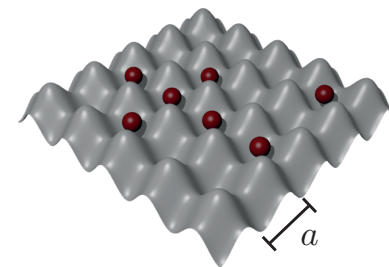


Nowatorska konstrukcja układów wielociałowych przy pomocy gazu ultrazimnych atomów charakteryzowanych realistycznymi skalami energii.

Celem projektu jest konstrukcja i badanie układów w których gaz atomów schłodzony do temperatury niewiele wyższej niż zero absolutne wykazuje jakościowo nowe bogate zachowania, na skutek oddziaływania między atomami. Choć mogłoby się wydawać, że skrajnie niska temperatura powoduje, że atomy gazu w ogóle przestają się poruszać, tak jednak nie jest. Pozorne przekonanie pochodzi z wyobrażenia sobie gazu jako układu zderzających się kulek. W ultraniskich temperaturach daje o sobie znać jednak struktura wewnętrzna atomów tworzących gaz, z szeregiem poziomów o określonych energiach. Światło może być pochłonięte przez atom, jeśli składa się z fotonów o energii odpowiadającej różnicy między poziomami energetycznymi atomu. Jeśli zaś energia fotonów jest jedynie bliska tej różnicy, wówczas, następuje silne oddziaływanie atomu ze światłem, choć nie absorpcja. Pozwala to wytworzyć sytuację kiedy atom porusza się w strukturze regularnej sieci (Rys. 1), nazywanej siecią optyczną. Sieć ta jest bardzo gęsta - odległość a między kolejnymi jej węzłami jest na ogół rzędu 400 nanometrów (1 nanometr to milionowa część milimetra).



Rysunek 1: Atomy w potencjale sieci optycznej (rysunek koncepcyjny).

Gaz w sieci może zostać poddany dodatkowym zabiegom, które powodują, że neutralne (a więc o zerowym ładunku elektrycznym) atomy nie tylko poruszają się w węzłach sieci, ale zachowują się tak jakby ładunek elektryczny posiadały i znajdowały się w polu magnetycznym (symulacja siły Lorentza). Systemów takich używa się do modelowania, nie przy pomocy abstrakcji matematycznych, lecz przy pomocy tworów eksperymentalnych, istniejących w rzeczywistości, modeli bardzo skomplikowanych. Przykładowo, zjawiska typu nadprzewodnictwo wykazywane są przez elektrony poruszające się w materiałach. Ich dokładny opis jest często praktycznie niemożliwy teoretycznie, bez dokonywania szeregu skrajnych uproszczeń. Gdyby więc wytworzyć uproszczony układ eksperymentalny, łatwy do kontroli i badania, ale wykazujący takie same elementarne zachowania, można by na część pytań dotyczących realnych materiałów odpowiedzieć przez pomiar, nawet gdyby rozwiązanie matematyczne takiego układu było nadal niemożliwe. Taką nadzieję dają układy zimnoatomowe, ze względu na to, że konstruowane w nich sieci są wolne od defektów, pozwalają się łatwo kontrolować przy pomocy metod optycznych, a gazem znajdujący się w tych sieciach można dodatkowo sterować przy pomocy laserów — np. sprawić by atomy, zamiast odpychać, przyciągały się.

Proponowane badania dotyczą konstrukcji nowych sposobów manipulowania atomami w sieciach optycznych, tak by były one mniej podatne na niepożądane zjawiska związane z wpływem otoczenia. Odbywa się to poprzez takie skonstruowanie układu, że atomy, na skutek oddziaływań układają się w strukturę, która jest odporna na małe, losowe deformacje. Ideologicznie: pętka nawinięta trzykrotnie na haczyk, pozostaje nadal trzykrotnie nawinięta, o ile się jej nie przerwie. Delikatne naciągnięte pętliki, nie zmienia liczby nawinięć.

Zachowaniem układu gazu kwantowego można sterować przez okresowe w czasie „potrząsanie”. Odpowiedni dobór częstości i sposobu takiego zaburzenia pozwoli zasymulować sztuczne pole magnetyczne dla gazu atomów bez ładunku. W projekcie tym zostanie dokonana analiza teoretyczna powyższej konstrukcji w sytuacji kiedy atomy gazu oddziałują wzajemnie. Spodziewane jest wówczas zaobserwowanie zjawiska tzw. „ułamkowego efektu Halla”, które inherecznie zawiera obiekty chronione przed wpływem środowiska przy pomocy topologii. Projekt będzie zawierał analizę odporności układu „topologicznego” na periodyczne potrząsanie, oraz odpowiedź na pytanie, czy przygotowywanie oddziałującego układu topologicznego przez potrząsanie nie prowadzi do dodatkowych efektów. Wczesne prace eksperymentalne sugerują bowiem ograniczenie takiej metody w przypadku obecności oddziaływań.

Inne układy topologicznie chronione zostaną skonstruowane przy pomocy takiego przygotowania układu laserów, że atom, poruszając się w przestrzeni, zmienia swoją konfigurację elektronową - co kilkaset nanometrów. Umożliwi to powiązanie struktury wewnętrznej atomów z ich położeniem w przestrzeni, co spowoduje zachowanie warunkowe: jeden będzie mógł może przeskoczyć do sąsiedniego węzła sieci tylko w obecności drugiego atomu. Taki mechanizm może zostać wykorzystany do konstrukcji złożonej dynamiki w przewodach kwantowych