

Sprężenie spin-orbita pojawiło się w fizyce atomowej na początku XX wieku w celu wyjaśnienia przesunięć poziomów energetycznych powstających w wyniku interakcji pomiędzy orbitalnym momentem magnetycznym a wewnętrznym momentem pędu elektronu - spinem. Nieco później, zakres efektów określanych jako sprężenie spin-orbita został uogólniony, i zawiera zjawiska wynikające ze sprężenia prędkości cząstki z jej spinem. Na przykład, w ciałach stałych oddziaływanie spinu elektronu z zewnętrznym polem elektromagnetycznym leży u podstaw występowania wielu zjawisk kwantowych, których znakomitymi przykładami są izolatory topologiczne i fermiony Majorany.

SOCAT proponuje teoretyczne badanie realizacji sprężenia spin-orbita w ultra-zimnych gazach fermionowych umieszczonych w periodycznym potencjale sieci optycznych w temperaturach bliskich zera bezwzględnego, gdy atomy są w stanie zdegenerowanym. Główną motywacją do podjęcia badań jest wyjątkowa kontrola eksperymentalna nad tym układem, która ułatwia badanie fizyki w zakresach parametrów niedostępnych w żadnych innych znanych układach. W szczególności, sprężenie spin-orbita w ultra-zimnych gazach atomowych może być znacznie silniejsze (w jednostkach względnych) niż dla elektronów w ciałach stałych.

Badania zaproponowane w projekcie SOCAT skupiają się na implementacji sprężenia spin-orbita do dynamicznego wytwarzania stanów ściśniętych i splątanych. Dynamiczne wytwarzanie stanów ściśniętych, które z powodzeniem zademonstrowano w licznych eksperymentach z kondensatami Bosego-Einsteina, jest możliwe dzięki międzyatomowym oddziaływaniom. Zastosowanie tego mechanizmu w układzie ultra-zimnych gazów fermionowych jest trudniejsze, ponieważ nierozróżnialne fermiony nie mogą oddziaływać w ultra-niskich temperaturach. Implementacja sprężenia spin-orbita indukuje efektywne oddziaływania pomiędzy ultra-zimnymi fermionami i procesy niezbędne do dynamicznego wytworzenia stanów splątanych. Układ jaki rozważamy jest podstawą działania najbardziej precyzyjnych i dokładnych zegarów optycznych. Wyniki badań, które zostaną przeprowadzone w ramach projektu mogą mieć zastosowania metrologiczne, na przykład w zwiększaniu czułości zegarów atomowych.