizacji Andersona. Uzyskane w opublikowanej pracy (praca 1 w spisie publikacji) wyniki dla przypadku jedno i dwu wymiarowego pozwalają podejrzewać, że również w przypadku trzech wymiarów powinno być możliwe otrzymanie atomowego lasera przypadkowego. Z oświadczenia Promotora będącego współautorem tej pracy jasno wynika, że wkład doktoranta był bardzo istotny a wszystkie wyniki obliczeń zostały otrzymane przez niego.

Trzeci rozdział dotyczy problematyki rozchodzenia się solitonów w kondensacie Bosego-Einsteina. Z tą tematyką związane są trzy prace zawarte w rozprawie (prace 2, 3 i 4 w spisie publikacji). W pracy 2 Autor rozprawy skupił się na badaniu lokalizacji Andersona oddziałujących ze sobą solitonów w potencjale przypadkowym. W pracy Promotora z 2009 roku można znaleźć przewidywanie lokalizacji Andersona środka masy pojedynczego solitonu w potencjale przypadkowym. Sytuacja ulega zmianie gdy mamy do czynienia z oddziałującymi solitonami. Gdy oddziaływanie między solitonami jest silne lokalizacja Andersona przestaje zachodzić. Podobnie jak w przypadku pracy 1 w pracy 2 wkład Autora rozprawy był bardzo istotny. W pracy 3 osiągnięciem Autora rozprawy jest kwantowy opis ciemnego solitonu w potencjale przypadkowym. Pokazał on, że może zachodzić lokalizacja Andersona ciemnych solitonów w potencjale przypadkowym mimo, iż jest nietrwała a to dlatego, że czas jej życia jest dłuższy od czasu życia kondensatu Bosego-Einsteina. Na koniec należy wspomnieć o wynikach zamieszczonych przez Autora rozprawy w pracy 4 poświęconej wielocząstkowej lokalizacji Andersona w układach jedno wymiarowych. Pokazał tam że stosowane przez niego obliczenia z użycie efektywnego podejścia jednociłowego dają wyniki o dobrej zgodności z obliczeniami wielociłowymi.

Czwarty rozdział jest poświęcony zgoła odmiennym zagadnieniom. Omówiona jest w nim analiza doświadczeń prowadzonych ze spinorowym kondensatem Bosego-Einsteina w niejednorodnym polu magnetycznym. Wyniki tych badań zostały opublikowane w pracy 5. Jest to szczególnie interesujący przykład efektywnej współpracy grupy teoretycznej prowadzącej skomplikowane obliczenia złożonej dynamiki układu ultra zimnych atomów oraz grupy doświadczalnej stosującej wyrafinowane techniki eksperymentalne do otrzymywania i manipulacji kondensatem Bosego-Einsteina. Jest to nieczęsty przypadek w polskich warunkach. Wyniki doświadczalne analizowane w pracy 5 zostały otrzymane w Krajowym Laboratorium FAMO w Toruniu. Natomiast analiza danych wraz symulacjami została przeprowadzona przez Autora rozprawy. Symulacje dynamik spinorowego kondensatu Bosego-Einsteina w niejednorodnym polu magnetycznym pokazały jak powstaje struktura interferencyjna w komponentach kondensatu odpowiadających poszczególnym magnetycznym liczbom kwantowym. Bardzo skrótowo można powiedzieć, że natura obserwowanych obrazów interferencyjnych związana

jest z różną prędkością względnego ruchu atomów w stanach charakteryzowanych przez poszczególne magnetyczne liczby kwantowe w niejednorodnym polu magnetycznym. A sam obraz interferencyjny powstaje przy zmianie osi kwantyzacji dzięki różnicy faz między poszczególnymi interferującymi komponentami. Obraz ten zmienia się wraz czasem trwania obserwacji (wzrasta liczba prążków). Faza obrazu interferencyjnego jest losowa w każdej realizacji. Ważną konkluzją powyższych analiz było spostrzeżenie, iż tego typu efekty interferencyjne mogą mieć wpływ na szereg innych eksperymentów opartych na obserwacji obrazów interferencyjnych w kondensacie Bosego-Einsteina.

Piąty rozdział to podsumowanie uzyskanych przez mgr. Marcina Płodzenia wyników. W dodatkach Autor zawarł bardziej szczegółowe informacje dotyczące numerycznej implementacji optycznego potencjału przypadkowego i numerycznego obliczania długości lokalizacji Andersona.

Rozpraw jest dobrze zredagowana. Trudno mi było się dopatrzeć błędów edytorskich. Bibliografia zamieszczona przez autora nie jest zbyt obszerna, liczy 56 pozycji, jest jednak wystarczająca do ilustracji omawianych zagadnień i zrozumienia kontekstu prowadzonych badań.

Niniejszą rozprawą mgr Marcin Płodzień udokumentował zdolność do rozwiązywania zaawansowanych problemów współczesnej fizyki kwantowej. Potrafi operować złożonym aparatem matematycznym. Jednocześnie pokazał, że niestraszne są mu skomplikowane obliczenia numeryczne. Należy podkreślić również bliski związek prowadzonych prac teoretycznych Autora z fizyką doświadczalną. Wyniki opublikowane przez mgr. Marcina Płodzenia już zyskały zainteresowanie międzynarodowe. Nie mam wątpliwości, że może prowadzić samodzielne badania i publikować swe wyniki w renomowanych periodykach naukowych.

Uważam, że rozprawa doktorska mgr. Marcina Płodzenia spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zarówno te ustawowe jak i zwyczajowe, dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony jego rozprawy.

Roman Liżyś