

Nowe sposoby produkcji i kontroli ultrazimnych cząsteczek wieloatomowych

Układy złożone z atomów, cząsteczek i jonów zajmują fundamentalnie ważne miejsce w chemii jako nauce. Wiedza o ich składzie, strukturze, spektrum energetycznym, właściwościach i reaktywności pozwala nie tylko na lepsze zrozumienie przyrody, ale także ma wiele praktycznych zastosowań. W idealnych warunkach układ może być kontrolowany z dokładnością pojedynczego stanu kwantowego; taka kontrola jest jednym z głównych wyzwań dla rozwoju nowoczesnej technologii opartej na prawach mechaniki kwantowej. Kandydatami idealnie pasującymi do tych celów są ultrazimne gazy umieszczone w zewnętrznych potencjałach. Po pierwsze mogą być one skutecznie izolowane od otoczenia, a po drugie, przejawiają niedostępne w wyższych temperaturach konsekwencje dualizmu korpuskularnego materii, a w szczególności wykazują falową naturę. Znaczenie ultrazimnych gazów potwierdzają nagrody Nobla przyznane w dziedzinie fizyki: za rozwój chłodzenia i pułapkowania atomów światłem laserowym oraz za obserwację kondensatów Bosego-Einsteina. Od niedawna ultrazimne atomy w sieciach optycznych umożliwiły budowę symulatorów kwantowych, a zegary atomowe przekraczają kolejne granice w dziedzinie nauk pomiarowych.

W porównaniu z atomami cząsteczki mają jeszcze więcej zalet w zakresie kontroli kwantowej. Na przykład, ultrazimne cząsteczki można spolaryzować, co prowadzi do powstania wewnętrznego pola elektrycznego, które znajduje wyjątkowe zastosowania w poszukiwaniu nowej fizyki poza modelem standardowym. Niestety przygotowanie ultrazimnych cząsteczek jest zazwyczaj trudnym zadaniem wynikającym z faktu, że mają one wiele stanów wewnętrznych, które są nieobecne w atomach: są to poziomy rotacyjne i wibracyjne. Problemy te potęguje fakt, że wiele cząsteczek o potencjalnie zwiększonej wrażliwości na nową fizykę jest wieloatomowych, są masywne i nierzadko chemicznie słabo związane. Dopiero niedawno dwie grupy z Caltech i Harvard zademonstrowały cząsteczki trójatomowe w temperaturze rzędu setek μK : SrOH i YbOH. Układy te będą odgrywać kluczową rolę w kolejnych próbach pomiaru elektrycznego momentu dipolowego i zgłębianiu tajemnicy braku symetrii między materią i antymaterią we Wszechświecie.

Celem tego projektu jest teoretyczne zbadanie interakcji i ultrazimnych zderzeń między zamkniętopowłokowymi atomami i ciężkimi cząsteczkami trójatomowymi. Proponujemy układ modelowy X-XOH (X = Ca, Hg, Sr, Yb), który jest bezpośrednią odpowiedzią na bieżące rezultaty chłodzenia laserowego cząsteczek SrOH i YbOH. Szczególna uwaga zwrócimy na możliwość kontroli eksperymentalnie dostępnych parametrów poprzez zewnętrzne pole magnetyczne i elektryczne. Podstawowym narzędziem takiej manipulacji jest rezonans Feshbacha, który wymaga zderzeń w temperaturze poniżej μK . Zbadamy również możliwość na współchłodzenie molekuly poprzez zderzenia z zimniejszym atomem.