

0
0-51 43
635



Э.О. Оконов

Д-635

О ПОДАВЛЕНИИ ДВУХМЕЗОННЫХ АННИГИЛЯЦИЙ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АНТИПРОТОН-ПРОТОН
ЖЭТФ, 1961, т40, в6, с1728.

Д у б н а 1960

Э.О. Оконов

Д-635

О ПОДАВЛЕНИИ ДВУХМЕЗОННЫХ АННИГИЛЯЦИЙ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АНТИПРОТОН-ПРОТОН

959/5 пр.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Наконец, М.И. Широковым и автором /12/ было показано, что аннигиляция на 2π мезона запрещена, если зарядовая четность системы ($\bar{p}p$) протоположна той, которая следует из уравнения Дирака.

Наблюдение 2 случаев аннигиляции на $\pi^+\pi^-$ казалось бы исключают это последнее предположение.

Учитывая однако, отмечавшиеся в работе /2/ трудности идентификации случаев двухмезонных аннигиляций, вопрос об отсутствии запрета реакции (1) нельзя, по-видимому, считать окончательно решенным ^{x)}.

Следует отметить, что изучение реакций $\bar{n} + p \rightarrow \pi^0 + \pi^+$ (2) и $\bar{p} + n \rightarrow \pi^- + \pi^0$ (3) позволяет сделать выбор между рассмотренными предположениями.

Действительно, если подавление реакции (1) обусловлено статистическими факторами, то реакции (2) и (3) будут также подавлены. Аналогичный результат имел бы место, если аннигиляция идет через промежуточные бозоны, при этом, однако, в равной степени должны быть подавлены и трехмезонные аннигиляции. Одновременное подавление реакций (1) и (2), (3) может быть вызвано преимущественной аннигиляцией в синглетном состоянии для любой системы $\bar{N}N$ независимо от изотопспина (а не только в состоянии $\bar{p}p$).

Такая же экспериментальная ситуация возникает в случае, если аннигиляция происходит не только преимущественно в синглетном состоянии, но и в основном состоянии с изотопическим спином 1^{xx)}. Причем, как было указано автором /9/, вопрос о преимущественной аннигиляции в 1S_0 состоянии может быть решен при изучении трехмезонных аннигиляций.

Если же вдруг окажется, что реакция (1) запрещена в то время как процессы (2) и (3) разрешены, то из числа обсуждаемых гипотез остаются две:

^{x)} Нельзя, например, исключить того, что в данном случае имела место аннигиляция на π^+ и π^- с высвечиванием мягкого γ -кванта.

^{xx)} В этой связи следует отметить, что существование π -мезона в рамках модели Ферми-Янга указывает на сильное взаимодействие притяжения между нуклоном и антинуклоном в синглетном состоянии с изотоп-спином 1.

а) зарядовая четность системы ($\bar{p}p$) протоположна той, которая следует из уравнения Дирака, т.е. $C_{\bar{p}p} = -1$.

б) имеет место дираковский вариант четности, но преимущественная аннигиляция в синглетном состоянии осуществляется только для системы ($\bar{p}p$) (а не для $\bar{N}N$ вообще). Это оказывается возможным, например, если амплитуды аннигиляционных переходов из триплетных состояний с изотоп-спином 0 и 1 равны по величине и протоположны по фазе.

В этом случае появляется возможность различить эти варианты по энергетическому поведению реакций (2) и (3).

Это легко показать в рамках правил отбора, связанных с так называемой G -четностью^{х)}, которую впервые ввели Ли и Янг^{13/}. Для системы $\bar{p}n$ ($\bar{n}p$)
 $G = (-1)^{\ell+s+1}$ в случае дираковского варианта зарядовой четности и
 $G = (-1)^{\ell+s}$ для случая $C_{\bar{p}p} = -1$. (ℓ и s - соответственно значения орбитального момента и спина системы $\bar{N}N$).

