

Ultradokładna spektroskopia prostych molekuł dla badań podstawowych kriogeniczny spektrometr bazujący na wnęcie optycznej o bardzo wysokiej finezji

Głównym celem projektu jest badanie struktury najprostszyc cząsteczek (w szczególności cząsteczki wodoru) na niespotykanym dotąd poziomie dokładności. Najprostsze molekuły są wyjątkowo ważne dla badań podstawowych ponieważ ich struktura może być wyliczona z zasad pierwszych, a co za tym idzie mogą one być użyte nie tylko do testowania mechaniki kwantowej, ale też elektrodynamiki kwantowej dla molekuł. Co więcej, z tych samych powodów najprostsze molekuły mogą być wykorzystane jako swoiste czujniki nowych hipotetycznych oddziaływań w przyrodzie czy dodatkowych wymiarów przestrzeni w której żyjemy.

Główny cel tego projektu zostanie osiągnięty poprzez opracowanie i skonstruowanie źródła laserowego o bardzo dużej mocy sprzęgniętego ze spektrometrem optycznym pracującym w warunkach kriogenicznych (dochodzących do 10 K). Bardzo wysoka moc źródła laserowego jest niezbędna do nasycenia słabych przejść w izotopologu HD molekularnego wodoru i w efekcie do obserwowania wąskich spektroskopowych struktur subdopplerowskich. Niska temperatura jest kluczowa ponieważ związana z nią niska prędkość molekuł wprost przekłada się na wyższą dokładność obserwacji struktur spektroskopowych. Konstrukcja spektrometru będzie bazowała na wnęcie optycznej o niezwykle wysokiej finezji (wnęka również będzie schłodzona do temperatur kriogenicznych), co zwiększy efektywną drogę oddziaływania światła laserowego z molekułami do setek kilometrów automatycznie zwiększając czułość pomiaru o wiele rzędów wielkości.

Poza wyżej wspomnianym głównym celem projektu, w badaniach tych wykorzystamy kriogeniczny spektrometr również do badania zjawisk na granicy chemii kwantowej i fizyki molekularnej. Będziemy obserwować zderzenia molekuł w niskich temperaturach oraz dokładnie badać strukturę najprostszyc kompleksów van der Waalsa (tj. niezwykle słabo związanych układów dwóch molekuł lub atomów). Badania tego typu są kluczowe dla zrozumienia podstawowych procesów chemicznych i połączenia obliczeń z zasad pierwszych ze standardową chemią eksperymentalną.

W ramach teoretycznej części projektu wykorzystamy komputerowe stacje obliczeniowe do numerycznego rozwiązywania równań mechaniki kwantowej opisujące zderzenia molekuł w niskich temperaturach (w istocie zderzenie te będą rozważane jako kwantowe rozpraszanie fal materii). Wyniki te wykorzystamy do interpretowania widm eksperymentalnych.