

# Silnie oddziałujące i ciasno związane układy kwantowe: nowy zestaw narzędzi dla technologii kwantowych

## Popularnonaukowe streszczenie projektu

Mechanika kwantowa leży u podstaw dzisiejszej technologii. Zrozumienie podstawowych praw rządzących zachowaniem materii w nanoskali pozwoliło na zbudowanie urządzeń takich jak tranzystor, które zrewolucjonizowały rozwój elektroniki. W dzisiejszych czasach rozwój technologiczny może doprowadzić do powstania nowych układów w których kolektywne efekty kwantowe będą aktywnie kształtowane w celu osiągnięcia niespotykanego dotąd poziomu mocy obliczeniowej i precyzji pomiarów, co doprowadziłoby do drugiej kwantowej rewolucji w przemyśle. Jednak chociaż podstawowe zasady obliczeń i metrologii kwantowej są dobrze zrozumiane, wykorzystanie potencjału dużych układów kwantowych do zastosowań jest z natury trudne. Przydatne stany kwantowe są wrażliwe na zaburzenia i wymagają szybkich i niezwykle precyzyjnych operacji. Z tego powodu badacze pracują nad wieloma różnymi układami odpowiednimi do dostarczania "kwantowego hardware'u".

Każdy układ fizyczny który ma realizować protokoły kwantowe charakteryzuje się zestawem swoich unikalnych mocnych i słabych stron. Dokładne zrozumienie jego specyfiki jest niezbędne do osiągnięcia wystarczającego poziomu kontroli. Głównym celem tego projektu jest wyprowadzenie dokładnego opisu mikroskopowego zjawisk zachodzących w dwóch układach, które mogą nadawać się na zastosowanie do technologii kwantowych, a które od niedawna dostępne są doświadczalnie. Pierwszy składa się z ultrazimnych cząsteczek polarnych rozmieszczonych oddzielnie w szczypcach optycznych, czyli zbudowanych ze światła lasera pułapkach. Cząsteczki mają bogatą strukturę wewnętrzną i długo żyjące stany rotacyjne, które mogą być potencjalnie przydatne jako kubity i silnie oddziałują ze sobą ze względu na swój moment dipolowy. Drugim rozważanym układem są ekscytony, kwazicząstki złożone z elektronu i dziury zlokalizowanych w różnych warstwach materiału co zapewnia im moment dipolowy i również jest źródłem silnych oddziaływań. Chociaż na pierwszy rzut oka rozważane układy są bardzo różne, na poziomie mikroskopowym można je opisywać za pomocą podobnych narzędzi teoretycznych i mają one kilka ważnych wspólnych właściwości, takich jak rodzaj oddziaływań i istotna rola zewnętrznego potencjału pułapkującego. Projekt ma na celu uzyskanie wglądu w szczegóły procesów zachodzących w w tych układach koniecznego do uczynienia ich przydatnymi w technologiach kwantowych. Zaczynając od wyprowadzenia pełnego wielokanałowego potencjału oddziaływania biorącego pod uwagę silne ograniczenia geometryczne, zaimplementowane zostaną efektywne numeryczne metody analizy pozwalające na badanie różnych molekuł i próbek ekscytonowych, co dostarczy użyteczne wskazówki dla eksperymentów.

Projekt przyczyni się do lepszego zrozumienia zależności między oddziaływaniami dalekiego zasięgu i ciasnym zewnętrznym potencjałem. Zdobyta wiedza zostanie wykorzystana do zaprojektowania szybkich i niezawodnych protokołów kwantowego przetwarzania informacji, a także do kontrolowania nieelastycznych zderzeń i reakcji chemicznych w reżimie kwantowym.