Wszystkie atomy w układzie okresowym pierwiastków wchodzą w skład jednej z dwóch grup: są fermionami lub bozonami. Wpływ na klasyfikację do jednej bądź drugiej rodziny ma typowo kwantowy parametr zwany spinem. Gdy atomy chłodzone są do niespotykanych we wszechświecie temperatur bardzo blisko zera absolutnego, różnice pomiędzy atomami różnych pierwiastków zacierają się, lecz fundamentalny podział na bozony i fermiony pozostaje w mocy.

Bozony są cząstkami, które mogą okupować ten sam stan kwantowy. Fermiony z kolei, nie mogą zachowywać się dokładnie tak samo jak inne fermiony w ich bezpośrednim sąsiedztwie jeśli mają ten sam rzut wektora spinu. Dlatego właśnie o wiele trudniej jest opisać układ składający się z fermionow niż z bozonów – oddziaływania pomiędzy każdą parą fermionów muszą być wzięte pod uwagę w szczególny sposób by dobrze opisać system.

Fizycy doświadczalni potrafią w dzisiejszych czasach chłodzić atomy do niewyobrażalnie niskich temperatur blisko zera absolutnego. Poprzez wykorzystanie idealnie dostrojonych laserów są w stanie manipulować materią i kształtować ją na wiele sposobów. Spośród układów, które szczególnie interesują fizyków wyróżnić można silnie ograniczone przestrzennie systemy podobne do linii prostej, tzn. jednowymiarowe łańcuchy atomów. Układy takie w bardzo niskich temperaturach zachowują się skrajnie różnie w zależności od tego, czy są bozonowego czy fermionowego charakteru. Przykładem takiego zachowania jest sytuacja, w której ultrazimne fermiony w jednowymiarowej pułapce zostały zmuszone do bardzo silnego odpychania się poprzez odpowiednie dostrojenie pola magnetycznego. Z jednej strony nie mogą zbliżyć się do siebie, a z drugiej nie mogą oddalić, gdyż znajdują się w pułapce tworząc strukturę podobną do kryształu, zwaną gazem Tonksa-Girardeau. Oczywiście zachowywałyby się podobnie gdyby każdy z nich miał ten sam rzut wektora spinu – wtedy w naturalny sposób unikałyby swych sąsiadów – lecz w opisanym wyżej przykładzie można osiągnąć ten sam efekt nawet dla gazu fermionów o różnym rzucie spinu. Z drugiej strony, jeśli manipulując polem zewnętrznym zmusimy atomy do silnego przyciągania się, stworzą one ciasno związane pary majace w sumie charakter bozonowy.

Zachowanie tych egzotycznych form materii stanowi interesujące wyzwanie dla fizyków eksperymentalnych i teoretycznych. Oczywiście tylko w eksperymencie można przekonać się jak naprawdę wygląda fizyczny świat wokół nas, lecz możliwość wydedukowania, korzystając jedynie z czystego rozumu i praw mechaniki kwantowej, zachowania tak nietypowych układów jak ultrazimne gazy fermionów w jednym wymiarze niewątpliwie musi być uznana za triumf ludzkiej myśli.

Niniejszy projekt ma na celu implementację nowoczesnej metody teoretycznej, zaczerpniętej z dziedziny chemii kwantowej, która pozwoli na bardzo dokładny opis tego typu systemów. Niestety, mechanika kwantowa nie pozwala na obliczanie właściwości dowolnego systemu z nieskończoną dokładnością. Co więcej, zazwyczaj gdy badany układ jest większy od dwóch cząstek, nie jest możliwe opisanie systemu w sposób dokładny, lecz istnieje wiele metod przybliżonych, opisujących rzeczywistość z wykorzystaniem szeregu przybliżeń.

Tak zwane metody jawnie skorelowane, które planujemy zaadaptować i zaimplementować, będą zdecydowanie dokładniejsze od metod używanych obecnie, ponieważ opisują oddziaływanie każdej pary cząstek z niespotykaną precyzją, szczególnie gdy są bardzo blisko siebie, czyli tam, gdzie ma to największe znaczenie.