

Dynamika niejednorodnych układów kwantowych z oddziaływaniami wielociałowymi

Prof. dr hab. Marcin Mierzejewski

Zjawisko termalizacji występuje powszechnie w otaczającym nas świecie złożonym z obiektów makroskopowych. Chociaż obiekty takie mają ogromną liczbę stopni swobody, ich własności fizyczne (w stanie termicznym) określone są przez stosunkowo niewielką liczbę parametrów, takich jak: temperatura, liczba cząstek, magnetyzacja. Pozostałe informacje o stanie początkowym takich układów są tracone w trakcie ewolucji. Ponieważ termalizacja układów makroskopowych jest nierozłącznie związana z utratą informacji, szczególnym zainteresowaniem w ostatnich latach cieszyły się układy kwantowe, które nie wykazują termalizacji. W tym kontekście badano układy całkowalne, w których brak termalizacji wynika z dodatkowych praw zachowania, oraz układy wykazujące lokalizację wielociałową (MBL, akronim pochodzi od *many-body-localization*). Zdecydowana większość wyników dotyczących dynamiki takich układów została uzyskana dla bardzo uproszczonych modeli fizycznych, podczas gdy w rzeczywistych układach cząstki kwantowe oddziałują z wieloma innymi stopniami swobody układu, takimi jak wzbudzenia magnetyczne czy drgania sieci. Oddziaływań tych nie uwzględniano w dotychczasowych modelach używanych do opisu układów, które nie wykazują termalizacji. Z tego powodu nie wiemy, czy i w jakim stopniu wyniki uzyskane w ciągu ostatnich kilku lat dla najprostszych modeli kwantowych pozostaną słuszne także w przypadku bardziej realistycznego opisu rzeczywistych układów fizycznych. Głównym celem naukowym projektu jest uzyskanie odpowiedzi na to pytanie. W szczególności chcemy podjąć następujące problemy badawcze:

Zadanie T1 - Dynamika cząstek w układach niejednorodnych. W ramach tego zadania, zbadamy lokalizację w układach niejednorodnych, w których nośniki oddziałują z dodatkowymi stopniami swobody. Pozwoli to uzyskać odpowiedź na fundamentalne pytanie dotyczące występowania MBL w bardziej realistycznych modelach, w tym w modelu Hubbarda.

Zadanie T2 - Zjawiska transportu w układach silnie niejednorodnych. Badając diagramy fazowe układów z MBL stwierdzono, że dynamika cząstek ma charakter subdyfuzyjny. Sugeruje to, że nie jest spełniona relacja Einsteina łącząca dyfuzję z przewodnictwem elektrycznym. Można więc spodziewać się, że układy z silnym nieporządkiem będą wykazywały anomalne własności transportowe. W ramach zadania T2 wyznaczymy transport silnie nieuporządkowanych układów, które wykazują lokalizację lub anomalną dyfuzję.

Zadanie T3 - Nietermiczne stany stacjonarne w układach z oddziaływaniami wielociałowymi. Układy, które nie termalizują relaksują do tzw. uogólnionego stanu Gibbsa. W przypadku układów z oddziaływaniami wielociałowymi, relaksacja taka została w pełni wyjaśniona jedynie dla modelu Heisenberga. Najważniejszy nowy wynik związany z dynamiką modelu Heisenberga dotyczy konieczności uwzględnienia nowego typu całek ruchu, które jeszcze kilka lat temu nie były znane. W ramach zadania T3 rozwiemy opracowany przez nas algorytm numeryczny, oraz spróbujemy wyznaczyć wszystkie całki ruchu dla innych nieergodycznych układów z oddziaływaniami wielociałowymi, np. dla jednowymiarowego modelu Hubbarda.

Ogromne zainteresowanie układami, które nie wykazują termalizacji, wynika z tego, że w przyszłości mogłyby zostać one wykorzystane do zapisu informacji kwantowej. W projekcie przeprowadzimy badania bardziej realistycznych modeli, niż miało to miejsce w przeszłości, oraz spróbujemy ustalić:

- w obecności jakich oddziaływań dopuszczalny jest brak termalizacji?
- jakie są czasy relaksacji wynikające z obecności innych oddziaływań wielociałowych?
- czy będzie możliwe wytworzenie makroskopowych ciał stałych, które nie wykazują termalizacji, czy też zjawisko to występuje jedynie w ultrazimnych gazach.

Uzyskanie odpowiedzi na te pytania pozwoli ocenić jakie mogą być realne zastosowania układów kwantowych, które nie wykazują termalizacji.