

Prof. dr hab. Jacek Dziarmaga
Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego
ul. Łojasiewicza 11
30-348 Kraków
e-mail: dziarmaga@th.if.uj.edu.pl

Kraków, 27 kwietnia 2016

Ocena rozprawy doktorskiej pani magister Małgorzaty Mochol-Grzelak pt.
Efekty topologiczne i sztuczne pola cechowania w zimnych gazach atomowych.

Przedstawiona rozprawa obejmuje kilka zagadnień dynamicznie się rozwijającej fizyki zimnych gazów atomowych, które w ten czy inny sposób dotyczą topologii w przestrzeni rzeczywistej lub w przestrzeni pędów. Zagadnienia te obejmują: kwantowy opis ciemnych solitonów w potencjale przypadkowym, wytwarzanie sztucznego pola cechowania przez falę zanikającą, a także fizykę kwantowego efektu Halla w 4 wymiarach przestrzennych. Rozprawa dotyczy zarówno problemów teoretycznych, takich jak na przykład stabilne numerycznie całkowanie drugiej liczby Cherna, jak i realistycznego modelowania eksperymentów, co widać zwłaszcza w rozdziale poświęconym wpływowi fali zanikającej na spulapkowane atomy. Z kolei przewidywania dotyczące solitonu mogą posłużyć do spektakularnej demonstracji lokalizacji Andersona. Materiał dwu pierwszych części rozprawy pochodzi z 2 publikacji: jednej w Physical Review A i jednej w Scientific Reports. Część dotycząca efektu Halla nie została jeszcze opublikowana. Niezależnie od wartości merytorycznej, praca jest świetnie napisana pod względem pedagogicznym i mogłaby służyć jako przystępne wprowadzenie do tematu dla początkującego czytelnika.

Pracę przeczytałem z przyjemnością. Lektura nasunęła mi szereg pytań i komentarzy. Oto najważniejsze z nich:

- 1) Nie jestem przekonany argumentacją w akapicie zawierającym warunki asymptotyczne (1.2.4) i (1.2.5), gdyż podane asymptotyki łatwo można ciąglą transformacją sprowadzić do jednej, wspólnej wartości, co przeczy rzekomej topologicznej stabilności ciemnego solitonu. Przeczy jej również pośrednio analiza czasu życia solitonu na stronie 38, gdzie stopniowa dysypacja energii solitonu na fonony powoduje równoczesne stopniowe zmniejszanie się skoku fazy pomiędzy asymptotykami w minus i plus nieskończoności, co w końcu sprowadza je do jednej wartości. Dla porównania nie da się w podobny sposób odwinąć kwantowego wiru, który jest topologicznie stabilny.
- 2) Wspomniana wyżej dysypacja na fonony nasuwa pewną wątpliwość. W miarę zmniejszania się energii solitonu jego prędkość wzrasta do prędkości dźwięku fononów, a tymczasem stosowany hamiltonian (2.3.9) pozostaje nierelatywistyczny. Jaki wpływ na czas życia solitonu mogłyby mieć pominięte efekty relatywistyczne?
- 3) Czy warunek (2.3.12) opisujący eksponencjalną lokalizację funkcji falowej stanu własnego w przypadku lokalizacji Andersona nie jest zbyt silny? Ta funkcja falowa jest zlokalizowana wokół jednego położenia q_0 , co wyklucza

możliwość fragmentacji funkcji falowej na kilka kawałków zlokalizowanych w różnych miejscach. Taki ogólny przypadek można by opisać przy pomocy eksponencjalnie zanikającego autokorelatora.

- 4) Rysunek 3.9 przedstawia geometryczny potencjał skalarny. Dlaczego w rozważanej tu sytuacji zaniechano potencjał dipolowy powstający w wyniku efektu Starka? Taki potencjał jest w zasadzie brany pod uwagę w dyskusji poniżej rysunku 3.17.
- 5) Jak dowiedziałem się z rozprawy, zmiana wartości liczby Cherna pomiędzy izolatorem topologicznym a próżnią implikuje istnienie stanów brzegowych na granicy pomiędzy tymi fazami. Rozważmy zatem kwantowe przejście fazowe w nieskończonym jednorodnym układzie pomiędzy stanami podstawowymi o różnych liczbach Cherna. Czy mogę przez analogię oczekiwać, że zmiana liczby Cherna implikuje zamykanie się przerwy energetycznej w punkcie krytycznym? Czy powinienem się spodziewać krzyżowania czy może raczej antykrzyżowania poziomów?
- 6) Lewy panel rysunku 4.14 przedstawia elementarne oczko sieci. Nie są pokazane inne oczka, ale odległość do nich musi być znacznie większa niż baza przedstawiona na prawym panelu. Aby było więc możliwe tunelowanie do innych oczek, funkcja Wanniera musi być słabo zlokalizowana w dołku na skrzyżowaniu potencjałów w lewym panelu, a dokładniej musi posiadać długie „wypustki” wzdłuż każdego z krzyżujących się potencjałów, sięgające aż do sąsiednich oczek. To jednak znaczy, że dołek ten jest efektywnie bardzo płytki, a zatem nie można bezkrytycznie stosować przybliżenia ciasnego wiązania, co niestety może postawić pod znakiem zapytania proponowaną realizację doświadczalną.

Będę wdzięczny za ustosunkowanie się do powyższych pytań i komentarzy.

Zgodnie ze starożytnym zwyczajem w tym miejscu powinny być złośliwości na temat błędów edytorskich. Z trudem uczynię mu zadość upierając się, że zamiast słowa „period” można było używać słowa „okres”. Nic więcej nie udało mi się znaleźć. Wszelkie wyprowadzenia przedstawiono bardzo starannie. Również wyczerpująco w niezbędnym zakresie przedstawiono wcześniejsze wyniki innych badaczy. Pod tym względem rozprawa wyróżnia się swoją dojrzałością. Bardzo przejrzysta jest również jej szata graficzna.

Podsumowując, bardzo dobra rozprawa doktorska pani magister Małgorzaty Mochol-Grzelak spełnia wszystkie wymogi stawiane tego typu pracom, co pozwala mi z przyjemnością wnioskować o dopuszczenie pani magister do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z wyrazami szacunku,

prof. dr hab. Jacek Dziarmaga

