

FUGA 5

Symulacje układów wielu ciał kwantowych

Ogromny rozwój fizyki zimnych atomów, zwłaszcza technik eksperymentalnych, jaki nastąpił w ciągu ostatniej dekady otworzył możliwość badania silnie skorelowanych układów wielu cząstek kwantowych na niespotykaną przedtem skalę. Oprócz praktycznych aspektów płynących ze zrozumienia zachowania takich układów, możliwość badania ich dynamiki pozwala uzyskać wgląd do wielu fundamentalnych problemów współczesnej fizyki. Jako przykład można tu wymienić badanie zachowania układu kwantowego w otoczeniu punktu krytycznego, jego uniwersalność i wpływ na ewolucje tegoż układu. Równie istotna w omawianym kontekście jest analiza wpływu całkowalności układów kwantowych na termalizację czy przejścia fazowe.

Obecnie większość eksperymentów bazuje na uprzednio przeprowadzonych symulacjach komputerowych, z których znaczną część stanowią obliczenia numeryczne. Można by w tym miejscu zaryzykować stwierdzenie, iż podział fizyki współczesnej na doświadczalną i teoretyczną (rozumianą tradycyjnie) nie jest już taki oczywisty. Symulacje komputerowe odgrywają równie fundamentalną rolę co rozważania teoretyczne, niemniej jednak próby zaliczenia ich do takowych nie wydają się być zasadne.

Niestety w przypadku złożonych układów kwantowych, nawet jeśli można odseparować je od otoczenia lub zaniedbać procesy takie jak dekoherencja czy wymiana ciepła, zdolność śledzenia ich ewolucji za pomocą komputerów klasycznych jest mocno ograniczona, a w skrajnych przypadkach wręcz niemożliwa. Dzieje się tak głównie ze względu na eksponencjalny wzrost przestrzeni wszystkich możliwych stanów wraz ze wzrostem liczby dostępnych cząstek. Taki stan rzeczy doprowadził do zgoła paradoksalnej sytuacji. Z jednej bowiem strony to właśnie superpozycja stanów (która jest również "legalnym" stanem układu) czyni układy kwantowe nie tylko interesującymi ale również pożądanymi budulcami przyszłych urządzeń elektronicznych. Z drugiej natomiast uniemożliwia ich symulacje w sposób efektywny. Tylko przyszły komputer kwantowy, jeśli takowy zostanie zbudowany, będzie w stanie w pełni symulować układy kwantowe. Aby to jednak nastąpiło, w pierwszej kolejności muszą zostać opracowane algorytmy pozwalające symulować, przynajmniej częściowo, układy kwantowe na komputerach klasycznych..

W projekcie wyróżnione zostały dwa główne cele. Pierwszy z nich zakłada poszukiwanie efektywnych algorytmów pozwalających symulować ewolucje w czasie kwantowych układów wielu cząstek przy użyciu komputerów klasycznych (docelowo klastrów obliczeniowych dużej mocy). W drugiej kolejności zaplanowano zastosowanie otrzymanych wyników do symulacji i analizy kwantowych przejść fazowych. Interesować nas będzie przede wszystkim dynamika układu kwantowego w otoczeniu jego punktu krytycznego. Skupimy się głównie na modelach, które można obecnie realizować eksperymentalnie np. za pomocą sieci optycznych. Sądzymy, iż zastosowanie nowych rozwiązań, opartych m.in. na algorytmach równoległych zarówno w czasie jaki i przestrzeni, pozwoli badać znacznie większe układy w niedostępnych obecnie reżimach.