



UNIWERSYTET
WARSZAWSKI

dr hab. Krzysztof Jachymski, prof. UW

Warszawa, 10.04.2026

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Marcina Umińskiego

Praca Marcina Umińskiego „Decaying Feshbach resonances in complex ultracold systems” została przygotowana pod opieką dr hab. Piotra Żuchowskiego na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Składa się z siedmiu rozdziałów, z których pięć poświęconych jest oddziaływaniom i zderzeniom różnych par cząstek, a dwa stanowią wstęp i podsumowanie. Jest napisana po angielsku, w specyficznym stylu ale dość zrozumiale. Autor ma w dorobku dwie (wg google scholar) publikacje, które wydają się stanowić podstawę rozdziałów 2 i 6. Wstęp zapewnia czytelnikowi bardzo przyspieszony i dość chaotyczny kurs chemii kwantowej oraz teorii rozpraszania. Autor wprowadza też pojęcie rezonansów Feshbacha (pisząc „while described relatively recently”, choć nie podaje tu referencji do prac Fano i Feshbacha z lat 60.) a także kształtu. Gdybym nie wiedział czym jest rezonans Feshbacha, raczej nie mógłbym się tego nauczyć z tej części rozprawy. Notacja w sekcji 1.4.2 jest niejasna, nie wiadomo skąd wziął się parametr γ ani czym jest a_{res} i dlaczego ma taką definicję. Autor sugeruje też chyba, że urojona część długości rozpraszania opisuje straty trzyciałowe, co nie jest prawdą.

Właściwą część pracy rozpoczyna analiza oddziaływania jonu NO^+ z H_2 , ważnego z punktu widzenia eksperymentów i astrochemii. Jako że odpowiadająca rozdziałowi publikacja ma wielu autorów, można by było umieścić tu oświadczenie o wkładzie do niej. Opisane jest użycie programu BOUND do obliczeń stanów związanych. Mam wrażenie niedosytu, co prawda energie stanów są podane w tabelce ale analiza jest powierzchowna. Autor zaznacza że ta eksploracja miała wstępny charakter i przechodzi do kolejnego układu, He (wzbudzony)- Li , w którym zachodzi jonizacja Penninga, więc w układzie mamy dwuciałowe straty które można modelować fenomenologicznym zespolonym potencjałem. Można by było w tym miejscu opisać dokładniej wzór 3.4, pokazać urojoną część potencjału i podstawowe własności układu. Najpierw zaprezentowane jest spektrum stanów związanych, z których większość jest zgodnie z oczekiwaniami niestabilna, ale

niektóre mają rzeczywiste energie. Rozumiem, że czarne krzywe na rysunku 3.4 to właśnie stabilne stany? Ciekawe również, że maksimum strat nie pokrywa się z największą wartością rzeczywistej części a , jaki jest możliwy powód? Może jakiś prosty abstrakcyjny model mógłby pomóc w wyrobieniu intuicji? Ten rozdział również robi wrażenie niekompletnego, a autor pisze że ma na celu głównie zademonstrowanie potencjału użytych metod.

Kolejny rozdział dotyczy zderzeń Li-Er, bardzo ważnych z punktu widzenia eksperymentów i wstępnie zbadanych m.in. przez promotora pracy. Po długim wstępie autor przechodzi do omówienia technicznych parametrów obliczeń wykonanych przy użyciu m.in. MOLSCAT dla izotopu erbu bez spinu jądrowego. Wyjaśnienia są tu dość trudne do prześledzenia, brakuje systematycznego opisanie Hamiltonianu choć wszystkie informacje w zasadzie znajdują się w tekście. Autor najpierw odtwarza wyniki dla stanu podstawowego, potem wykonując obliczenia dla wzbudzonego stanu struktury subtelnej. Wówczas zderzenia są nieelastyczne i rezonanse częściowo zanikają. Ciekawe, że różne rezonanse mają bardzo różniące się między sobą właściwości. Autor zauważa to ale nie komentuje dlaczego. Przypuszczam, że część wyników dałoby się w prosty sposób wyjaśnić. Bardzo interesujące jest spektrum dla wzbudzonego stanu litu, gdzie część rezonansów nie zanika, podobnie jak dla kolejnego stanu (byłoby łatwiej podawać odpowiednie liczby kwantowe). Chętnie usłyszałbym komentarz autora przybliżający skąd może się wziąć taki efekt. Pokazany jest również jakościowo efekt skalowania potencjału, a także jego anizotropii i masy efektywnej. Nie do końca rozumiem czego można nauczyć się z umieszczonych w tej części wykresów. Opisywanie co widać na rysunkach nie zastąpi analizy i zrozumienia skąd biorą się znalezione numerycznie zjawiska. Dobrym pomysłem jest na pewno porównanie spektrów uzyskanych dla wzbudzeń obu atomów w sekcji 4.3.4. W tym celu wprowadzona jest wielkość R będąca stosunkiem wariancji urojonej i rzeczywistej części długości rozpraszania, potencjalnie interesująca i różna dla wzbudzeń różnych atomów. Również średni czas życia zmienia się pomiędzy dwoma rodzajami kanałów. Ogólnie jest to ciekawy materiał, choć brak w nim konkretnych wniosków z obliczeń.

