



Toruń, 05.04.2024

Recenzja rozprawy doktorskiej pana Koraya Dinçera
pt. „Observation of ‘Missing’ Vibrational Levels and Extending Photoassociation Spectra
of Excited Ultracold Cesium Dimers”

W dniu 14 marca 2024 r. przedłożono mi do recenzji rozprawę doktorską pana Koraya Dinçera pt. „Observation of ‘Missing’ Vibrational Levels and Extending Photoassociation Spectra of Excited Ultracold Cesium Dimers”. Rozprawa składa się z sześciu rozdziałów. Otwiera ją krótkie wstęp (rozdział 1) oraz dwa rozdziały wprowadzające ogólną wiedzę stanowiącą podstawę badań przedstawionych w niniejszej rozprawie. W rozdziale 2 omówiono podstawowe techniki chłodzenia i pułapkowania laserowego. W rozdziale 3 omówiono podstawy fizyczne związane z oddziaływaniami i strukturą słabozwiązanych dimerów. Główną część rozprawy przedstawiono w rozdziałach 4 i 5. W rozdziale 4 opisano prace nad budową układu eksperymentalnego, a w rozdziale 5 wyniki samych pomiarów widm dimerów cezu. Rozprawę kończy rozdział 6 przedstawiający podsumowanie pracy i perspektywy.

Główną część rozprawy stanowią rozdziały 4 i 5 referujące oryginalne wyniki pana Koraya Dinçera. W rozdziale 4 opisano kolejno elementy budowanego układu i użyte technologie, począwszy od układu próżniowego, poprzez układy laserowe do chłodzenia i pułapkowania atomów (zarówno dla pułapki magnetooptrycznej jak i dipolowej), układy kompensacji i generowania pola magnetycznego, układy optyczne do obrazowania próbki, aż po system automatyzacji i kontroli pomiarów i system laserowy do fotoasocjacji (w tym laser femtosekundowy pracujący w konfiguracji grzebienia częstości optycznych). Zdolność pana Koraya Dinçera do budowy i władania tak szerokim zakresem technik eksperymentalnych w relatywnie krótkim czasie trwania studiów doktoranckich jest imponująca. W pracy zaznaczono, że układ docelowo ma służyć do produkcji ultrazimnych dimerów heteroatomowych ($K + Cs$), ale na obecnym etapie rozwoju skupiono się na dimerze homoatomowych Cs_2 . Pozytywnie oceniam rzetelne podejście autora do szczegółowego opisu jakich prac została wykonana przez niego osobiście, a jakie prace zostały wykonane przez partnerów z grupy.

Rozdział 5 jest najważniejszą częścią rozprawy. Referuje on wyniki fizyczne, które udało się panu Korayowi Dinçerowi uzyskać w ramach swojego doktoratu. Pierwszym ważnym wynikiem jest zaprezentowanie działania mechanizmów chłodzenia i pułapkowania przy użyciu melasy optycznej i pułapki magnetooptrycznej oraz późniejszego przeładowywania do pułapki optycznej (względnie jednowymiarowej sieci optycznej). Sama pułapka dipolowa jest wysoce nietrywialna ponieważ składa się z odpowiedniej konfiguracji dwóch pól laserowych, gdzie jedna wiązka laserowa tworzy wstępny rezerwuuar spulapkowanych atomów, a druga dużo mocniej skupiona wiązka stanowi główną pułapkę. Zarówno w pułapce magnetooptrycznej jak i w pułapce dipolowej otrzymano odpowiednio wysokie gęstości atomów aby móc obserwować proces fotoasocjacji atomów cezu. Jedną z istotnych zalet pułapki dipolowej jest dużo większa elastyczność zmian pola magnetycznego co umożliwia implementację rezonansów Feshbacha, a w kolejnym kroku wykorzystania ich do ‘wzmocnienia’ spektroskopii fotoasocjacyjnej. Rozdziały 5.5 i 5.6 raportują same już pomiary struktury dimeru Cs_2 bazując na wykorzystaniu wyżej opisanych technik pomiarowych. Zbudowany przez pana Koraya Dinçera układ eksperymentalny pozwolił zaobserwować szereg stanów związanych dimeru Cs_2



