



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория теоретической физики

ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. П.Н. ЛЕБЕДЕВА АН СССР

А.М. Балдин, А.А. Комар

Д - 976

ВЫРОЖДЕНИЕ ПО ИЗОТОПИЧЕСКОМУ СПИНУ И ГИПЕРЗАРЯД

Дубна 1962 год

А.М.Балдин, А.А.Комар

Д - 976

ВЫРОЖДЕНИЕ
ПО ИЗОТОПИЧЕСКОМУ СПИНУ
И ГИПЕРЗАРЯД

Дубна 1962 год

А н н о т а ц и я

Предлагается следующий новый тип симметрии: системы и частицы, с гиперзарядом равным нулю (гипернейтральные системы), не обладают зависимостью от изотопического спина. Применение этой симметрии дает предсказание новых частиц, квантовых чисел этих частиц и соотношения между сечениями (например, равенство сечений взаимодействия $\tilde{p}r$ и $\tilde{p}\bar{r}$).

В свое время одним из авторов настоящей заметки (А.М.Б) высказывались соображения^{/1/} в пользу возможности существования квадруплетов, весьма близких по массе с тождественными свойствами и различающихся лишь значениями изотопического спина ($T=1$ и $T=0$). Недавно Глешоу^{/3/}, анализируя последние экспериментальные данные по резонансам в π -мезонных и в π -мезон-гиперонных системах, вновь обратил внимание на наличие удивительных совпадений в свойствах частиц, принадлежащих к изотопическим мультиплетам с $T=1$ и $T=0$. Авторам настоящей заметки эти совпадения свойств частиц представляются далеко не случайными и ниже разбирается одно из возможных их истолкований.

Из имеющихся в настоящий момент экспериментальных данных следует, что практически каждому мультиплету с $T=1$ можно сопоставить синглет с $T=0$, обладающий одинаковыми квантовыми числами и имеющий весьма близкую массу. Сюда относятся недавно открытые ξ и η -мезоны^{/3/,/4/}, ранее обнаруженные ω - и ρ -мезоны^{/5/,/6/}, Y_1^* и Y_0^* -резонансы^{/7/,/8/}, а также Σ - и Λ -частицы. Для большей наглядности мы свели данные, относящиеся ко всем этим частицам, в таблицу.

Т а б л и ц а

T=1				T=0				
частица	m_1 в МэВ	s	P	частица	m_0 в МэВ	s	P	$\frac{m_0 - m_1}{m_1}$
π	140	0	-1	π_0^0				
ξ	575	1	-1	η	550			4,3%
ρ	750	1	-1	ω	780	1	-1	4%
Σ	1190	1/2		Λ	1115	1/2		6,3%
Y_1^*	1195	3/2		Y_0^*	1405			1,4%

Из приведенной таблицы следует, что единственным исключением из обсуждаемого правила является π -мезон, для которого пока не обнаружено аналога π_0^0 -мезона. К обсуждению этого пункта мы еще вернемся ниже, а сейчас продолжим рассмотрение таблицы.

Известно, что вообще говоря, сильные взаимодействия резко зависят от значения изоспина взаимодействующей системы.

Яркий пример тому π -N-взаимодействие. Казалось бы, это обстоятельство противоречит наличию симметрии, ведущей к вырождению свойств физических систем по изотопическому спину. Внимательный анализ таблицы, однако, показывает, что все фигурирующие в ней частицы обладают одним общим свойством - гиперзарядом Y^x , равным нулю. Этим

х) Гиперзаряд $Y = S + B$, где S - "странность", B - барионное число.

они кардинально отличаются от πN -системы, для которой гиперзаряд $Y=1$ (то же можно сказать относительно гиперзаряженных $K\pi$, $K\Sigma$, $\pi\Sigma$ систем). Факт равенства нулю гиперзаряда при наличии вырождения по изотопическому спину может оказаться весьма многозначительным и указывать на важную роль, которую гиперзаряд играет в сильных взаимодействиях. Нам представляется, что гиперзаряд имеет более глубокий физический смысл, нежели квантовое число "странность", на что уже обращалось внимание Швингером^{/9/}.

