

# Сверхтонкая структура легких мюонных атомов

А.П. Мартыненко<sup>a</sup>, Р.Н. Фаустов<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Самарский государственный университет

<sup>b</sup> Вычислительный центр РАН им. Дородницына

Легкие мюонные атомы (мюонный водород, мюонный дейтерий, ионы мюонного гелия) выделяются среди всех водородоподобных атомов тем, что положение их уровней энергии в большей степени зависит от эффектов поляризации вакуума, отдачи, структуры и поляризуемости ядра [1, 2]. Мы выполнили расчет вкладов порядка  $\alpha^5$  и  $\alpha^6$  в сверхтонкой структуре  $S$ - и  $P$ -уровней энергии мюонного водорода и иона мюонного гелия  $(\mu \text{ } ^3_2\text{He})^+$ , связанных с электронной поляризацией вакуума, эффектами отдачи и структуры ядра, релятивистскими поправками, роль которых является определяющей для увеличения теоретической точности. Полученные нами результаты для сверхтонкой структуры  $S$ -уровней энергии [3, 4] представлены в таблице 1.

Мюонный атом	$\Delta E^{HFS}(1S)$ , мэВ	$\Delta E^{HFS}(2S)$ , мэВ
Мюонный водород	182.62	22.813
Ион мюонного гелия	-1334.56	-166.62

Таблица 1: Сверхтонкое расщепление  $1S$ - и  $2S$ -состояний в мюонном водороде ( $\mu p$ ) и ионе мюонного гелия  $(\mu \text{ } ^3_2\text{He})^+$ .

В случае мюонного водорода численные значения тонкой и сверхтонкой структуры  $P$ -уровней энергии равны соответственно [4]:  $\Delta E^{fs} = E(2P_{3/2}) - E(2P_{1/2}) = 8352.08$  мкэВ,  $\Delta E^{HFS}(2P_{1/2}) = 7819.80$  мкэВ,  $\Delta E^{HFS}(2P_{3/2}) = 3248.03$  мкэВ. Все полученные результаты могут служить надежной оценкой при сравнении с будущими экспериментальными данными, а интервалы сверхтонкой структуры:

$$\Delta_{12}(\mu p) = 8\Delta E^{HFS}(2S) - \Delta E^{HFS}(1S) = -0.120 \text{ мэВ},$$

$$\Delta_{12}((\mu \text{ } ^3_2\text{He})^+) = 8\Delta E^{HFS}(2S) - \Delta E^{HFS}(1S) = 1.64 \text{ мэВ}$$

для проверки предсказаний квантовой электродинамики с точностью 0.01 мэВ.

---

[1] E. Borie, Z. Physik A **278** (1976) 127.

[2] K. Pachucki, Phys. Rev. A **53** (1996) 2092.

[3] А. П. Мартыненко, Р. Н. Фаустов, ЖЭТФ **125** (2004) 48.

[4] А. Р. Martynenko, Phys. Rev. A **71** (2005) 022506; ЯФ **71** (2008) 126; ЖЭТФ **133** (2008) 794.