wcześniej nieobserwowanych. Co więcej, spektroskopia zewnętrznej studni potencjału $O_8^-(P_{3/2})$ umożliwiła poprawną numerację stanów wibracyjnych i zidentyfikowanie dwóch 'brakujących' stanów (nie jestem w stanie rozstrzygnąć poprawności tej konkluzji, ale na pewno wynik ten stanowi ważny wkład w dyskusję fizyki dimeru Cs_2 i z pewnością w przyszłości kolejne grupy będą się do niego odnosiły). Pozytywnie oceniam interpretację wyników pomiarowych w rozdziałach 5.5 i 5.6 wspartą odpowiednią analizą teoretyczną bazującą na opisie i próbach modyfikacji potencjałów oddziaływania.

Rozprawę tę przeczytałem z dużym zainteresowaniem i sprawiło mi to dużo satysfakcji. Stopień zaawansowania technik i technologii eksperymentalnych jest imponujący. Pan Koray Dinçer wykonał tytaniczną pracę i wielokrotnie wykazywał się ogromną wytrwałością nie zniechęcając się negatywnymi wynikami pomiarowymi. Praca kilkakrotnie zafascynowała mnie pięknem uzyskanych wyników pomiarowych (dobrym przykładem, rysunek 5.4, jest pomiar widma fotoasocjacyjnego, który dał negatywny wynik przy detekcji polegającej na prostym zliczaniu strat w pułapce, ale udało się uzyskać wyraźne widmo gdy podjęto bardziej subtelne podejście, tj. obserwowano podgrzewanie się chmury atomowej przy przechodzeniu przez kolejne rezonanse). Praca skłania do wielu przemyśleń i refleksji w trakcie których nasuwał się szereg pytań i uwag dotyczących pracy. Autor w kolejnych rozdziałach już zamieścił odpowiedź na wiele z nich. Chciałbym jednak prosić doktoranta o odpowiedź lub ustosunkowanie się do kilku przykładowych pytań lub uwag.

- Który parametr zbudowanego układu eksperymentalnego był krytyczny dla zaobserwowania przejść w dimerze Cs_2 , które nie były zarejestrowane we wcześniejszych eksperymentach? (gęstość próbki, układ obrazowania, poziom kontroli pola magnetycznego?)
- Dlaczego linie z tabeli 5.2 nie były wcześniej obserwowane (poza jedną), a duża część linii z tabeli 5.1 była? (pomimo takiego samego zakresu odstrojeń) Co sprawia, że w Waszym układzie przejścia do obu stanów elektronowych można zaobserwować?
- Czy mogę prosić o wyjaśnienie czym różnią się obie kolumny w tabeli 5.3? Czy ma Pan pomysł jakie jest pochodzenie dwóch nieoznaczonych rezonansów na prawym górnym panelu na rysunku 5.22?
- Czy mogę prosić o dokładniejsze omówienie jak wygląda proces chłodzenia od MOT, przez GMC po pułapkę dipolową/sieć optyczną? Jakie są temperatury, gęstość i geometria próbki atomów na kolejnych etapach?
- Pytanie techniczne, jaka jest stała czasowa włączania/wyłączania dyspensera Cs? Tzn. po jakim czasie od wyłączenia prądu ciśnienie w komorze spadnie o np. jeden rząd wielkości?

Rozprawa obejmuje bardzo szeroki zakres materiału (zarówno podstawy teoretyczne, opis skomplikowanego układu eksperymentalnego oraz wiele oryginalnych wyników pomiarowych i ich analiza i interpretacja). Objętość nieco ponad 160 stron jest jak najbardziej właściwym rozmiarem dla typowych rozpraw doktorskich z fizyki, jednak niektóre fragmenty pozostawiają wyraźny niedosyt (np. opis mechanizmu *gray molasses cooling*). Praca od strony językowej i formalnej została napisana poprawnie (nieliczne uwagi techniczne do rysunków czy błędy językowe które udało mi się wychwycić w mojej ocenie nie są warte wspomniania w recenzji). Pozytywnie oceniam fakt, że rozprawa została napisana w języku angielskim co istotnie zwiększa liczbę odbiorców. Pozytywnie oceniam bardzo obszerny i właściwie dobrany zbiór odniesień do współczesnej literatury naukowej (to pokazuje, że pan Koray Dinçer posiada szerokie rozeznanie wiedzę w dziedzinie którą się zajmuję).

