

6
0-51

Экз. чит. зала



Э.О.Оконов

D-534

ОТНОСИТЕЛЬНО АННИГИЛЯЦИИ
СИСТЕМЫ АНТИПРОТОН-ПРОТОН

Дубна 1960 год

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Э.О.Оконов

D-534

ОТНОСИТЕЛЬНО АННИГИЛЯЦИИ
СИСТЕМЫ АНТИПРОТОН-ПРОТОН

Направлено в ЖЭТФ.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

688/7 стр.

А н н о т а ц и я

Если имеет место сильная зависимость матрицы аннигиляционного перехода от изотопического и спинового состояния системы антипротон-протон, то это обстоятельство может существенно повлиять на результат аннигиляции.

В частности, преобладание при аннигиляции 3S_1 -состояния может привести к увеличению средней множественности π -мезонов, а преимущественная аннигиляция в синглетном состоянии может вызвать подавление двухмезонной аннигиляции. Предлагаются опыты по выяснению имеет ли место в действительности указанная выше зависимость. Указывается также на возможность проверить экспериментально действительно ли захват остановившегося антипротона происходит с S -орбиты в соответствии с оценками, сделанными Дзем, Сноу и Сачером для K^- -мезона.

Е.О. Okonov

В работе 1 было показано, что исследование аннигиляции на 2π -мезона может дать сведения о внутренней пространственной и зарядовой четности системы антипротон-протон $/p\bar{p}/$. В частности, указывалось, что если зарядовая четность системы $/p\bar{p}/$ противоположна той, которая следует из уравнения Дирака, то двухмезонная аннигиляция будет вообще запрещена. К настоящему времени зарегистрировано свыше 300 случаев аннигиляции антипротона на протоне, между тем аннигиляция на π^+ и π^- среди них обнаружено не было 2.

Учитывая малый статистический вес 2-х мезонной аннигиляции,^{x/} делать какие-либо выводы на основании этого экспериментального материала еще рано. Тем не менее, как это было отмечено Сегре 2, этот факт заслуживает внимания.

В этой связи следует заметить, что подобная экспериментальная ситуация может быть объяснена и при менее фундаментальных предположениях, не выходящих за пределы следствий уравнения Дирака. Как уже отмечалось при обсуждении имеющихся экспериментальных данных, подавление реакции $p+p \rightarrow \pi^0 + \pi^0$ может быть вызвано тем, что аннигиляция происходит преимущественно в синглетном состоянии системы $/p\bar{p}/^4$. В этом случае испускание 2-х π -мезонов оказывается запрещенным для низших орбитальных состояний системы $/p\bar{p}/$ из-за несохранения пространственной и зарядовой четности. В таком предположении нет ничего противоестественного. Вполне возможно, что имеет место сильная зависимость матрицы аннигиляционного перехода от спинового и изотопического состояния системы $/p\bar{p}/^{xx/}$. С этой точки зрения

^{x/} Согласно различным вариантам статистической теории /дающим удовлетворительное согласие с экспериментальной величиной средней множественности π -мезонов /доля 2-х мезонной аннигиляции должна составлять /3-5% /см., например, 3 /.

^{xx/} Так, например, существование π -мезона в рамках структурной модели Ферми-Янга указывает на сильное взаимодействие притяжения между нуклоном и антинуклоном в синглетном состоянии с изотопспином $I=1$. В то же время, по-видимому, отсутствуют аналогичные связанные состояния со спином $S=1$, а также состояние с $I=0$ с $S=0$ /так наз. " π_0^0 -мезон"/.

приобретает определенный интерес изучение относительной аннигиляции из различных состояний системы $/p\bar{p}/$, особенно в простейшем случае - из S -состояния, при котором отмеченная зависимость может выступать в наиболее явном виде. Эти исследования значительно облегчаются, если справедливы оценки, сделанные Дзем и др., которые показали, что захват остановившегося K^- -мезона /или антипротона/ протоном происходит преимущественно с S -орбиты⁵. Справедливость этого утверждения применительно к антипротону можно проверить экспериментально, изучая аннигиляцию на $2\pi^0$ -мезона. Как показывает анализ правил отбора в случае захвата антипротона из S -состояния аннигиляции на $2\pi^0$ -мезона оказывается запрещенной. Таким образом, искание при аннигиляции 2-х π^0 -мезонов может служить указанием на примесь высших орбитальных состояний.

