

УДК 539.184

СВЕРХТОНКАЯ СТРУКТУРА СПЕКТРА МЮОННОГО ЛИТИЯ И ГЕЛИЯ

© Эскин А.В.

e-mail: eskinalexey1992@gmail.com

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

Проблемы связанных состояний трехчастичных систем занимают особое место в квантовой механике. Даже в нерелятивистском бесспиновом приближении их трудно изучать, и, как правило, они не позволяют получить аналитическое решение, характерное для задачи двух тел. Изучение энергетических спектров мезомолекул представляет интерес в связи с явлением мюонного катализа реакций ядерного синтеза. Расчет различных энергетических уровней мезомолекул позволяет прогнозировать скорость реакций их образования [1].

В рамках стохастического вариационного метода [2, 3] написан компьютерный код для решения уравнения Шредингера в системе MATLAB. Пробная волновая функция системы в таком подходе имеет следующий вид:

$$\Psi = \sum_{k=1}^N c_k \psi_k. \quad (1)$$

Энергия основного состояния может быть найдена как наименьшее собственное значение обобщенной задачи на собственные значения вида

$$HC = E_k BC, \quad (2)$$

где

$$H_{ij} = \langle \psi_i | H | \psi_j \rangle, B_{ij} = \langle \psi_i | \psi_j \rangle. \quad (3)$$

В качестве базисных функций удобно выбрать гауссов базис:

$$\Psi(\mathbf{r}, A) = A \left\{ G_A(\mathbf{r}) \chi_{SM_S} \eta_{TM_T} \right\}, G_A(\mathbf{r}) = e^{-\frac{rA}{2}} \quad (4)$$

Такой выбор базиса позволяет аналитически рассчитать матричные элементы гамильтониана. В этом подходе матрица вариационных параметров генерируется случайным образом. В компьютерную программу введены матричные элементы нормировки волновой функции и гамильтониана для основного и возбужденных состояний. Программа позволяет не только находить значения энергии связанного состояния и сверхтонкой структуры, но и выполнять циклы уточнения, которые повышают точность ранее рассчитанных энергий.

В результате численного расчета получены значения сверхтонкой структуры для молекул мюонного лития и гелия. Результаты хорошо согласуются с [4-5].

Благодарность

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант 18-12-00128).

Библиографический список

1. Muon catalysis and nuclear breeding [Текст]/ S.S. Gershtein [etal.] // Sov. Phys. Usp. – 1990. – Vol. 33. – P. 3–46
2. Solution of few-body problems with the stochastic variational method I. Central forces with zero orbital momentum [Текст]/ K. Varga and Y. Suzuki // Comp. Phys. Comm. – 1997.– Vol. 106.– P. 157–168.
3. Bound states of $d\mu$, $p\mu$ and $t\mu$ mesomolecules [Текст]/ A.V. Eskin [etal.] // EPJ Web Conf. – 2019. – Vol. 204. – P. 05006 <http://inspirehep.net/record/1728243>.
4. A.M. Frolov Properties and hyperfine structure of helium-muonic atoms//Phys. Rev. A [Текст] – 2000. – Vol.61. – P. 022509.
5. Calculation of the muonic ^3He hyperfine structure[Текст]/ S.D. Lakdawala and P.J. Mohr // Phys. Rev. A – 1981. – Vol. 24. – P. 2224–2227