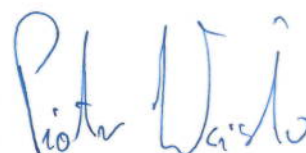
Słabą stroną dorobku pana Koraya Dinçera jest fakt, że opisane wyniki nie zostały opublikowane w recenzowanym czasopiśmie (wyjątek stanowi niedawna publikacja w czasopiśmie

MDPI, która opisuje tylko jeden z niewielkich technicznych aspektów rozprawy; pan Koray Dinçer nie jest autorem korespondencyjnym). W mojej ocenie umiejętność samodzielnego napisania publikacji naukowej oraz przeprowadzenie jej przez proces recenzji to bardzo ważna kompetencja na tym etapie rozwoju naukowego. Należy tu jednak zaznaczyć, że pan Koray Dinçer, w ramach swojego doktoratu, podjął trud budowy zupełnie nowego skomplikowanego układu doświadczalnego w grupie dr. Mariusza Semczuka. W mojej ocenie jest to obecnie jeden z najbardziej zaawansowanych układów eksperymentalnych w zakresie fizyki atomowej i molekularnej w Polsce i jeśli dobrze będą stawiane kolejne cele badawcze to ma potencjał do nawiązania równorzędnej rywalizacji z najlepszymi grupami na świecie. Ja osobiście miałem przyjemność wizytować laboratorium dr. Semczuka współbudowane w ramach niniejszej rozprawy i jestem pod dużym wrażeniem zaawansowania technologicznego i poziomu prowadzonych prac eksperymentalnych. Ten szerszy kontekst, w mojej opinii, częściowo kompensuje słabość dorobku jaką jest brak publikacji w recenzowanych czasopismach.

Konkluzja

Niniejsza recenzja jednoznacznie uzasadnia stwierdzenie, że przedłożona rozprawa doktorska pana Koraya Dinçera pt. „Observation of ‘Missing’ Vibrational Levels and Extending Photoassociation Spectra of Excited Ultracold Cesium Dimers” **prezentują ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie nauk fizycznych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.** Ogólna wiedza teoretyczna została zaprezentowana na wielu płaszczyznach, zarówno w odniesieniu do fizyki chłodzenia i pułapkowania atomów i molekuł, w opisie struktury molekuł oraz przy analizie i interpretacji danych pomiarowych. Pan Koray Dinçer wykazał się ogromną samodzielnością w budowie skomplikowanego układu doświadczalnego, prowadzeniu pomiarów oraz analizie danych eksperymentalnych. **Przedmiotem przedłożonej rozprawy jest oryginalne rozwiązanie kilku wyżej wymienionych problemów naukowych.** Rozprawa ta spełnia wszelkie wymagania odnośnie oryginalności i jakości badań stawiane rozprawom doktorskim. **Oceniam ją jednoznacznie pozytywnie i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Pan Koray Dinçer w ramach swojej pracy doktorskiej połączył wiele zaawansowanych technologii eksperymentalnych z zakresu fizyki zimnych atomów i molekuł i dokładnej spektroskopii laserowej (technologie próżniowe, laserowe, chłodzenia i pułapkowania atomów, tworzenia ultrazimnych molekuł, technologie grzebieni częstości optycznych, i inne). Skutecznie połączył te technologie do przeprowadzenia nietrywialnych pomiarów spektroskopowych. W mojej ocenie uzasadnia to wyróżnienie rozprawy pana Koraya Dinçera o co niniejszym wnoszę.



dr hab. Piotr Wcisło, prof. UMK
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu