

УДК 539.184

УРОВНИ ЭНЕРГИИ МЮОННОГО ГЕЛИЯ В КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

© Смерчанский П.С., Эскин А.В., Мартыненко А.П.

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

e-mail: pavelsmerchanskiy@gmail.com

Квантовая электродинамика является в настоящее время единственной квантовополевой моделью, проверенной с помощью прецизионных измерений в различных задачах, связанных с изучением тонкой и сверхтонкой структуры спектра простейших атомов и молекул [1]. Мюонный гелий представляет собой связанное состояние трех частиц: ядра, мюона и электрона, – в котором кулоновское взаимодействие дает основной вклад в гамильтониан системы [2; 3]. Наличие частиц разной массы в этой молекуле позволяет использовать для расчета уровней энергии аналитические методы квантовой теории. Другим хорошо зарекомендовавшим себя подходом при расчете тонкой и сверхтонкой структуры мюонного гелия является вариационный метод [4; 5]. В его рамках можно проводить расчет энергий связанного состояния с очень высокой точностью. Сверхтонкая структура спектра мюонного гелия была измерена в начале 80-х годов. В настоящее время коллаборацией J-PARC готовится новый эксперимент [6], в котором точность измерения сверхтонкой структуры будет увеличена на порядок. В данной работе для расчета энергий мюонного гелия используется вариационный метод Варга – Сузуки [4], в котором базисные волновые функции выбираются в гауссовском виде. Решение квантового уравнения сведено к решению матричной задачи на собственные значения после вычисления матричных элементов гамильтониана и условия нормировки. При расчете уровней энергии использовался размер базиса от 300 до 500 элементов. Полученные численные значения энергии связи находятся в хорошем согласии с предыдущими расчетами других авторов.

Библиографический список

1. Eides M.I., Grotch H., Schelyuto V.A. Theory of light hydrogen-like atoms // Phys. Rep. 2001. V. 342. P. 63.
2. Eskin A.V., Korobov V.I., Martynenko A.P., Sorokin V.V. Energy levels in muonic helium, EPJ Web of Conf. 2019. № 222. P. 03009.
3. Aznabayev D.T., Bekbaev A.K., Korobov V.I. The Hyperfine Structure of the Ground State in the Muonic Helium Atoms // Phys. Part. Nucl. Lett. 2018. № 15. P. 236.
4. Varga K., Suzuki Y. Stochastic variational approach to quantum mechanical few-body problems. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. 314 p.
5. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. М.: Наука, 1979, 528 с.
6. P. Strasser, K. Shimomura, H.A. Torii, Possibility of New Precise Measurements of Muonic Helium Atom HFS at J-PARC MUSE // JPS Conf. Proc. 2018. V. 21. P. 011045.