

dr hab. Tomasz Karpiuk  
Wydział Fizyki  
Uniwersytet w Białymstoku  
ul. Ciołkowskiego 1L  
15-245 Białystok

Recenzja pracy doktorskiej mgr Andrzeja Syrvida  
pt. „Quantum solitons: From many-body eigenstates to novel physical phenomena”  
wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Krzysztofa Sachy  
na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej  
Uniwersytetu Jagiellońskiego

Rozprawa doktorska mgr Andrzeja Syrvida składa się z trzech głównych części poprzedzonych wstępem, zakończonych podziękowaniami, szesnastoma załącznikami i bibliografią składającą się z 222 pozycji. Pierwsza część pracy stanowi teoretyczne wprowadzenie do dwóch głównych modeli, na których opierają się większość wyników zaprezentowanych w dwóch kolejnych częściach pracy. Te modele to model Lieba-Linigera opisujący gaz bozonowy i model Yanga-Gaudina opisujący gaz fermionowy. Druga część pracy opisuje wyniki dotyczące związków pewnych wielociałowych stanów własnych tych modeli z solitonami. Trzecia część pracy pokazuje, że stany te są pomocne w badaniu nowych zjawisk fizycznych takich jak krystalizacja w domenie czasowej i dynamiczne kwantowe przejścia fazowe.

Pierwsza część badań teoretycznych opisanych w pracy dotyczy związku pomiędzy ciemnymi solitonami będącymi rozwiązaniami równania Grossa-Pitaevskiego, a wzbudzeniami drugiego rodzaju w wielociałowym modelu Liba-Linigera z periodycznymi warunkami brzegowymi. Oba modele opisują gaz bozonowy. Pierwszy robi to na poziomie pola średniego, drugi to ścisły wielociałowy model kwantowy. Autor pracy zauważa, że translacyjna niezmienniczość rozwiązań ścisłego modelu kwantowego może zostać złamana przez procedurę pomiaru. Dzięki temu udaje się pokazać, że wzbudzenia drugiego rodzaju w przypadku słabego oddziaływania odpowiadają ciemnym solitonom znanym z równania Grossa-Pitaevskiego. Dzięki temu, że użyty model jest ścisły i działa dla dowolnych oddziaływań, można było badać własności kwantowych solitonów również dla silnych oddziaływań, które wymykają się opisowi w ramach równania Grossa-Pitaevskiego.

Druga część badań zajmuje się związkiem ciemnych solitonów z modelem Liba-Linigera ograniczonym nieskończonymi barierami potencjału. W tym wypadku udaje się zidentyfikować specyficzną klasę stanów własnych, które odpowiadają ciemnym solitonom.

Kolejna porcja wyników dotyczy gazu fermionowego będącego w stanie nadciekłym i opisanego ścisłym modelem Yanga-Gaudina. W tym wypadku również udało się pokazać, że jeśli układ zostanie przygotowany początkowo jako stan własny yrast to własności ciemnego solitonu są widoczne w funkcji falowej ostatniej pary fermionów.

Nasuwa się tu pytanie, czy podobne techniki mogą być wykorzystane do badania mieszaniny bozonowo-fermionowej?

Ostatnia część wyników dotyczy zastosowania tych wzbudzeń do badania nowych zjawisk. W szczególności pokazano, że jeśli układ zostanie przygotowany w odpowiednim stanie wzbudzonym to można zaobserwować długo żyjącą strukturę periodyczną w domenie czasowej. Czas życia tej struktury rośnie z liczbą cząstek co w granicy termodynamicznej oznacza, że będzie ona stabilna dowolnie długo. Ten sam stan wzbudzony został wykorzystany do zaobserwowania oznak dynamicznego przejścia fazowego w badanym układzie.

Praca napisana jest bardzo przejrzysto. Dzięki wyłączeniu wielu szczegółowych wyprowadzeń do załączników główna część pracy jest klarowna. Jednocześnie praca zachowuje walory dydaktyczne i zainteresowany czytelnik może prześledzić i zrozumieć stosowane techniki dzięki wielu materiałom zawartym w załącznikach. Praca zawiera dużą ilość dobrze opisanych rysunków. Jedyną moją uwagą tyczy się tego, że niektóre rysunki zawierają stosunkowo dużą ilość wykresów co czyni je mało czytelnymi. Opis takiej ilustracji potrafi zająć niemal całą stronę.

Jestem przekonany, że praca mgr Andrzeja Syrvida zawiera bardzo dobrze przygotowany materiał naukowy i stanowi istotny wkład w badaniu solitonowych własności gazów kwantowych. W szczególności wierzę i zgadzam się z autorem, że wyniki pracy kończą długo trwającą dyskusję na temat związku wzbudzeń drugiego rodzaju w wielociałowym ścisłym modelu Liebha-Linigera z solitonami znanymi z równania Grossa-Pitaevskiego i pokazują ich kwantową naturę. W mojej opinii już ten wynik opisany w trzech pracach opublikowanych w Physical Review A stanowiłby wystarczający materiał do rozprawy doktorskiej. Jednak autor idzie dalej pokazując, że również wzbudzenia w gazie fermionów w stanie nadciekłym opisanym modelem Yanga-Gaudina posiadają cechy solitonowe. Wynik ten został opublikowany w kolejnej pracy opublikowanej w Physical Review A. Jakby tego było mało w kolejnych dwóch pracach badane są nowe zjawiska, w których analizie pomocne są specyficzne wzbudzenia o własnościach solitonowych, takie jak kryształ w domenie czasowej i dynamiczne kwantowe przejścia fazowe. Wyniki te zostały opublikowane w Physical Review Letters i Physical Review A. Jestem przekonany, że rozprawa, której tyczy recenzja, z nawiązką spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i wnoszę do Rady Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego o dopuszczenie mgr Andrzeja Syrvida do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. Tomasz Karpiuk