

## Streszczenie

Niniejsza rozprawa przedstawia rozwój narzędzi eksperymentalnych umożliwiających precyzyjne badania ultrazimnych atomów i cząsteczek. Opiera się ona na fundamentach chłodzenia i pułapkowania laserowego, stabilizacji częstotliwości laserów oraz grzebieni częstotliwości optycznych, które wspólnie wyznaczają współczesny krajobraz precyzyjnej spektroskopii i metrologii czasu.

Praca obejmuje kluczowe elementy potrzebne do wytworzenia stabilnego i skalowalnego środowiska pomiarowego: zaawansowane układy laserowe ze stabilizacją częstotliwości typu offset-locking i odniesieniami do grzebienia częstotliwości, koherentny transfer częstotliwości optycznych z tłumieniem szumów resztkowych oraz precyzyjną kontrolę pól magnetycznych w eksperymentach z ultrazimnymi atomami.

Wykraczając poza układy atomowe, rozprawa bada ścieżki prowadzące do tworzenia ultrazimnych cząsteczek, motywowane ich bogatą strukturą wewnętrzną, silnymi oddziaływaniami dipolowymi oraz potencjalnymi zastosowaniami w fizyce układów wielociałowych. Szczególna uwaga poświęcona jest cząsteczkom dwuatomowym, takim jak KAg i CsAg, które według przewidywań posiadają wyjątkowo duże trwałe momenty dipolowe. Jako krok w kierunku ich wytwarzania, zmierzono i przeanalizowano przekroje czynne fotojonizacji stanów wzbudzonych cezu i potasu przy długości fali 328 nm, dostarczając istotnych danych dla strategii tworzenia cząsteczek.

Praca integruje te osiągnięcia w spójną eksperymentalną „skrzynkę narzędziową”: szybkie wyłączenie pól magnetycznych, autonomiczne lasery spektroskopowe o przes-trajanej częstotliwości, światłowodową dystrybucję częstotliwości optycznych z cyfrową kompensacją szumów oraz badania fotojonizacji. Razem tworzą one solidną platformę dla precyzyjnych pomiarów nowej generacji w układach ultrazimnych cząsteczek.