

Projekt poświęcony jest rozwojowi nowego sensora molekularnego umożliwiającego badanie fundamentalnych oddziaływań. Struktura energetyczna cząsteczek zależy od oddziaływań między ich składnikami i otaczającą przestrzenią. Dlatego cząsteczki mogą być używane do testowania elektrodynamiki kwantowej w układach bardziej złożonych niż pojedyncze atomy i poszukiwania bardziej egzotycznych oddziaływań, takich jak: piąta siła oprócz czterech już znanych, krótkozasięgowa grawitacja nienewtonowska lub zaburzenia spowodowane polem ciemnej materii. Szukając przejawów dodatkowych oddziaływań na odległościach nanometrowych nieujętych w Modelu Standardowym lub ograniczeń na ich wielkość użyjemy izotopologów ciężkiej cząsteczki Hg_2 . Nasze podejście polega na skonfrontowaniu dokładnych pomiarów spektroskopowych z obliczeniami teoretycznymi. Jeśli pojawią się statystycznie znaczące rozbieżności pomiędzy doświadczeniem i teorią, będziemy mogli poszukiwać przejawów egzotycznych oddziaływań –między hadronami. Problem ten zaatakujemy mierząc stany związane cząsteczki Hg_2 w pobliżu progu jej dysocjacji. W tym przypadku wykorzystamy fakt, iż oddziaływanie dwóch atomów znajdujących się w dużej odległości między sobą ma stosunkowo prostą postać matematyczną.

Dokładne określenie energii stanów związanych Hg_2 wymaga innego podejścia, w którym atomy są uwięzione i schładzane przez siły generowane przez światło laserowe o dużym natężeniu. Takie zderzające się ultrapowolne atomy Hg są następnie przekształcane za pomocą dwóch impulsów świetlnych w cząsteczkę Hg_2 . Energię stanów związanych można wyznaczyć z dużą dokładnością, analizując straty atomów z pułapki uzależnione od różnicy częstotliwości dwóch impulsów światła. Dzięki technologiom opracowanym na potrzeby optycznych zegarów atomowych oraz dzięki temu, że częstotliwość jest wielkością fizyczną, którą można najlepiej zmierzyć, struktura molekularna Hg_2 zostanie wyznaczona i porównana z przewidywaniami teoretycznymi z niespotykaną wcześniej dokładnością. Sensor ten zostanie wykorzystane do sprawdzenia, czy widzimy nowe siły między masywnymi cząstkami na odległościach nanometrowych.

Doświadczalna obserwacja przejawów nowych oddziaływań miałaby ogromny wpływ na fizykę i zrozumienie naszego Wszechświata. Jednak nawet bez takiej obserwacji projekt zaowocuje nowymi metodologiami i ograniczeniami na możliwą wielkość oddziaływań nieujętych w Modelu Standardowym pomagając wyeliminować niektóre modele teoretyczne. Ponadto nasze techniki spektroskopowe i teoretyczne podejścia do analizy danych rozwiną metrologię optyczną. Na przykład, spektroskopia w gazach jest już jedną z głównych technik ultradokładnych pomiarów temperatury, nazywa się termometrią dopplerowską. Opracowane techniki poprawią możliwości wyznaczania składu gazów. Ma to kluczowe znaczenie dla monitorowania zanieczyszczeń w atmosferze ziemskiej oraz określania stosunku izotopów w zastosowaniach środowiskowych. W przypadku ultrapowolnych atomów zderzających się w obecności światła oddziaływanie między nimi może być szybko zmieniane. Oddziaływanie odpychające można zmienić na przyciągające i odwrotnie. Otwiera to nowe możliwości inżynierii kwantowej. Doświadczenia zdobyte w ramach tego projektu pomogą w konstrukcji optycznego zegara molekularnego Hg_2 .