

О СДВИГАХ УРОВНЕЙ И ШИРИНАХ $p\bar{p}$ -АТОМА

О.Д.Далькарров, В.М.Самойлов

В работе [1] было показано, что экспериментальное определение сдвигов S -уровней $p\bar{p}$ -атома позволит, в принципе, выяснить знак реальной части длины рассеяния $p\bar{p}$.

Величины сдвигов уровней ΔE для состояний $1S$ и $2S$ полученные в [1], оказались равными 0,9 и 0,1 кэв, соответственно. Однако, сделанные в этой работе оценки для ΔE носят качественный характер (величина длины рассеяния $p\bar{p}$ была положена равной 1β независимо от спина и изоспина системы $p\bar{p}$).

В настоящей статье на основе использования потенциала Брайена – Филлипса [2] (в дальнейшем Б. – Ф.) для взаимодействия нуклон-антинуклон при малых энергиях вычислены сдвиги и ширины S -уровней (главное квантовое число $n = 1, 2$) $p\bar{p}$ -атома в различных спин-изоспиновых состояниях.

Для вычисления сдвигов уровней использовалась реальная часть потенциала Б. – Ф. Учет мнимой части, соответствующей аннигиляционным эффектам, приводит к дополнительному сдвигу уровней, который можно оценить, пользуясь соображениями, аналогичными оценкам сдвигов энергий связи нерелятивистских связанных состояний в системе нуклон-антинуклон за счет аннигиляционного взаимодействия [3]. Такие оценки показывают, что величина этого сдвига не превышает 15 – 20% от значения ΔE , обусловленного действительной частью потенциала. В качестве малого параметра в этих оценках входит отношение радиусов мнимой и действительной частей потенциала, которое составляет величину порядка μ/m , где μ – масса π -мезона, m – масса нуклона. Численное решение уравнений Шредингера с потенциалом $V = V_C + V_N$ (V_C и V_N соответственно кулоновский и ядерный потенциалы) приводит к результатам, показанным в таблице.

Сдвиги и ширины уровней $p\bar{p}$ -атома

$^{2s+1}\chi_i$ – спектроскопический символ состояния

	l	$\Delta E, \text{кэв}$	$\Gamma, \text{кэв}$
1^1S_0	0	0,2	0,43
	1	0,85	0,17
1^3S_1	0	0,5	0,25
	1	0,7	0,33
2^1S_0	0	0,025	0,07
	1	0,105	0,13
2^3S_1	0	0,065	0,04
	1	0,095	0,05

Как видно из таблицы, сдвиги уровней оказываются сильно зависящими от изотопического спина I системы $p\bar{p}$ (для синглетных S -уровней отношение сдвигов в состояниях с $I = 1$ и $I = 0$ равно 4, для триплетных — 1,5).

В таблице приведены также ширины уровней. Они оценивались по следующей формуле

$$\Gamma = (v\sigma_a)_0 |\Psi(0)|^2, \quad (1)$$

где σ_a — сечение аннигиляций, V — относительная скорость p и \bar{p} , $(v\sigma_a)_0 = \lim_{v \rightarrow 0} (v\sigma_a)$ — при $v \rightarrow 0$, $|\Psi(0)|^2$ — усредненная по эффективной области аннигиляции плотность частиц. Величина $(v\sigma_a)_0$ для каждого из состояний с данными спином и изоспином принята равной 45 мбн (см. [3]).

Заметим, что приведенные в таблице значения ширины нужно рассматривать как оценки сверху, поскольку взятая из опыта величина $(v\sigma_a)_0$ включает в себя сечение аннигиляции не только в S -состояниях. Укажем для сравнения, что ширины уровней, вычисленные с чисто кулоновской волновой функцией (т. е. без учета искажения за счет потенциального ядерного взаимодействия) равны 1,5 и 0,19 кэв, соответственно.

Результаты данной работы показывают, что сдвиги и ширины S -уровней $p\bar{p}$ -атома оказываются весьма чувствительными к спин-изоспиновой структуре сильного взаимодействия при малых энергиях.

Авторы выражают искреннюю благодарность И.С.Шапиро за полезные обсуждения.

Институт теоретической и
экспериментальной физики

Поступила в редакцию
12 июля 1972 г.

Литература

- [1] S.Caser, R.Omnes. Phys. Lett., 39B, 369, 1972.
- [2] R.A.Bryan, R.F.Phillips. Nucl. Phys., B5, 201, 1968.
- [3] O.D.Dalkarov, V.B.Mandelzweig, I.S.Shapiro. Nucl. Phys., 21B, 88, 1970.