

Badania oddziaływania światła i materii wciąż nie przestają fascynować fizyków. Do właściwego opisu tej klasy zjawisk potrzebne jest odwołanie się do powstałej na początku poprzedniego wieku, ale wciąż zagadkowej i czasem wręcz nieintuicyjnej – mechaniki kwantowej. Wprawdzie w wielu sytuacjach, gdy liczba oddziałujących atomów jest bardzo duża, wystarczy zastosować tzw. opis średniopolowy, który jest klasyczny i nie ma konieczności odwoływania się do teorii kwantowych. Z drugiej jednak strony opis klasyczny przestaje być prawdziwy, gdy liczba atomów jest mała i gdy trzeba wziąć pod uwagę tzw. fluktuacje kwantowe, czyli mówiąc najprościej – zaburzenia w opisie średniopolowym. Celem niniejszego projektu jest przebadanie modelu teoretycznego opisującego oddziaływanie wiązki laserowej wewnątrz wnęki rezonansowej (tak, jakby dwa lustra leżące naprzeciwko siebie, które prawie wszystko odbijają) z tzw. atomowym kondensatem Bosego-Einsteina, czyli atomami znajdującymi się w bardzo niskiej temperaturze, bliskiej zera bezwzględnego. Realizacja projektu pomoże wyjaśnić przyczyny pewnych zachowań nawet bez konieczności odwoływania się do mechaniki kwantowej. Niektóre cechy zjawiska mogą być wytłumaczone na gruncie klasycznego i dobrze znanego opisu jednomodowych laserów. Jednym z zadań projektu jest stworzenie ogólnego modelu teoretycznego, który pozwoli analizować tego typu układy zarówno przy słabych, jak i silnych oddziaływaniach atomów.

Celem projektu jest również badanie par atomowych, które powstają jednocześnie przy przejściu kondensatu ze stanu wzbudzonego do stanu podstawowego i które poruszają się w przeciwnych kierunkach, zatem są dobrze od siebie odseparowane. Okazuje się, że tego typu pary atomów nie są od siebie niezależne, tworzą one tzw. stany splątane, które można tłumaczyć wyłącznie na gruncie mechaniki kwantowej. Zmiana stanu jednego z nich wpłynie również na stan drugiego z nich. Szczególnie interesujące może być badanie takich par przy zjawisku mieszania czterech fal, gdzie z jednego spoczywającego kondensatu – matki generują się w przeciwnych kierunkach dwa kondensaty – córki. Następnie w wyniku ich oddziaływania ze sobą powstaje jeszcze czwarty stan, którego parametry są ściśle zależne od parametrów tamtych trzech. Istotne jest przy tym przebadanie w tego typu układzie takich korelacji nieklasycznych, a zatem – na ile powstające pary atomów są ze sobą splątane. Trzeba tu zaznaczyć, że stany splątane są punktem wyjścia do wielu bardzo interesujących zjawisk takich, jak np. teleportacja czy kryptografia kwantowa.

Realizacja tego projektu pozwoli uzyskać efektywny model teoretyczny, uwzględniający efekty kwantowe, który z dużym powodzeniem będzie opisywał najnowsze dostępne obserwacje eksperymentalne. Rozwijająca się w ostatnich latach niezwykle intensywnie gałąź badań eksperymentalnych w zimnych gazach atomowych wymaga wciąż aktualizacji istniejących i propozycji nowych modeli, które będą w stanie opisywać rzeczywistość. Pozytywne rezultaty uzyskane w ramach projektu dadzą przyczynek do takich ważnych dziedzin jak informatyka kwantowa czy metrologia kwantowa.