



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Instytut

Fizyki Teoretycznej

Zakład Optyki Atomowej

Kraków, 21 maja 2022

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Karola Kawy pt. "Dynamika wzbudzenia w układzie kwantowym z silnym nieporządkiem I sprzężeniami dalekiego zasięgu"

Rozprawa mgr. Kawy poświęcona jest szczegółowej analizie dynamiki niskowymiarowych układów z diagonalnym przypadkowym nieporządkiem I dalekozasięgowymi sprzężeniami (tunelowaniami). Analiza ograniczona jest w zasadzie do jednego wymiaru przestrzennego za wyjątkiem ostatniego rozdziału. Jak Autor podkreśla, choć podobny model znajduje się już w oryginalnej pracy Andersona, to znacznie popularniejsze było badanie modeli ze sprzężeniami do najbliższych sąsiadów co pozwoliło Autorowi na uzyskanie oryginalnych wyników w tym stosunkowo standardowym I znanym od 60 lat modelu. Już to jest godne podkreślenia.

Praca skonstruowana jest z części wstępnej obejmującej motywację i wprowadzenie do pracy, pięciu rozdziałów, podsumowania i rozlicznych dodatków. Rozdział 1 to wprowadzenie do znanych wyników dotyczących lokalizacji Andersona. Obok postawienia badań w kontekście (dość wąsko niestety, patrz niżej) ta część definiuje notację i opisuje dyskretyzację Hamiltonianu na siatce. Rozdział drugi to wprowadzenie do specyfiki modelu z długozasięgowymi przeskokami. Przedstawiono tu przybliżone rozwiązanie problemu w przybliżeniu centralnego oczka sieci (tłumaczenie „central site” na centralny atom uważam za mało trafione). Czytelnik dociera tu do oryginalnych wyników Autora rozprawy. Rozdział trzeci jest poświęcony badaniu dyfuzji cząstki w omawianym modelu przy czym wyniki numeryczne są uzupełnione analitycznymi przybliżeniami przewidywaniami. Ciekawym jest znalezienie i charakteryzacja trzech przedziałów czasowych o różnych własnościach. Początkowy ruch balistyczny (a nie dyfuzja balistyczna jak to określono w pracy) przechodzi w standardową dyfuzję, po której następuje wysycenie. Rozdział czwarty bardziej szczegółowo bada dynamikę korelacji w badanym układzie, analizując w szczególności szybkość propagacji. Ciekawy rozdział ostatni próbuje zastosować otrzymane wcześniej wyniki do problemu bliskiemu eksperymentowi z transportem wzbudzenia w dwuwymiarowym układzie kropek kwantowych.

Wyniki własne przedstawione w rozdziałach 2-4 zostały opublikowane w dwóch artykułach w Physical Review B, a więc jednym z wiodących czasopism z fizyki fazy skondensowanej. Już samo to do pewnego stopnia świadczy o dużej jakości prezentowanej analizy. Chciałbym podkreślić, że analiza problemów z nieporządkiem jest często prowadzona w sposób czysto numeryczny. Inaczej czyni Autor rozprawy, szukając analitycznych przybliżeń w szczególnych

ul. St. Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków

tel. +48(12) 664-45-55

e-mail:

jakub.zakrzewski@uj.edu.pl

przypadkach, np. w granicy dużego nieporządku. Zastosowane przybliżenia pozwalają na stosunkowo proste analityczne przewidywania, które często dość dobrze pracują. Podejście analityczne jest dużą zaletą omawianej pracy. Autor zademonstrował w rozprawie swobodne opanowanie rozlicznych technik analitycznych. Otrzymane przewidywania (na różnych poziomach dokładności) są konfrontowane z obliczeniami numerycznymi. Te ostatnie są dość standardowe, choć warto podkreślić zastosowanie metody trajektorii kwantowych do opisu otwartego problemu pojawiającego się w ostatnim rozdziale.

Postawienie problemu, jego szczegółowa analiza i otrzymane rezultaty niewątpliwie stawiają tę rozprawę wśród dobrych prac doktorskich i nie mam wątpliwości, że Autor udowodnił tą rozprawą swoją dojrzałość naukową. Zanim jednak napiszę pozytywną konkluzję tej recenzji pozwolę sobie na kilka uwag krytycznych.

