

Oddziaływania i zderzenia w ultrazimnych mieszaninach wysokomagnetycznych atomów lantanowców z otwartopowłokowymi atomami i jonami

Ostatnie dwie dekady przyniosły znaczący postęp w technikach laserowego pułapkowania i chłodzenia atomów do niskich i ultraniskich temperatur. W ultraniskich temperaturach, czyli temperaturach poniżej 1 milikelwina, uwidaczniają się kwantowe właściwości materii, wobec czego badania nad ultrazimnymi układami umożliwiają lepsze zrozumienie zjawisk kwantowych. Ponadto, takie układy mogą być z ogromną precyzją przygotowywane, kontrolowane i mierzone, co otwiera drogę do, na przykład, symulacji złożonych zjawisk wielociałowych i ich zrozumienia na poziomie mikroskopowym, czy uzyskania pełnego wglądu w dynamikę reakcji chemicznych.

Tym samym, otrzymanie pierwszego atomowego kondensatu Bosego-Einsteina w 1995 roku otworzyło nowy rozdział we współczesnej fizyce i chemii. Kolejne lata zaowocowały przełomowymi eksperymentami z wykorzystaniem ultrazimnych gazów kwantowych (kondensatów Bosego-Einsteina i zdegenerowanych gazów Fermiego) atomów i cząsteczek o coraz bardziej skomplikowanej strukturze wewnętrznej, obejmującymi, między innymi, kwantowe symulacje zjawisk fizyki materii skondensowanej, ultrazimną kontrolowaną chemię, czy precyzyjne pomiary mające na celu testowanie fundamentalnych praw fizyki.

W ostatnich latach uwagę badaczy przyciągnęły ultrazimne gazy wysokomagnetycznych atomów z grupy lantanowców, ponieważ silne anizotropowe oddziaływania dipol-dipol występujące w takich układach pozwalają na obserwację fascynujących zjawisk i nowych faz kwantowych. Silna anizotropia oddziaływań w takich układach jest rezultatem złożonej struktury wewnętrznej atomów.

Naszym celem w ramach projektu jest zbadanie oddziaływań i zderzeń w ultrazimnych mieszaninach wysokomagnetycznych atomów lantanowców z otwartopowłokowymi atomami i jonami, czyli takimi, których powłoka walencyjna nie jest w pełni obsadzona elektronami. Badania będą miały charakter teoretyczny i obejmą obliczenie potencjałów oddziaływania w rozważanych układach z wykorzystaniem metod kwantowochemicznych, a następnie przeprowadzenie obliczeń ultrazimnych zderzeń w polu magnetycznym i przeanalizowanie perspektyw tworzenia w analizowanych mieszaninach heterojądrowych cząsteczek i jonów molekularnych na drodze magnetoasocjacji. Jednocześnie, rozważać będziemy wieloelektronowe układy o złożonej strukturze wewnętrznej, wobec czego wykonanie wymienionych obliczeń stanowiło będzie duże wyzwanie nawet przy wykorzystaniu nowoczesnych metod chemii kwantowej i fizyki molekularnej.

Wyniki projektu pozwolą na teoretyczne wyjaśnienie wyników eksperymentu niedawno przeprowadzonego przez grupę doświadczaną w Innsbrucku. Przeanalizowane zostaną również perspektywy zastosowania rozważanych układów w kwantowych obliczeniach i kwantowych symulacjach, czy precyzyjnych pomiarach mających na celu testowanie fundamentalnych praw fizyki i poszukiwanie fizyki poza Modelem Standardowym.