

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория теоретической физики

P-369

В.Г.Соловьев

О ПРОВЕРКЕ СОХРАНЕНИЯ ЧЕТНОСТИ
В СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

ЖДН, 1959, т 129, № 1, с 68-71.

Дубна 1959 год

P - 369

В.Г.Соловьев

О ПРОВЕРКЕ СОХРАНЕНИЯ ЧЕТНОСТИ
В СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

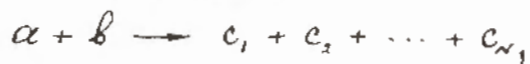
Исследования
БИБЛИОТЕКА

При анализе вопроса о сохранении четности в сильных взаимодействиях исходим из того, что закон сохранения комбинированной четности является основным законом симметрии в природе и выполняется во всех взаимодействиях, а сохранение пространственной четности в отдельных взаимодействиях является следствием дополнительных требований инвариантности. К этим положениям можно придти, если считать, что свойства пространства - времени относительно отражений проявляются через поведение тех частиц, которые на данном этапе развития считаются элементарными. Тогда из несохранения четности в слабых взаимодействиях можно сделать вывод, что пространство-время не обладает свойством симметрии относительно отражения пространственных координат и появляется необходимость исследовать сохранение четности в каждом взаимодействии.

Как показано в [1, 2] несохранение четности в сильных взаимодействиях можно ожидать в тех процессах, в которых участвуют К-мезоны и гипероны. При весьма высоких энергиях существенную роль играют процессы образования К-мезонов и гиперонов, а также увеличивается вклад К-мезон - гиперонных сил в процессы взаимодействия π -мезонов и нуклонов, поэтому реакции, проходящие при высоких энергиях представляют весьма большой интерес с точки зрения сохранения четности в сильных взаимодействиях. Следует заметить, что при весьма высоких энергиях преобладающую роль играют процессы рождения двух-трех и более частиц.

В настоящей заметке проанализируем процессы, в конечных состояниях которых имеется N частиц / $N \geq 3$ /, а именно: рассмотрим какие асимметрии в распределении рожденных частиц свидетельствуют о несохранении четности в сильных взаимодействиях, исследуем в каких реакциях и между какими частицами появление таких асимметрий будет более вероятным, а также определим случаи, в которых асимметрия от распада гиперона, как одной из N частиц в конечном состоянии, будет свидетельствовать о несохранении четности в сильных взаимодействиях.

Рассмотрим реакцию вида



в конечном состоянии которой имеется N -частиц, причем спины частиц произвольные. Поперечное сечение этого процесса запишем в виде

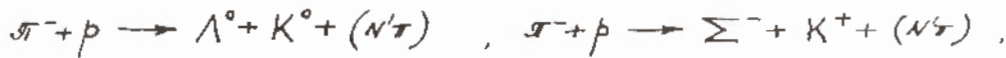
$$\sigma = A + \sum_{i < k} B_{ik} (\vec{n}_i \vec{p}_k) + \sum_{i < k < l} C_{ikl} (\vec{n}_{ik} \vec{p}_l),$$

где \vec{k} - импульс начальной частицы, \vec{p}_i ($i=1, \dots, N-1$) - импульсы частиц в конечном состоянии /в системе центра инерции/, $\vec{n}_i = \vec{k} \wedge \vec{p}_i$, $\vec{n}_{ik} = \vec{p}_i \wedge \vec{p}_k$. Коэффициенты A , B_{ik} , C_{ikl} являются скалярными функциями k^2 , p_i^2 , $(\vec{k} \vec{p}_i)$ и $(\vec{p}_i \vec{p}_k)$, а члены в сечении, содержащие $(\vec{n}_i \vec{p}_k)$ или $(\vec{n}_{ik} \vec{p}_l)$ не инвариантны относительно операции отражения пространственных координат. Направим вектор \vec{k} по оси Z , направления векторов \vec{p}_i ($i=1, \dots, N-1$) будем характеризовать углами ϑ_i , φ_i , где ϑ_i угол между \vec{k} и \vec{p}_i , а φ_i - азимутальный угол, который следует отсчитывать от выделенной плоскости, образованной векторами \vec{k} и \vec{p}_3 , где \vec{p}_3 - импульс любой из конечных частиц. Коэффициенты A , B_{ik} , C_{ikl} являются четными функциями углов φ_i , а $(\vec{n}_i \vec{p}_k)$ и $(\vec{n}_{ik} \vec{p}_l)$ есть нечетные функции φ_i . Легко показать, что сохраняющий четность член A в сечении не дает асимметрии в распределении частиц относительно выделенной плоскости и наоборот - не сохраняющие четность члены вида $B_{ik} (\vec{n}_i \vec{p}_k)$ или $C_{ikl} (\vec{n}_{ik} \vec{p}_l)$ дадут асимметрию в распределении частиц относительно выделенной плоскости.