W symulacjach numerycznych brak jest szczegółów, np. ilości realizacji nieporządku. Brak jest podania i omówienia błędów statystycznych. Podobnie brak tych detali przy metodzie trajektorii kwantowych. Jest dziwnym, że podobnych zarzutów nie miał recenzent opublikowanej pracy, ale szczególnie w doktoracie, który powinien zawierać takie dodatkowe informacje, ich brak jest odczuwalny.

Część wyników jest omówiona niekompletnie. Np. jakie jest fizyczne wytłumaczenie niemonotonicznego zachowania na Rys.3.6?

Wprowadzenie tzw. stosunku uczestnictwa (ładna polska nazwa) na str.16 następuje przed dyskretyzacją Hamiltonianu na sieci. W efekcie nie wiadomo czym jest indeks r w sumie (1.2), podobnie jak N . Znacznie bardziej pouczające byłoby narysowanie kwadratu modułu funkcji falowych na Rys.1.3 w pionowej skali logarytmicznej co znacznie lepiej ilustrowałoby lokalizację. Stwierdzenie (str.24) „stan o energii zerowej ma najdłuższą długość lokalizacji czyli jest najsilniej zlokalizowany” jest nie tylko fizycznie ale i językowo wadliwe. Nie wiem co znaczy „w terminach” (powyżej (2.48) str.35). Podobnie, przypuszczalnie popularne pojęcie „mesa”, pojawiające się przy opisie kropek kwantowych, mogłoby być wyjaśnione. Dość irytujące są niektóre przypisy. Praca doktorska to nie artykuł popularno-naukowy, nie widzę powodu podawania notek biograficznych E.H. Lieba czy D.W. Robinsona – skoro tak, to podobne notki powinny dotyczyć Andersona, Schroedingera, bandy czworga, i innych uczonych przewijających się w pracy. Podobnie notka o towarzystwie Faradaya jest zbędna.

Niewątpliwym brakiem analizowanej pracy wydaje mi się niewystarczająca analiza literatury przedmiotu, która może lepiej by pracę umiejscowiła wśród dokonań innych autorów. Praca podaje odnośniki do [63] prac w tym dwóch stanowiących podstawę rozprawy.

Tylko część z nich odnosi się bezpośrednio do badanego modelu. Problem diagonalizacyjny sprowadza się do macierzy o zanikających potęgowo elementach pozadiagonalnych – tu blisko do tzw. macierzy wstęgowych i ich własności – dość intensywnie badanych. Można by bronić wyboru dokonanego w pracy, gdyby nie próby wspomnienia o zbliżonej tematyce, np. we wstępie. Przykładowo jako przykłady wyjścia poza modele ciasnego wiązania z losowym potencjałem w teoretycznych modelach, obok [6], podana jest czysto doświadczalna praca z grupy M. Inguscio pokazująca lokalizację w quasiperiodycznym potencjale, czyli lokalizację Aubry-Andre (mimo błędnego tytułu pracy w Nature). Natomiast praca rzeczywiście demonstrująca lokalizację Andersona z grupy A. Aspecta sąsiadująca w Nature z cytowaną pracą już nie jest wspomniana. Podobnie wybiórczo traktowane są inne rozszerzenia tematyki. Nawet w samym, wąsko rozumianym temacie pracy, czyli jednocząstkowym problemie z diagonalnym nieporządkiem i długozasięgowymi, nieprzypadkowymi przeskokami, literatura przedmiotu jest znacznie bardziej obszerna niż sugeruje bibliografia rozprawy. Krótkie, niekompletne przeszukanie literatury wskazuje np. na pracę Lotfallahzadeha i in. w Waves in Rendom and Complex Media 2015.

W podsumowaniu stwierdzam, że moim zdaniem przedstawiona rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w ramach Art. 187 Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce. Oceniam ją pozytywnie i wnoszę o dalsze procesowanie sprawy.



Jakub Zakrzewski