

Efekty izotopowe w optycznych przejściach zegarowych zaburzonych zderzeniami zimnych atomów

Bala R.¹, Linek A.¹, Witkowski M.¹, Żuchowski P.¹, Julienne P. S.², Zawada M.¹, Ciuryło R.^{1,†}

¹Instytut Fizyki, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Polska

²Joint Quantum Institute, University of Maryland and NIST, College Park, MD 20742, USA

†email: rciurylo@umk.pl

Obiektem naszych badań jest przejście zegarowe Hg [1] zaburzone przez elastyczne zderzenia z zimnymi atomami Rb, jako przykład demonstrujący zmienność zderzeniowej szerokości i przesunięcia linii zegarowej zależnych od masy zredukowanej zderzających się atomów. Układ eksperymentalny do badań ultrazimnych zderzeń Hg-Rb jest rozwijany i umożliwia uzyskanie podstawowych informacji dotyczących oddziaływań między atomowych oraz rozpraszania w zakresie ultrazimnych energii zderzeń [2, 3]. W naszych badaniach efektywne potencjały Borna-Oppenheimera były modelowane z wykorzystaniem wiodących dalekoosięgowych wyrażen van der Waalsa. Niestety, długości rozpraszania dla fali parcjalnej s systemu Hg-Rb nie są jeszcze znane, a to one w głównej mierze determinują własności rozproszeniowe w przypadku ultraniskich energii zderzenia. Nie mniej jednak pokazaliśmy, jaki jest możliwy zakres zmienności zderzeniowej szerokości i przesunięcia linii, gdy ulega zmianie skład izotopowy zderzających się atomów a co za tym idzie ich masa zredukowana. Obliczenia zostały wykonane w zakresie temperatur od 1 nK do 1 K. Skonfrontowaliśmy w pełni kwantowe obliczenia rozproszeniowe [4] z przybliżeniem wykorzystującym długości rozpraszania w fali parcjalnej s [5, 6] oraz przybliżeniem półklasycznym dla szerokości i przesunięcia linii [7]. Pokazaliśmy, że rezonanse kształtu dla wyższych fal parcjalnych [8] prowadzą do znaczącej zmienności zderzeniowej szerokości i przesunięcia linii w zależności od zredukowanej masy zderzających się atomów. Wskazaliśmy też możliwy wpływ zderzeń nieelastycznych na otrzymane wyniki.

Literatura

- [1] H. Hachisu, K. Miyagishi, S. G. Porsev, A. Derevianko, V. D. Ovsiannikov, V. G. Pal'chikov, M. Takamoto, H. Katori, Phys. Rev. Lett. 100, 053001 (2008).
- [2] M. Witkowski, B. Nagórny, R. Munoz-Rodriguez, R. Ciuryło, P. S. Żuchowski, S. Bylicki, M. Piotrowski, P. Morzyński, M. Zawada, Opt. Express 25, 3165 (2017).
- [3] M. Borkowski, R. Munoz Rodriguez, M. B. Kosicki, R. Ciuryło, P. S. Żuchowski, Phys. Rev. A 96, 063411 (2017).
- [4] P. S. Julienne, F. H. Mies, Phys. Rev. A 34, 3792 (1986).
- [5] P. J. Leo, P. S. Julienne, F. H. Mies, C. J. Williams, Phys. Rev. Lett. 86, 3743 (2001).
- [6] S. J. J. M. F. Kokkelmans, B. J. Verhaar, K. Gibble, D. J. Heinzen, Phys. Rev. A 56, R4389 (1997).
- [7] N. Allard, J. Kielkopf, Rev. Mod. Phys. 54, 1103 (1982).
- [8] B. Gao, Phys. Rev. A 62, 050702 (2000); 64, 010701, (2001).