Rozdział piąty omawia podobny do poprzedniego w strukturze elektronowej układ K-Dy. Z tego co rozumiem, dla tego układu nie dysponujemy potencjałem oddziaływania, autor używa więc ponownie wyników dla Li-Er, odpowiednio podmieniając strukturę wewnętrzną atomów. Autor opisuje trudności w identyfikacji rezonansów, co może być przydatne dla czytelnika pracy chcącego odtworzyć/rozszerzyć wyniki. Czy pasmo stanów na rys. 5.10 nazwanych z cudzysłowiem to stany pudełka które pojawiają się z powodu zależności energii progu w tym stanie od pola magnetycznego? W sekcji 5.3.3 autor przechodzi do badania chaotyczności spektrum (wcześniej w tekście opisuje je jako chaotyczne, ale chyba nie mając na myśli kwantowego chaosu). Działając w standardowy sposób, fituje rozkład Brody'ego do odległości pomiędzy rezonansami, uzyskując

parametr $\eta=0.66$, co świadczy o pewnym odpychaniu poziomów. Podobnie jak w poprzednim rozdziale, wygenerowana została duża ilość wyników ale trudno odnaleźć w nich myśl przewodnią. W sekcji 5.3.4 zebrano trochę testowych przypadków, np. wyłączenia oddziaływań dipolowych, ale nie znalazłem wcześniej o nich wzmianki, nie wiadomo jak silne są te oddziaływania w tym konkretnym układzie. Widać też problemy ze zbieżnością obliczeń względem $L_{\max}$, co mogło wpłynąć np. na znaleziony parametr rozkładu Brody'ego.

Kolejna część pracy dotyczy zderzeń Sr-SrOH (tu również właściwa byłaby deklaracja o wkładzie, choć z tekstu rozumiem że doktorant był prawdopodobnie odpowiedzialny za obliczenia rozproszeniowe, a potencjał oddziaływania obliczali współpracownicy). Skalowanie potencjału prowadzi tu do spektrum podobnego jak w przypadku zmian pola magnetycznego. Gęsto upakowane rezonanse pochodzą w tym przypadku od anizotropii potencjału, która sprzęga ze sobą kanały, można więc oczekiwać że spektrum będzie miało chaotyczne własności. Autor faktycznie otrzymuje wysoki współczynnik Brody'ego 0.84. Rozdział wydaje się niedokończony, część dotycząca zderzeń nieelastycznych oraz ewentualnych rezonansów Feshbacha na pewno mogłaby być jeszcze rozwinięta. Takie też jest moje ogólne wrażenie po lekturze całości rozprawy. Materiału i wyników numerycznych jest w niej dużo, ale analiza pozostaje raczej płytka.

Podsumowując, praca doktorska mgr. Umińskiego zgłębia aktualne problemy naukowe w dziedzinie ultrazimnych zderzeń mające związek z prowadzonymi na świecie eksperymentami. Zawiera rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego, jakim było zbadanie chaotycznych zanikających rezonansów Feshbacha dla wzbudzonych stanów atomów. Ponadto wyniki zawarte w rozprawie zostały częściowo opublikowane w znanych recenzowanych czasopismach. Rozprawa spełnia zatem ustawowe i zwyczajowe warunki stawiane pracom doktorskim. Wcześniejsze uwagi i pytania wynikają z mojego zainteresowania tematem i nie zmieniają pozytywnej oceny rozprawy. Wnioskuje więc o dopuszczenie mgr. Marcina Umińskiego do publicznej obrony pracy doktorskiej.