Таким образом, если четность не сохраняется в сильных взаимодействиях, то должны появиться асимметрии относительно любой из плоскостей, проходящей через направление импульса падающей частицы и направление импульса любой, но вполне определенной конечной частицы: а/ в распределении какой-либо другой, вполне определенной, конечной частицы или б/ в суммарном распределении $2, 3 \dots / N - 2$ / оставшихся конечных частиц. Следует заметить, что если четность не сохраняется, то должны появиться асимметрии относительно плоскостей, проходящих через направления любых конечных частиц, как в распределении начальной частицы, так и оставшихся конечных частиц.

Исследуем вопрос о том, в каких процессах и относительно распределения каких частиц можно ожидать появление асимметрий, связанных с несохранением четности в сильных взаимодействиях. Если основываться на наших соображениях о выделенной роли К-мезон-гиперонных взаимодействий, то следует ожидать появления требуемых асимметрий в распределении тех барионов и мезонов, среди которых имеются странные частицы. Далее, более

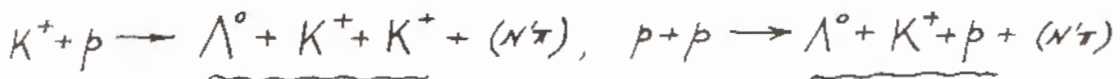
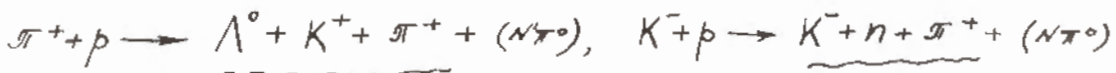
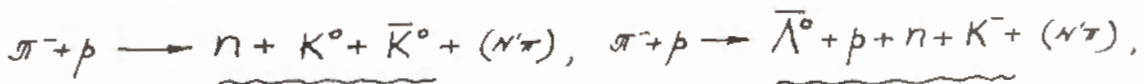
вероятным является, по моему мнению, появление этих асимметрий в распределении тех частиц, которые родились в центральных соударениях и, наоборот, является мало вероятным появление асимметрии в распределении тех частиц, часть из которых или появилась при периферических взаимодействиях или получила малую передачу импульса в рассматриваемой реакции. Например, в процессе $\pi^- + d \rightarrow \Lambda^0 + K^- + p$ трудно ожидать требуемой асимметрии /если он не идет как двухступенчатый процесс наподобие ^{14/}/, так как роль одной из конечных частиц в рождении странных частиц весьма мала. Появление асимметрии в распределении К-мезонов относительно плоскости, образованной падающим π^- -мезоном и гипероном в реакциях вида



/где $(N'\pi)$ - любое число π^- -мезонов, суммарный электрический заряд которых равен нулю/ является также маловероятным /хотя и более вероятным, чем в $\pi^- + d \rightarrow \Lambda^0 + K^0 + p$ /, так как присутствие π^- -мезонов в конечных состояниях не является необходимым.

Более вероятным является появление соответствующих несохранению четности асимметрий в распределении тех Π -конечных частиц ($2 \leq n \leq N-2$), рождение $(n-1)$ любых частиц из которых запрещено законами сохранения или странности или числа барионов или электрического заряда. Рождение таких Π -частиц является связанным целым, среди них нет частиц, которые родились поутно при периферических взаимодействиях.

