

Lokalizacja wielociałowa - podejście zimno-atomowe II

Jakub Zakrzewski

Projekt ten jest bezpośrednią kontynuacją właśnie zakończonego projektu OPUS 10 pod tym samym tytułem. W projekcie tym uzyskano szereg wartościowych rezultatów (spis publikacji można znaleźć na stronie <http://chaos.if.uj.edu.pl/~kuba/Opus10/>), planowane badania są ich konsekwencją. Dlatego popularny opis projektu jest bardzo podobny.

Celem projektu jest analiza zjawiska wielociałowej lokalizacji w nietrywialnych modelach opartych o układy zimnych atomów w sieciach potencjału optycznego. Taki potencjał powstaje wskutek oddziaływania fali laserowej nierezonansowo z atomami. Używając przeciwbieżnych wiązek laserowych można wytworzyć falę stojącą, a zatem periodyczny potencjał, w którym poruszają się atomy. Przypomina to sytuację elektronów w kryształach, tyle, że poruszające się w okresowym potencjale cząstki są w naszym przypadku elektrycznie obojętne, oddziałują one z polem laserowym poprzez indukowany w atomach moment dipolowy. W przełomowej pracy z końca lat pięćdziesiątych Anderson pokazał, że przypadkowo rozmieszczone defekty (modelowane jako nieporządek) mogą prowadzić do zaniku transportu w przypadku, gdy poruszające się cząstki oddziałują jedynie z przypadkowym potencjałem, a nie między sobą. Dla układów, w których ruch ograniczony jest do jednego wymiaru zanik transportu (czyli lokalizacja Andersona) zachodzi dla dowolnie słabego nieskorelowanego nieporządku. Odkrycie to zostało nagrodzone nagrodą Nobla.

Dla cząstek, które ze sobą oddziałują w zewnętrznym przypadkowym potencjale nawet obecnie nie znamy pełnej odpowiedzi. Wynika to z faktu, że uproszczone modele niekoniecznie dają pełną odpowiedź a pełny ilościowy opis problemu jest nieosiągalny komputerowo. Dopiero w ostatnich 15 latach pojawiają się prace teoretyczne i symulacje numeryczne pokazujące, że lokalizacja w obecności silnych oddziaływań międzycząsteczkowych i silnego nieporządku istnieje - zjawisko to nazywa się wielociałową lokalizacją i jest obecnie bardzo intensywnie badane w świecie przynosząc setki prac naukowych rocznie.

Dlaczego to jest ciekawe? Problem zachowania oddziałujących cząstek w izolowanym układzie ma fundamentalne znaczenie. Z jednej strony, znając stan początkowy, dzięki liniowości mechaniki kwantowej możemy teoretycznie znaleźć dokładny opis układu, z drugiej strony jest to praktycznie niemożliwe. Oczekujemy, że wskutek oddziaływania każda lokalna informacja roznieśnie się po całym układzie. Tymczasem zjawisko lokalizacji wielociałowej ogranicza przepływ informacji, w rezultacie w takim układzie można zapisać pewną informację lokalnie i będzie ona tam w naturalny sposób przechowywana. Nawet mały podukład badanego układu może częściowo pamiętać o swoich warunkach początkowych - zatem nie zachodzi pełna termalizacja przez jego kontakt z resztą układu. Stąd już krok (może niemały) do kwantowego przechowywania informacji tak jak obecnie jest ona przechowywana na twardych dyskach wykorzystując zjawiska kwantowe ale w sposób klasyczny.

W ramach projektu planujemy szczegółowo przeanalizować czasową dynamikę dużych układów, podobnych do tych realizowanych eksperymentalnie z zimnymi atomami. Dysponujemy do tego celu wysublimowanymi i wyspecjalizowanymi narzędziami numerycznymi co pozwoli być bliżej eksperymentu a dalej od małych, ściśle rozwiązywalnych modeli. Okazuje się bowiem, że na te ostatnie bardzo duży wpływ mają efekty wynikające z ich małego rozmiaru.