Из имеющихся в настоящий момент фактов напрашивается следующий основной вывод: гиперзаряд является такой характеристикой системы, которая обуславливает сильную зависимость ее свойств от изотопического спина. При равенстве его нулю зависимость от изотопического спина пропадает и наступает вырождение. Из этого утверждения прежде всего вытекает факт близости масс частиц с $Y=0$, относящихся к разным изотопическим мультиплетам, и совпадение всех остальных квантовых чисел. Это могло бы служить указанием для экспериментальных поисков в том случае, когда эти квантовые числа (спин, четность) плохо установлены. Отсюда, в частности, следует спин $s=1$ и отрицательная четность для η -мезона, одинаковые четности для Σ - и Λ -частиц, спин $s=3/2$ для Y_0^* -резонанса. Подобные совпадения свойств должны иметь место и для вновь открываемых частиц (резонансов). Интересное заключение можно сделать относительно резонансов в $\Sigma\pi$ -системе. Здесь близко лежащие резонансы должны наблюдаться в состояниях с изотопическим спином $T=0, 1, 2$. Противоположные заключения следуют для $K\pi, K\Sigma, \pi\Sigma$ систем. В этих случаях должна наблюдаться резкая зависимость от значений изотопического спина. Резонансы должны существовать только при фиксированных значениях T . Действительно, K^* -резонанс наблюдается при значении $T=1/2$ и нет указаний на близко лежащий резонанс с $T=3/2$.

Поскольку массы связанных состояний (резонансов) тесно связаны со свойствами матричных элементов S -матрицы (положение полюсов), последние должны обладать такого же рода зависимостью от гиперзаряда. Отсюда сразу же следует, что сечения взаимодействия в $\bar{N}N$ - и $K\bar{N}$ -системах должны быть вырождены по изотопическому спину во всех каналах (упругих и неупругих). Блестящим подтверждением этого вывода является равенство сечений для взаимодействия $\bar{p}p$ и $\bar{n}p$ во всем измеренном диапазоне энергий (см., например, ^{/10/}). Легко показать, что это вытекает из равенства амплитуд для состояний с $T=0$ и $T=1$. Отсюда, между прочим, получается также любопытное следствие, что сечения для аннигиляций системы $\bar{p}p$ на четное и нечетное число π -мезонов равны между собой. К сожалению, имеющиеся данные по $K\bar{p}$ -взаимодействию не позволяют пока произвести подобный анализ в этом случае.

Обсуждаемая симметрия, подтверждаемая большим количеством фактов, определенно свидетельствует в пользу существования π_0^0 -мезона. Его необнаружение^{/11/} при различных поисках может указывать лишь на то, что его взаимодействие с нуклонами слабее, чем это обычно предполагалось. Это естественно согласуется с тем обстоятельством, что нуклон несет гиперзаряд и его взаимодействие с изосинглетом π_0^0 может быть совершенно иным, чем с изотопическим триплетным π -мезоном.

Понятие гиперзаряда наиболее естественным образом возникает при рассмотрении представленной четырехмерной группы вращений изотопического пространства^{12/}. Существование вырождения по изотопическому спину, снимаемого присутствием гиперзаряда, по-видимому, указывает на важную роль, которую играет эта группа при рассмотрении сильных взаимодействий.

Авторы глубоко благодарны Ю.Д. Прокошкину за ценное замечание.

Л и т е р а т у р а

1. A.M.Baldin. Nuovo Cim. 8, 569 (1958).
А.Балдин и П. Кабир. ДАН СССР, 122, 361 (1958).
2. S.L.Glashow. Phys. Rev. Lett. 7, 469 (1961).
3. A.Pevsner et. al. Phys. Rev. Lett. 7, 421 (1961).
P.L.Bastien et al. Phys. Rev. Lett. 8, 114 (1962).
4. R.Barloutaud, J.Heughebaert, A.Levegue and J.Meyer. Phys. Rev. Lett. 8, 32 (1962).
5. B.Maglic et al. Phys. Rev. Lett. 7, 178 (1961).
6. A.Anderson et al. Phys. Rev. Lett. 6, 365 (1961).
D.Stonehill et al. Phys. Rev. Lett. 6, 624 (1961).
A.R.Erwin et al. Phys. Rev. Lett. 6, 628 (1961).
7. M.Alston et al. Phys. Rev. Lett. 5, 520 (1960).
8. M.Alston et al. Phys. Rev. Lett. 6, 698 (1961).
- P.Bastien, M.Ferro-Luzzi and A. Rosenfeld, Phys.Rev.Lett. 6, 702 (1961).
9. J.Schwinger. Phys. Rev. 104, 1164 (1956).
10. O.Chamberlain. Proc. of 10 th International Conf. on High Energy Physics. p. 658 (1960).
- 11 B.Pontecorvo. Proc. IX International Conf. on High Energy Physics (1959).
G.Bernardini. Proc. IX International Conf. on High Energy Physics (1959).
Ю.К. Акимов, О.В. Савченко, Л.М. Сороко. ЖЭТФ, 41, 708 (1961).
12. A.Pais Proc. Nat. Academy of Sciences of USA 40, 484 (1954).
A.Salam and J.C.Polkinghorne Nuovo Cimento 11, 685 (1955).

Рукопись поступила в издательский отдел
28 апреля 1962г.