В таблице приводятся возможные типы аннигиляционных переходов для системы $/p\bar{p}/$ в S -состоянии, в соответствии с хорошо известными правилами отбора /см., например, 6 /

Состояние системы $/p\bar{p}/$	Спин	Изотопин	Четность	Зарядовая четность	$2\pi^0$	$\pi^+\pi^-$	$3\pi^0$	$\pi^+\pi^-\pi^0$	$4\pi^0$	$\pi^+\pi^-2\pi^0$	$2\pi^+2\pi^-$
1S_0	0	0	-	+	X	X	X	X			
3S_0	0	1	-	+	X	X				X	X
3S_1	1	0	-	-	X	X	X		X	X	X
3S_1	1	1	-	-	X		X	X	X		

Из таблицы видно, что система $(p\bar{p})$ может переходить в π^+ и π^- только из состояния 3S_1 , так что отсутствие подобных случаев при аннигиляции остановившихся антипротонов может означать подавление этого канала. Исследование аннигиляции на 3π -мезона позволяет определить соотношение между вероятностями из 3S_0 и 1S_1 состояний, обладающими различными изотопическими

и пространственными спинами /для других 2-х S -состояний 3-х-мезонная аннигиляция запрещена/. Если бы аннигиляция шла в основном по каналу с $I=1$ /т.е. из 3S_0 -состояния/, то имело бы место определенное изотопическое соотношение

$$\frac{w(\bar{p} + p \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0)}{w(\bar{p} + p \rightarrow 3\pi^0)} = \frac{2}{3} \quad //$$

Так как переход в $3\pi^0$ из состояния 3S_1 запрещен законом сохранения зарядовой четности, то вклад аннигиляции из этого состояния должен привести к увеличению отношения //, измерение которого дает возможность сделать количественные оценки. Изотопические функции, описывающие систему $\pi^+ \pi^- \pi^0$ как результат аннигиляции из состояний 3S_0 и 3S_1 , будут соответственно симметричной и антисимметричной относительно операции зарядового сопряжения. Это обстоятельство налагает определенные ограничения на вид пространственной симметрии, поскольку полная волновая функция, выражающаяся в виде билинейных комбинаций изотопической и координатной функций, должна быть заведомо симметричной, так как описывает систему частиц Бозе. В результате система $\pi^+ \pi^- \pi^0$ в состоянии с $I=1$ будет симметричной, а в состоянии с $I=0$ - антисимметричной по отношению к перестановке $\pi^+ \leftrightarrow \pi^-$. Таким образом, появляется еще один критерий для различения аннигиляции из 3S_0 и 3S_1 -состояний, позволяющий избежать регистрации трудно наблюдаемой аннигиляции на $3\pi^0$ -мезона.

В первом случае в половине всех актов аннигиляции импульс $\pi^+(\pi^-)$ -мезона должен превышать импульс $\pi^-(\pi^+)$ -мезона. Нарушение этой "симметрии" должно свидетельствовать о примеси аннигиляций из 3S_1 -состояния.

Неравноправность различных состояний системы $/p\bar{p}/$ по отношению к ее "распаду" на π -мезоны может существенно повлиять на величину средней множественности N_π -мезонов при аннигиляции $/N_\pi/$. Так, например, преимущественная аннигиляция из 3S_0 -состояния приведет к увеличению N_π , поскольку из этого состояния система $\bar{p}p$ может распасться не меньше чем на 4 π -мезона.

Возможно /хотя и маловероятно/, что причина большой множественности π -мезонов при аннигиляции состоит именно в этом. Если это действительно

так, то при переходе к высшим орбитальным состояниям системы $|\bar{p}p\rangle$ /аннигиляция при больших энергиях \bar{p} / N_π должно уменьшиться. Исследование аннигиляции при больших энергиях позволит также выяснить имеет ли запрет 2-х π -мезонной аннигиляции /если он действительно существует/ абсолютный характер или имеет место просто подавление этого типа реакции для S /и может быть P / состояния, которое можно объяснить, не выходя за рамки дираковских представлений.

Пользуюсь случаем, чтобы выразить благодарность В.С.Барашенкову, С.М.Биленькому, В.И. Огиевскому за обсуждения и критические замечания.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 мая 1960 года.

Л и т е р а т у р а

1. М.И.Широков и Э.О.Оконов. Зарядовая и пространственная четность системы антипротон-протон и ее двухмезонная аннигиляция, ЖЭТФ /в печати/.
2. Э.Сегре. Доклад на Киевской конференции по физике высоких энергий, 1959. /в печати/.
3. E. Eberle, Nuovo Cim. 8, 610, (1958)
4. Э.О.Оконов. Замечание по докладу Сегре на Киевской конференции по физике высоких энергий 1959 года /в печати/.
5. I. Day, G. Snow, J. Sucher, Phys.Rev. Let. 3, 61 (1959).
6. T. Lee, C. Yang, Nuovo Cim. 3, 749 (1956).