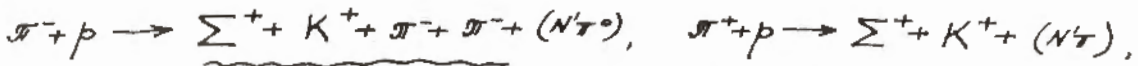
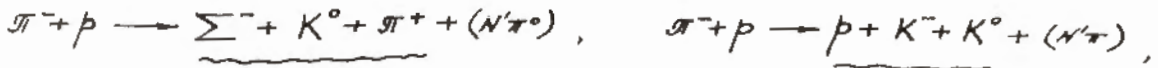
Рассмотрим реакции вида

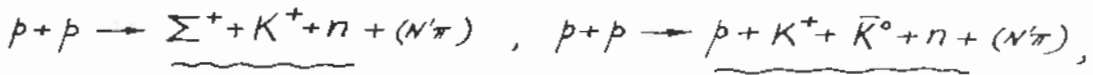




которые представляют большой интерес с точки зрения сохранения четности в сильных взаимодействиях. Подчеркнутые члены представляют совокупность тех трех /или четырех/ частиц, рождение любых двух /или трех/ из которых запрещено законами сохранения и нахождение требуемых асимметрий в распределении которых является более вероятным.

Дополнительный интерес представляют реакции, в которых не сохраняются, введенные в ^{15/}, квантовые числа \mathcal{S}_1 и \mathcal{S}_2 , причем странность $\mathcal{S} = \mathcal{S}_1 + \mathcal{S}_2$. Пайс предположил ^{16/}, что в этих реакциях четность может не сохраняться. К таким реакциям относятся, например,





подчеркнутые члены здесь также представляют интересующие нас совокупности частиц.

Следует заметить, что если при исследовании асимметрии в распределении одной из вторичных частиц относительно плоскости, образованной начальной частицей и другой /вполне определенной/ вторичной частицей, остальные частицы не анализируются, то в этом случае мы приходим, по существу, к суммированию асимметрий от ряда различных процессов. Асимметрии от различных реакций, если четность не сохраняется, могут усиливать друг друга или ослаблять, но совершенно ясно, что если такая суммарная асимметрия будет обнаружена, то она будет свидетельствовать о несохранении четности в сильных взаимодействия /по крайней мере в одной из суммируемых реакций/.

В ^{/2/} показано, что если в реакции типа $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$ будет обнаружена продольная поляризация Λ^0 -гиперона, то она будет служить свидетельством несохранения четности при рождении К-мезонов и гиперонов. Если в конечном состоянии кроме гиперона имеется еще две или более частицы, то при сохранении четности в сильных взаимодействиях может появиться продольная поляризация гиперона. Однако, в случае сохранения четности, если не отбирать только такие случаи, где какая-либо другая частица имеет данное направление /или какие-либо другие коррелированные случаи/, то продольная поляризация гиперона не приведет к появлению асимметрии в распределении проекций импульсов π^- -мезонов распада на плоскость рождения гиперона. Продольная поляризация гиперонов приведет к асимметрии в распределении π^- -мезонов от распада гиперонов относительно плоскости перпендикулярной плоскости рождения гиперона и будет служить свидетельством несохранения четности в сильных взаимодействиях в том случае, если мы не будем выбирать гипероны путем корреляции их с направлениями каких-либо других конечных частиц, причем сами гипероны можно рассматривать как при фиксированном, так и при любом угле рождения. Таким

образом, асимметрия в распадах гиперонов только тогда будет служить свидетельством несохранения четности при рождении, если при суммировании отдельных случаев будет происходить усреднение по углам рождения остальных конечных частиц.

В заключение заметим, что открытие несохранения четности в сильных взаимодействиях не только бы подтвердило правильность исходных положений но дало бы возможность провести более глубокий анализ ряда явлений: выбор между возможными модификациями в систематике элементарных частиц, проверка гипотезы зарядовой инвариантности, выяснение роли К-мезон-гиперонных сил в ядерных силах и др.

Л и т е р а т у р а

1. В.Г.Соловьев, ЖЭТФ, 33, 537, 796 /1957; Nuclear Phys. 6, 618 (1958).
2. В.Г.Соловьев "Возможная проверка сохранения четности при рождении К-мезонов и гиперонов", препринт ОИЯИ, Р-147, февраль 1958 года.
3. В.Г.Соловьев, ЖЭТФ, 36, 628 /1959/.
4. H.Horwitz, D.Miller, J.Murray, M.Schwartz, H.Taft, Bull.Am.Phys.Soc. 1, 363 (1958).
5. A.Pais, Phys.Rev. 110, 574 (1958).
6. A.Pais, Phys.Rev.Lett. 1, 418 (1958).