Если учесть, что переход в 2π для системы $\bar{N}N$ возможен только в триплетном состоянии ($S = 1$), а для системы 2π $G = (+1)$, то реакции (2) и (3) оказываются возможными в случае варианта а) в состояниях с нечетным значением орбитального момента (P, F), а для варианта б) - с четными $\ell(S, D)$. Это означает, что в области не очень больших энергий (до $E = 50$ Мэв) в первом случае (вариант а)) сечения реакций (2) и (3) будут расти как $E^{1/2}$, а во втором (вариант б)) - уменьшаться как $E^{-1/2}$. Если же справедливы оценки Десэя^{10/}, показавшего, что аннигиляционный захват остановившегося антипротона происходит в основном из S -состояния, то относительный выход реакции (3) будет резко увеличиваться (уменьшаться) при переходе к аннигиляции на лету (для вариантов а) и б) соответственно). Изучение реакции (2) в принципе предпочтительней, т.к. дает возможность наблюдать элементарный процесс, но с экспериментальной точки зрения сопряжено с определенными трудностями.

По-видимому, лучше всего наблюдать такой процесс в пучке антипротонов с помощью большой водородной пузырьковой камеры, используя при этом антинейтроны от перезарядки $\bar{p} + p \rightarrow \bar{n} + n$.

^{х)} \hat{G} -сопряжение представляет собой последовательные операции зарядового сопряжения и поворота на 180° в изотопическом пространстве

Кинематический анализ такого события дает в принципе возможность определить энергию антинейтрона, аннигилирующего в результате последующего взаимодействия. Вероятность такого процесса будет во всяком случае не меньше, чем вероятность двойного рассеяния антипротона, наблюдавшегося в большой водородной пузырьковой камере^{x)}.

О реакции (3) можно получить сведения на основании уже имеющихся экспериментальных данных об аннигиляции антипротона на дейтроне. При этом, однако, следует отбирать случаи, когда оставшийся после аннигиляции протон уносит малый импульс.

Есть все основания считать, что система $K^+K^- (K^0\bar{K}^0)$ обладает теми же свойствами симметрии, что и система $\pi^+\pi^-$ /14/. Поэтому, если реакция (1) подавлена по причине преимущественной аннигиляции в синглетном состоянии или из-за недираковской зарядовой четности системы $(\bar{p}p)$, реакция $\bar{p}+p \rightarrow K+\bar{K}$ также будет подавлена^{xx)}.

При этом реакции $\bar{p}+p \rightarrow \bar{K}^0+K^+$ (5) и $\bar{p}+n \rightarrow K^-+K^0$ (6), вообще говоря, не будут подавлены (если, конечно, подавление (4) не обусловлено статистическими факторами). Ничего более определенного о поведении реакций (5) и (6) сказать нельзя, поскольку пока нет определенных данных о четности системы $\bar{K}^0K^+ (K^-K^0)$.

Экспериментальная ситуация с K -мезонами также заслуживает внимания.

В результате анализа аннигиляционных звезд в водородной пузырьковой камере не удалось зарегистрировать ни одного надежно интерпретируемого случая

$\bar{p}+p \rightarrow K^-+K^+$, что дает для верхнего предела относительной вероятности этого процесса величину 0,1%^{/2/}.

Среди 3000 аннигиляционных звезд в пропане случаи аннигиляции на K^+K^- , по-видимому, также отсутствуют. Действительно, кинематические картины аннигиляций на $\pi^+\pi^-$ и на K^+K^- очень похожи. Единственное отличие - это несколько различающиеся по величине импульсы π - и K -мезонов (для аннигиляции в покое 0,93 Бэв/с и 0,8 Бэв/с, соответственно). Таким образом случаи аннигиляции

x) К настоящему времени в большой водородной пузырьковой камере зарегистрировано около 200 случаев двойного рассеяния антипротона /2/.

xx) Очевидно, что такой же результат имел бы место в рамках дираковского варианта четностей, если бы $C_{KK} = -1$.

на $K^+ K^-$ не могли остаться незамеченными.

