

## Popularnonaukowe streszczenie projektu

### Zarys optyki atomowej

Dziedzina moich badań - optyka atomowa, to gałąź fizyki zajmująca się kwantową naturą gazów atomowych, ich oddziaływaniami ze sobą oraz z polami elektromagnetycznymi. W szczególności jest to także technika kontrolowania atomów i chłodzenia ich do temperatur rzędu 0,00000001 Kelvina, czyli niemalże zera bezwzględnego.

Możliwość łatwego kontrolowania i badania uczyniły z ultrazimnych gazów atomowych najlepszą dotychczas stworzoną realizację symulatora kwantowego. Stworzenie symulatora zaproponował w roku 1982 Richard Feynman – idea polega na tym by zamiast bezpośrednio badać układy bardzo trudne do badania, stworzyć takie, które odtwarzają ich fizykę, ale nie sprawiają takich problemów w laboratorium. Obecnie używając ultrazimnych gazów atomowych jesteśmy w stanie symulować np. ciała stałe, czy też zachowanie plazmy spadającej na czarną dziurę.

Jedną z podstawowych struktur używanych w symulatorach kwantowych jest sieć optyczna – sztuczny kryształ. Używając dwóch przeciwbieżnych wiązek laserowych można stworzyć falę stojącą światła – regularny układ minimów i maksimów natężenia światła udających regularny układ sieci krystalicznej. Chmura ultrazimnych atomów wpuszczonych do takiej sieci oddziałuje z nią i odgrywa rolę elektronów. Możemy łatwo zmieniać wiele parametrów takiego układu, np. wystarczy zwiększyć natężenie światła by „pogłębić” sieć co jest niemożliwe w przypadku prawdziwego kryształu

### Cel projektu

W projekcie będę zajmował się ultrazimnymi gazami atomowymi w sieciach optycznych złożonych z dwóch wiązek światła o różnych długościach (bichromatycznych). Celem badań jest opracowanie nowych technik kontroli ultrazimnych gazów atomowych przy użyciu szybkich okresowych modulacji, w szczególności zaś poszukiwanie układu, który mógłby posłużyć za filtr energii cząstek – system, który przepuszcza jedynie atomy o wybranej energii, a pozostałe zatrzymuje.

By skonstruować filtr można wykorzystać lokalizację Andersona – zjawisko polegające na lokalizacji cząstek w układach z nieporządkiem. Fala prawdopodobieństwa cząstki, rozprasza się na losowo rozłożonych przeszkodach tak, że rozproszone fale interferują prawie wszędzie destruktywnie. Jedynie w małym obszarze interferencja jest konstruktywna – tam lokalizuje się cząstka.

Jedną z metod stworzenia nieporządku w sieci optycznej jest użycie dwóch wiązek laserowych o niewymiernym stosunku długości fali. Ściśle mówiąc rozkład taki nie jest losowy, jest to kwazi-nieporządek jednak pojawia się w nim lokalizacja. Niestety ten prosty model nie może być użyty jako filtr energii – w zależności od parametrów układu albo wszystkie cząstki są w nim zlokalizowane albo żadna.

Metodą która może pomóc stworzyć filtr są szybkie periodyczne modulacje układu w czasie. Technikę tę wykorzystuje się z powodzeniem by wygenerować nowe, często niespodziewane efekty w układach zimnych atomów. Stosując ją można na przykład sprawić, że atom będzie widział sieć jako nieskończenie głęboką, albo że zacznie się zachowywać jakby miał ładunek i znajdował się w polu magnetycznym. Efekty te pojawiają się gdyż gdy wykonujemy szybkie periodyczne zmiany jakiegoś parametru układu to cząstka podąża za tą modulacją, jednak nie całkowicie – jej długoterminowe zachowanie zmienia się.

Wstępne obliczenia pokazują, że niektóre procedury modulacji wywołują efekty, które prawdopodobnie pozwolą doprowadzić do tego, że sieć niewspółmierna zacznie przepuszczać część cząstek, a ich energie będzie można łatwo kontrolować eksperymentalnie. Możliwe jest więc stworzenie filtra energii w tych układach. By to potwierdzić i zbadać własności tych filtrów wykonam obliczenia numeryczne, gdyż badanie układów tego typu jest zazwyczaj niemożliwe analitycznie.

### Motywacja podjęcia badań

Zbadanie nowych procedur modulacji i ustalenie jakie efekty są przez nie wywoływane rozszerzy możliwości stosowania ultrazimnych gazów atomowych w sieciach optycznych jako symulatorów kwantowych. Sam filtr może być układem bardzo przydatnym w eksperymentach z zimnymi gazami atomowymi. Przykładowo może być użyty jako źródło atomów o bardzo dobrze określonej energii do interferometrii atomowej – pozwalającej na wykonywanie bardzo dokładnych pomiarów np. pola grawitacyjnego. Może też pozwolić precyzyjnie mierzyć rozkład energii atomów w próbce.