

новая симметрия ничего не говорит о соотношении между сечениями рассеяния состояний с  $T = \frac{3}{2}$  и  $T = \frac{1}{2}$ . Следовательно, если не предполагать наличие какой-либо дополнительной симметрии, нет оснований считать сечения  $\pi^- p$ - и  $\pi^+ p$ -рассеяния одинаковыми. Эксперимент согласуется со следствиями, выведенными из изоспиновой симметрии, и не указывает на наличие дополнительной симметрии. Другими словами, рассеяние в состояниях с  $T = \frac{3}{2}$  и  $T = \frac{1}{2}$  происходит по-разному. Действительно, при низких энергиях доминирует рассеяние в состояниях с  $T = \frac{3}{2}$ , и из формул (10.6) и (10.5) следует, что отношение амплитуд  $\pi^+ p$ - и  $\pi^- p$ -рассеяния равно 3 : 1, т. е. отношение соответствующих сечений равно 9 : 1. Эксперимент подтверждает этот результат [2].

### § 3. ИЗОСПИНОВАЯ СИММЕТРИЯ И ЗАРЯДОВАЯ НЕЗАВИСИМОСТЬ

Когда в § 1 мы вводили понятие изоспина в ядрах, мы видели, что изоспиновая инвариантность гамильтонiana сильного взаимодействия эквивалентна его зарядовой независимости. Далее понятие изоспиновой инвариантности было распространено на другие частицы, и эксперимент показывает, что с точностью до электромагнитных поправок изоспиновая инвариантность имеет место в сильных взаимодействиях всех адронов. Однако такая расширенная изоспиновая инвариантность уже *не эквивалентна* зарядовой независимости. Точная зарядовая независимость привела бы к тому, что в примере из § 2 сечения  $\pi^+ p$ - и  $\pi^- p$ -рассеяния были бы одинаковыми, а это противоречит экспериментальным данным.

Точно так же при взаимодействии двух  $\pi$ -мезонов имеет место изоспиновая инвариантность, однако *нет* зарядовой независимости. Два  $\pi$ -мезона с  $T = 1$  каждый, находящиеся в  $s$ -состоянии по относительному угловому моменту, могут иметь суммарный изоспин  $T = 2$  или  $T = 0$ , так как  $\pi$ -мезоны являются бозонами (гл. 5, § 9). Эксперименты по  $\pi\pi$ -рассеянию подтверждают наличие изоспиновой симметрии, но показывают в то же время, что взаимодействия в состояниях с  $T = 2$  и  $T = 0$  различны. Таким образом, и в этом случае нет зарядовой инвариантности.

Мы столкнулись здесь с примечательной ситуацией. Хотя именно зарядовая независимость взаимодействия между нуклонами привела нас к понятию изоспиновой симметрии, наблюдающейся во всех процессах сильного взаимодействия, сама зарядовая независимость наблюдается не во всех сильных взаимодействиях. Этот факт, по-видимому, еще не нашел полного объяснения. Дело в том, что сильное взаимодействие обнаруживает приближенную симметрию по отношению к более широкой группе  $SU_3$ , содержащей изоспиновую группу  $SU_2$ , в качестве подгруппы. Группе  $SU_3$  посвящена следующая глава.

## ЛИТЕРАТУРА

Подобное изложение вопросов, связанных с изоспиновой симметрией в ядерной физике, можно найти в работах:

1. Isospin in Nuclear Physics, ed. Wilkinson D. H., North-Holland. Amsterdam, 1969.
2. Bohr A., Mottelson B. R., Nuclear Structure, Benjamin, New York, 1969. [Имеется перевод: Бор О., Моттельсон Б. Структура атомного ядра. Т. 1.— М.: Мир, 1971.]
- Относительно применений в физике элементарных частиц см. работу [2] в литературе к гл. 11, а также следующие работы<sup>1)</sup>:
- . Новожилов Ю. В. Введение в теорию элементарных частиц.— М.: Наука, 1972.
4. Газиорович С. Физика элементарных частиц. Пер. с англ.— М.: Наука, 1969.

## ЗАДАЧИ

- 10.1. Исходя из изоспина, объясните положение нескольких энергетических уровней ядер  $^{18}\text{O}$  ( $Z=8$ ),  $^{18}\text{Fe}$  ( $Z=9$ ) и  $^{18}\text{Ne}$  ( $Z=10$ ).
- 10.2. Покажите, что оператор  $2T_z^2 - T_x^2 - T_y^2 = 3T_z^2 - T^2$  является тензорным оператором  $T_q^{(k)}$  с  $k=2$ ,  $q=0$ . Начните с  $T_+^2$  и примените формулу (7.52).
- 10.3. Оператор, ответственный за электрические дипольные переходы (E1) в ядрах, имеет вид  $\sum_p \mathbf{r}_p$ , где  $\mathbf{r}_p$ — радиус-вектор протона  $p$ . Покажите, что этот оператор можно представить в виде суммы по всем нуклонам  $\sum_i (1/2 + t_z(i)) \mathbf{r}_i$ . Таким образом, E1-переходы между состояниями с  $T=0$  запрещены.

<sup>1)</sup> Добавлено при переводе.— Прим. ред.