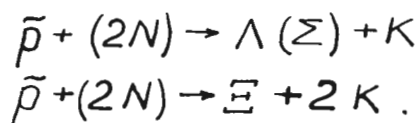
С другой стороны известно, что при аннигиляции антипротона на ядрах испускается заметное число K -мезонов.

Так, в пропановой пузырьковой камере доля аннигиляционных звезд с K -мезонами составляет 4% при $\bar{E}_p = 70$ Мэв и свыше 5% при $E_p = 500$ Мэв^{/15/}.

Из сравнения этих результатов следует, что вклад реакции (4) по крайней мере в 100 раз меньше по сравнению с другими процессами образования K -мезонов при аннигиляции. Такими процессами могут быть реакция (6) или аннигиляция с испусканием помимо пары K -мезонов нескольких π -мезонов, уже наблюдавшаяся в эмульсиях^{/16/}.

Относительная вероятность этого последнего процесса, согласно различным вариантам статистической теории, в несколько раз больше вклада реакций (4), (5), (6)^{/3-5/}. Однако, сравнение с предсказаниями статистической теории не может служить надежным критерием для установления факта и степени подавления реакции (4). Для этого в качестве первого шага следует сравнить выходы реакций (4) и (5), (6), которые должны быть одного порядка по величине, если отсутствуют какие-либо другие факторы подавления реакции (4), кроме статистического.

В тех случаях, когда антипротон при аннигиляции взаимодействует с двумя нуклонами, могут иметь место процессы типа^{/17/}:



Одна из подобных реакций (с испусканием Λ^0 и K^0) недавно наблюдалась при аннигиляции антипротона на ядре углерода в пропановой пузырьковой камере^{/18/}.

Относительную вероятность таких процессов можно оценить по числу гиперонов, испущенных при аннигиляции. Эта вероятность (как и вероятность для рождения при аннигиляции \bar{K} -мезона породить гиперон в том же ядре) растет с увеличением атомного веса ядра. Однако относительный выход K -мезонов при аннигиляции в эмульсиях ($A_{cp} \sim 40$) и пропановой пузырьковой камере ($A = 12$) приблизительно одинаков ($\sim 4\%$).

Это заставляет думать, что аннигиляционные процессы с испусканием гиперонов не играют решающей роли.

Автор выражает благодарность М.И. Широкову за обсуждения и ценные замечания.

Л и т е р а т у р а

1. S.Goldhaber (цитирован в Ann.Phys. 11 (29) 1960).
2. O. Chamberlain. Рочестерская конференция Я 1 (1960 г.).
3. С.Беленький, В.Максименко, А.Никишов, И.Розенталь. УФН 62, (1) 1957г.
4. W.Barkas et al. Phys.Rev. 105 , (1037) 1957.
5. Z.Koba, G.Takeda. Progr. Theor.Phys. 19 , (269) 1958.
6. E.Eberle. Nuovo Cim. 8, (610) 1958.
7. J.Lepore, Neuman. Phys.Rev. 98, (1484). 1955.
8. B.Desai. Phys.Rev. 119, (1390) 1960.
9. Э. Оконов. ЖЭТФ 39 , (1059) 1960 г.
10. B.Desai. Phys.Rev. 119, (1385) 1960.
11. S.Sakurai. Ann.Phys. 11, (1) 1960.
12. М. Широков, Э. Оконов. ЖЭТФ 89 (285) 1960г.
13. T.Lee, G.Yang. Nuovo Cim. 3, (749) 1956.
14. D.Amati, V.Vitale. Forts. Phys. 7, (375) 1959.
15. G. and S. Goldhaber, B.Fowler, W.Powell. Bull.Am.Phys.Soc. vol. 4(357 и 368) 1959.
16. E.Amaldi et al . Nuovo Cim. 14, (975) 1959.
17. Э. Оконов ЖЭТФ 38 , (1597) 1959.
18. E.Segre . Science. 132 n. 3418 (9) 1960.