

# Сверхтонкая структура основного состояния мюонного гелия

А.А. Крутов<sup>а</sup>, А.П. Мартыненко<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Самарский государственный университет

Атом мюонного гелия ( $\mu e \frac{4}{2}He$ ) представляет собой простейшую трехчастичную атомную систему. Взаимодействие между магнитными моментами мюона и электрона приводит к сверхтонкой структуре (СТС) уровней энергии. Частицы, образующие атом мюонного гелия имеют различные массы:  $m_e \ll m_\mu \ll m_\alpha$ . Поэтому мюон и  $\alpha$ -частица образуют псевдодро  $(\mu e \frac{4}{2}He)^+$ , и в первом приближении атом мюонного гелия можно рассматривать как двухчастичную систему. Сверхтонкое расщепление основного состояния мюонного гелия было измерено с достаточно высокой точностью [1]:

$$\Delta\nu_{exp}^{HFS} = 4465.004(29) \text{ МГц.} \quad (1)$$

В отличие от уровней энергии двухчастичных атомов, которые изучены в квантовой электродинамике с очень высокой точностью [2, 3], теоретические расчеты сверхтонкого расщепления основного состояния мюонного гелия ( $\mu e \frac{4}{2}He$ ) были выполнены как в рамках теории возмущений, так и вариационным методом с меньшей точностью.

В рамках теории возмущений по постоянной тонкой структуре  $\alpha$  и отношению масс электрона и мюона, сформулированной Лакдавалой и Мором [4], мы вычисляем ряд поправок, которые важны для получения более точной теоретической величины сверхтонкого расщепления основного состояния:

- однопетлевые поправки поляризации вакуума порядка  $\alpha^5 M_e/M_\mu$ ;
- однопетлевые электронные вершинные поправки порядка  $\alpha^5$ ;
- поправки на структуру ядра порядка  $\alpha^6$ .

Полученный нами результат сверхтонкого расщепления основного состояния  $\Delta\nu^{HFS} = 4465.526$  МГц [5] улучшает предыдущее вычисление [4] за счет учета новых вкладов. Остающееся различие между данным теоретическим результатом и экспериментальной величиной (1), равное 0.522 МГц, находится в пределах теоретической ошибки  $\pm 0.7$  МГц и требует вычисления вкладов более высокого порядка.

---

[1] C. J. Gardner *et al.*, Phys. Rev. Lett. **48** (1982) 1168.

[2] M. I. Eides, H. Grotch, V.A. Shelyuto, Phys. Rep. **342** (2001) 62.

[3] S. G. Karshenboim, Phys. Rep. **422** (2005) 1.

[4] S. D. Lakdawala, P. J. Mohr, Phys. Rev. A **22** (1980) 1572; **29** (1984) 1047.

[5] A. A. Krutov, A. P. Martynenko, Phys. Rev. A **78** (2008) 032513.