

Powolna, niedyfuzyjna dynamika wielociałowych układów kwantowych

Marcin Mierzejewski, Politechnika Wrocławska

(<http://www.if.pwr.edu.pl/~mierzejewski/>)

Dynamika układów kwantowych jest bardzo szybka w porównaniu ze skalami czasowymi opisującymi zjawiska, które obserwujemy w życiu codziennym. W pewnych układach kwantowych, w których elektrony silnie ze sobą oddziałują, czasy relaksacji wynoszą zaledwie kilkadziesiąt femtosekund. Istnieją jednak inne układy kwantowe, w których relaksacja może zostać istotnie spowolniona lub nawet całkowicie wyeliminowana. Dla czasów dłuższych od czasów relaksacji, układy osiągają stan termiczny, co nieodłącznie jest związane z utratą informacji o początkowym stanie kwantowym takiego układu. Z tego powodu spowolnienie lub wyeliminowanie termalizacji może mieć istotne znaczenie dla przyszłych zastosowań związanych z przetwarzaniem informacji kwantowej. Jednak przede wszystkim, tak nietypowo wolna dynamika jest problemem badawczym, którego zrozumienie jest istotne dla fizyki fazy skondensowanej oraz fizyki statystycznej.

Istnieje kilka kategorii wielociałowych układów kwantowych, które nie wykazują termalizacji lub przebiega ona bardzo powoli. Są to modele posiadające tzw. *blizny*, gdzie brak termalizacji obserwuje się dla nielicznym stanów początkowych, kryształy czasowe, nieuporządkowane układy z oddziaływaniami wielociałowymi (*NUOW*) oraz kwantowe układy całkowalne (*UC*). Badania dotyczące anomalnej dynamiki układów kwantowych są silnie zdominowane przez prace teoretyczne. Z tego powodu szczególnie istotne znaczenie mają badania tłumaczące nieliczne wyniki eksperymentalne. Spośród ww. układów, najsilniejsze przesłanki eksperymentalne dotyczące braku termalizacji udało się zgromadzić w ostatnim czasie dla *NUOW*. Z jednej strony, obecne zrozumienie modeli teoretycznych *NUOW* sugeruje, że brak termalizacji może wystąpić jedynie w układach jednowymiarowych. Z drugiej strony, wyniki eksperymentalne wskazują, że brak termalizacji może mieć miejsce także w układach dwu- oraz trójwymiarowych. Powyższy przykład pokazuje, że zrozumienie *NUOW* poza prostymi modelami jednowymiarowymi pozostaje istotnym, otwartym problemem badawczym. Problem ten stanowi przedmiot badań teoretycznych przewidzianych w tym projekcie.

Obecne zrozumienie *NUOW* oparte jest w ogromnym stopniu o obliczenia numeryczne. Chociaż dostarczyły one wiele niezwykle cennych wyników dla jednowymiarowych *NUOW*, czysto numeryczne metody mogą okazać się niewystarczające aby udzielić odpowiedzi na pytania, które wyłaniają się z prac eksperymentalnych dotyczących dynamiki układów dwuwymiarowych. Aby rozwiązać ten problem, badania przewidziane w projekcie oparte będą o dwa komplementarne podejścia: o metody przybliżone, co pozwoli wyjść poza ograniczenia metod numerycznych opartych o obliczenia funkcji falowej wielociałowych układów kwantowych, oraz o hipotezę *ETH* (*ang. eigenstate thermalization hypothesis*), co dostarczy głębszego zrozumienia mechanizmów odpowiedzialnych za brak termalizacji. Celem badań realizowanych w ramach pierwszego podejścia jest wyprowadzenie efektywnych (uproszczonych) modeli *NUOW* oraz przybliżona analiza ich dynamiki, np. w oparciu o równania kinetyczne. Oczekujemy, że badania te dostarczą cennych oszacowań dotyczących dynamiki kwazi-dwuwymiarowych oraz dwuwymiarowych *NUOW*. Jedno z najbardziej uniwersalnych podejść do problemu termalizacji oparte jest o *ETH*. Chociaż *NUOW* oraz *UC* mogą wydać się bardzo odmienne, to w istocie układy te posiadają wspólną nietypową cechę: nie podlegają *ETH*. Rodzi to pytanie o podobieństwa i różnice w sposobie łamania *ETH* w obu klasach układów kwantowych. W trakcie realizacji projektu spróbujemy udzielić na nie odpowiedzi. Zrozumienie szczegółów tego, w jaki sposób układy kwantowe przechodzą pomiędzy reżimem ergodycznym (gdy obowiązuje *ETH*) i nieergodycznym (gdy nie obowiązuje *ETH*) jest istotne nie tylko dla układów typu *NUOW* lecz również dla *UC*.