

Wrocław, 12 kwiecień 2016

Prof. dr hab. Tadeusz K. Kopec
Instytut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytet Wrocławski

Recenzja

pracy doktorskiej: "**Krytyczne skalowanie kwantowej wierności**"

autor: **mgr Mariusz Adamski**

promotor: dr hab. Janusz Jędrzejewski, prof. UWr

Praca doktorska Pana mgra Mariusz Adamskiego zredagowana w języku polskim liczy 117 stron i zawiera: 20 dwustronicowy Wstęp będący omówieniem zagadnienia kwantowych przejść fazowych oraz definicje kwantowej wierności i jej zastosowanie do analizy kwantowych przejść fazowych, 5 rozdziałów poświęconych kolejno modelom fermionowych gazów na d -wymiarowej hiperkubicznej sieci i jego transformacjom przy pomocy przekształcenia Fouriera i transformacji Bogoliubowa, analizie modelu jednowymiarowego, modelu dwuwymiarowego symetrycznego oraz antysymetrycznego. Dwa dodatki przedstawiają uwagi dotyczące notacji i konwencji wyprowadzenia niektórych wzorów użytych w pracy, a także rozwiązania dla modelu XY w polu zewnętrznym. Prace kończy rozdział podsumowujący otrzymane rezultaty i wnioski końcowe oraz spis literatury zawierający 42 pozycje w tym 3 prace Pana mgra Adamskiego (wraz innymi

autorami), które ściśle dotyczą tematyki zawartej w rozprawie, zdeponowane w formie elektronicznej w internetowym repozytorium prac naukowych *arXiv* funkcjonującym przy Cornell University.

Autor wyraźnie sprecyzował cele rozprawy. Pierwszy z nich dotyczy użyteczności kwantowej wierności jako alternatywnej metody badania przejść fazowych w tym analizy praw skalowania. Drugim ważnym tematem ściśle związanym z tym tematem jest kwestia więcej niż jednej długości korelacji. Następnym celem rozprawy jest wszechstronne zbadanie szeregu modeli jedno- i dwu- wymiarowych i ich własności w obszarze kwantowym z użyciem technik analitycznych jak i numerycznych. Rola i charakter efektów kwantowych to zagadnienia jakie zostały szczegółowo przedstawione w rozprawie.

Zastosowanie wierności do analizy kwantowych przejść fazowych po raz pierwszy zaproponowano w pracy Zanardi i Paunković w roku 2005, gdzie koncepcja ta została pokazana na przykładzie modelu Dicke i XY. Jak zauważa Autor idea tego zastosowania opiera się na intuicyjnym fakcie, że stany należące do różnych kwantowych faz o odmiennym rodzaju uporządkowania powinny odzwierciedlać swoje własności w parametrze wierności, jako prostej miary kwantyfikującej ich odmiennosć. Zatem analiza stanów podstawowych układów z użyciem tego parametru powinna pozwolić wyznaczyć linie krytyczne będące granicami faz odtwarzając tym samym diagram fazowy badanego układu.

Autor stawia w pracy pytanie o właściwości układów, dla których charakterystyczną cechą są prawa skalowania. W rozdziale III autor przytacza model jednowymiarowego łańcucha fermionów, którego elementy oddziałują harmonicznie z najbliższymi sąsiadami, same poruszając się w potencjale parującym na sąsiednich węzłach. Następnie Autor analizuje własności

termodynamiczne przy użyciu transformaty Fouriera i metody Bogoliubowa po czym przechodzi do analizy efektów kwantowych obliczając parametr wierności i szereg funkcji korelacyjnych. Jakkolwiek podejście w terminach parametru wierności zdaje się oferować atrakcyjną alternatywę do opisu kwantowego przejścia fazowego, to jak zauważa autor, nie jest wolne od pewnych inherentnych problemów właściwych tej metodzie. Prawa skalowania wierności wymagają aby iloczyn wymiaru przestrzennego układu d i wykładnika drogi korelacji ν był mniejszy od dwóch. Nie znając wykładnika drogi korelacji nie można z góry określić czy prawa skalowania będą spełnione. Ponadto przypadek graniczny $d\nu=2$ nie zawsze prowadzi do niepotęgowego skalowania, co prowadzi autora do konkluzji, że brak potęgowego skalowania implikuje równość $d\nu=2$.

Autor przedstawionej pracy doktorskiej nie ustrzegł się też drobnych usterek o charakterze redakcyjnym. Na przykład definicja czasu urojonego Matsubary na str. 16 i jego odniesienia do temperatury nie została podana, jakkolwiek przy analizie kwantowego obszaru krytycznego jest to bardzo pomocne. Recenzent nie również nie znajduje mocnego uzasadnienia na niekonwencjonalne wprowadzenie transformaty Fouriera na str. 24 z użyciem symboli „ \mathbf{k} ” i „ \mathbf{k} ”. Na przykład analizując wyrażenia zawierające sumy po wektorach falowych czytelnik musi zapoznać się z opisem tej konwencji zamieszczonej w dodatku A. Nie są to jednak niedociągnięcia rzutujące na pozytywny merytoryczny obraz przedłożonej rozprawy doktorskiej.

Podsumowując, chciałbym podkreślić, że praca zawiera szereg ciekawych i oryginalnych wyników popartych dorobkiem publikacyjnym doktoranta, wykazując się znaczną znajomością metodologii i literatury przedmiotu. Zasadniczym rezultatem rozprawy jest przedstawienie spójnego obrazu kwantowych przejść fazowych w badanych układach obejmującego szereg

przykładów układów o różnej wymiarowości. Uzyskanie tych wyników było możliwe dzięki zastosowaniu i adaptowaniu szeregu narzędzi teoretycznych takich jak: formalizm drugiego kwantowania oraz metoda transformacji kanonicznych Bogoliubowa. Należy również podkreślić, że wsparcie jakościowych przewidywań przy pomocy metod numerycznych pozwoliło ilościowo pogłębić zrozumienie i zinterpretować zachowanie rozważanych układów. Rozprawa doktorska Pana mgr Mariusza Adamskiego stanowi wartościowy wkład do wiedzy o fizyce przejść fazowych w niskowymiarowych układach kwantowych. Napisana jest starannie i przejrzysto, wyniki obliczeń są wnikliwie przeanalizowane, a wysnute wnioski dobrze umotywowane.

W związku z powyższym stwierdzam, że praca w zupełności spełnia wymogi art. 13 Ustawy o tytule i stopniach naukowych dla prac doktorskich. Wnioskuje zatem o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Prof. dr hab. Tadeusz K. Kopec