

Cel

Z cząsteczkami dipolowymi spotykamy się każdego dnia. To z nich w większości składa się nasze ciało (woda jest polarna). Człowiek ma do czynienia także z kryształami, np. soli lub cukru. Światło z kolei dociera do nas zewsząd o każdej porze (nawet w nocy, ale wtedy z niskim natężeniem). W ramach projektu będziemy analizować zachowania cząsteczek dipolowych oddziaływujących ze światłem, jednak w nietypowych warunkach. Planujemy bowiem badać ultrazimne cząsteczki polarne uwięzione w kryształach zbudowanych ze światła, tzw. sieciach optycznych. Tak przygodnie one cząsteczki w temperaturach bliskich zera bezwzględnie ujawniają złoony kwantowy natury. Można nimi także innymi wykorzystywać je do obliczeń kwantowych, w których mechanika kwantowa pozwala na zwiększenie szybkości obliczeń wykraczając poza możliwości fizyki klasycznej. Drugą obiecującą perspektywą jest symulowanie za pomocą cząsteczek innych układów z kwantowego świata, takich jak niezwykle złoony nadprzewodniki wysokotemperaturowe. Do zbudowania kwantowych maszyn jest jednak jeszcze daleka droga. Oddziaływania cząsteczek dipolowych w pułapkach nie zostały dotychczas wystarczająco zbadane, co znacząco utrudnia prace grup eksperymentalnych w tej dziedzinie.

Badania

Badania chcielibyśmy podzielić na trzy etapy. W ramach pierwszego z nich opiszemy dwie zderzające się cząsteczki polarne uwięzione w osobnych potencjałach harmonicznych. Takie kontrolowane zderzenie stanowi dobrą, niedestrukcyjną i szybką metodę przetwarzania informacji. W przypadku cząsteczek przebieg procesu zderzenia będzie zależał od ich wewnętrznego stanu, co umożliwi nam zaprojektowanie na tej podstawie kwantowych bramek logicznych. Po wyrobieniu sobie intuicji na tym wstępnym problemie przejdziemy do bardziej realistycznego i wiądzalnego modelu, w którym zastąpimy dwie osobne pułapki sieci optycznej, narządkiem używanym na co dzień w laboratoriach. Sieć optyczna to wytworzona za pomocą lasera fala stojąca, tworząca dla cząsteczek idealny kryształ. Cząsteczki umieszczone w takim polu laserowym będą dążyły do tego, aby przebywać w maksimach lub minimach natężenia fali (zależnie od ich cechy zwanej polaryzowalnością). Cząsteczki umieszczone w siodłach oczkach sieci będą silnie odczuwać swoją obecność dzięki oddziaływaniom dipolowym pomiędzy nimi. Gdy już opiszemy wyczerpująco zjawiska zachodzące w sieci, wyposażymy je w odpowiednie zrozumienie, a także narzędzia numeryczne i analityczne, zaproponujemy schemat obliczeń kwantowych przy użyciu ultrazimnych cząsteczek w sieciach optycznych dostosowany do możliwości eksperymentalnych.

Motywacja

Motywacje do badania zderzeń ultrazimnych polarnych cząsteczek w siatkach optycznych są wielostronne. Po pierwsze są one interesujące z fundamentalnego punktu widzenia – nie zostały wyczerpująco zbadane teoretycznie, co powoduje niedosyt i chęć poszerzenia wiedzy ludzkości. Po drugie fascynująca dziedzina ultrazimnych zderzeń może się przyczynić do stworzenia komputera kwantowego. Wyposażenie w tego typu urządzenie mogłoby symulować inne układy kwantowe, które nie poddają się łatwemu opisowi oraz rozbudowywać granice wiedzy fizycznej i nie tylko. Ponadto tego typu komputer mógłby się w wielu przypadkach okazać znacznie sprawniejszy w prowadzeniu obliczeń niż obecnie dostępne urządzenia. Wskazujemy na to przygotowane już algorytmy. Brak tylko sprzyjających warunków do ich realizacji. Ultrazimne zderzające się w siatkach optycznych cząsteczki dipolowe wydają się obiecującym kandydatem. Dla ich zastosowania niezbędnym jest jednak wyczerpujący opis ich oddziaływań, który chcielibyśmy zbadać w niniejszym projekcie.