

W 1958 P. Anderson opisał wpływ nieporządku na kwantowomechaniczny układ nieoddziałujących cząstek zauważając, że efekty interferencyjne przy odpowiednio silnym nieporządku prowadzą do zaniku dyfuzji. Oznacza to, że taki układ staje się izolatorem. Już w tej samej pracy P. Anderson zadał pytanie czy analogiczna sytuacja ma miejsce gdy cząstki ze sobą oddziałują. Jednak problem układu oddziałującego okazał się znacznie trudniejszy i pierwsza odpowiedź pojawiła się dopiero po niespełna 50 latach kiedy to D. Basko, I. Aleiner i B. Altshuler sumując odpowiedni szereg perturbacyjny stwierdzili, że układ oddziałujących fermionów w obecności nieporządku ma własności izolacyjne. Wynik ten zapoczątkował intensywne badania w dziedzinie lokalizacji wielociałowej, czyli badania dotyczące odstępstw od osiągnięcia stanu równowagi przez wielociałowe układy kwantowe. W przeciwieństwie do generycznych układów kwantowych z oddziaływaniami dynamika układu wielociałowo zlokalizowanego jest taka, że mały podukład tego układu nie osiąga stanu równowagi termicznej. Związana z tym jest pamięć układów wielociałowo zlokalizowanych o stanie początkowym – wartości średnie lokalnych wielkości mierzonych w takim układzie są zależne od stanu początkowego, a nie tylko od globalnych wielkości charakteryzujących ten stan.

Sieci optyczne to układy w których atomy, w wyniku oddziaływania z nierezonansowym polem fali laserowej poruszają się w periodycznym potencjale. Sytuacja przypomina ruch elektronów w kryształach znanych z fizyki ciała stałego. Różnica pomiędzy tymi dwoma układami jest taka, że mikroskopowe szczegóły układów ultrazimnych atomów takie jak detale periodycznej struktury, w której się poruszają czy oddziaływania pomiędzy atomami są kontrolowane z olbrzymią dokładnością. Powoduje to, że układy te stają się świetną platformą do badania kwantowej fizyki wielu ciał i to właśnie w eksperymencie z ultrazimnymi fermionami w 2015 roku po raz pierwszy zaobserwowano zjawisko lokalizacji wielociałowej.

W pracy doktorskiej *Many-body localization of cold atoms* badane są bezpośrednio realizowane w jednowymiarowych sieciach optycznych układy bozonów, w których, przy odpowiednio silnym nieporządku zachodzi lokalizacja wielociałowa. Układy bozonowe, dotychczas nierozważane w kontekście lokalizacji wielociałowej oferują dużą swobodę jeżeli chodzi o wybór stanu początkowego co pozwala na badanie nowych aspektów lokalizacji wielociałowej, w szczególności pozwala na bezpośrednią demonstrację wpływu energii stanu początkowego na zachodzenie tego zjawiska. Badany układ z losowymi oddziaływaniami pozwala na odpowiedź na istotne teoretyczne pytanie: czy lokalizacja wielociałowa może zachodzić w układzie którego stany pod nieobecność oddziaływań są rozciągłe? Dodatkowo w pracy rozważany jest układ atomów z impulsowo włączanymi i wyłączanymi oddziaływaniami, w którym również dochodzi do pewnego rodzaju lokalizacji wielociałowej. W pracy badana jest również uniwersalność statystyk poziomów energetycznych podczas przejścia do fazy wielociałowo zlokalizowanej jak i specyficzne modele odtwarzające te statystyki.