

С 346

Н-379



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Нгуен Дин Ты

1136

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ
 Λ -ГИПЕРОНОВ
И НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ
В СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Автореферат диссертации, представленной на
соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук

Научный руководитель
академик

В.И. Векслер

Дубна 1982 г.

Нгуен Дин Ты

1136

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ
 Λ -ГИПЕРОНОВ
И НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ
В СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Автореферат диссертации, представленной на
соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук

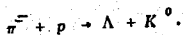
Научный руководитель
академик

В.И. Векслер

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Закон сохранения пространственной четности играет важную роль при изучении физических процессов. Долгое время он считался одним из основных законов природы. Только в 1956 г. Ли и Янг^{/1/}, проанализировав известные к тому времени экспериментальные данные, выдвинули гипотезу, что в слабых взаимодействиях закон сохранения пространственной четности не выполняется. После экспериментального подтверждения этой гипотезы^{/2,3/} естественно встал вопрос о более тщательной проверке выполнения закона сохранения пространственной четности в сильных взаимодействиях.

В работах^{/4,5/} по изучению сильных взаимодействий без участия странных частиц при сравнительно небольших энергиях $E = 0-500$ Мэв/ было установлено с достаточной точностью выполнение закона сохранения пространственной четности. Что касается взаимодействий при высоких энергиях, особенно в процессах, когда рождаются странные частицы, то картина была не столь ясной. В.Г. Соловьев^{/6/}, Фейнберг^{/7/} и Пайс^{/8/} показали, что можно ожидать нарушения закона сохранения пространственной четности в сильных взаимодействиях с участием странных частиц. Если четность не сохраняется в процессе рождения Λ -гиперонов, то может появиться компонента вектора поляризации Λ -гиперонов в плоскости рождения, а это приводит к асимметрии "вперед-назад" и "влево-вправо" в угловом распределении протонов от распада Λ -гиперонов в системе, где Λ -покоится/. На этой основе была изучена продольная поляризация Λ -гиперонов, рождающихся в реакции



При импульсе π^- -мезонов 1,12 Бэв/с и 1,23 Бэв/с^{/8/} продольная поляризация не была обнаружена. Однако ряд работ, особенно при более высоких энергиях давал противоположные результаты^{/10-15/}. Наши предварительные результаты^{/16,17/} указывали также на существование продольной поляризации Λ -гиперонов. Стало ясно, что необходимо более систематическое изучение этого вопроса и подробный анализ причин, влияющих на результат.

Настоящая работа имеет цель проверить закон сохранения четности в π -p-взаимодействиях с рождением странных частиц при энергиях π^- -мезонов 7-8 Бэв. Так как почти все систематические ошибки действуют в одном направлении и сильно искажают результаты, в данной диссертации уделено особое внимание рассмотрению всевозможных систематических ошибок и введению поправок на эти ошибки.

Диссертация состоит из 5 глав.

1 глава содержит обзор теоретических и экспериментальных работ по вопросу о сохранении/несохранении/ P-четности в сильных взаимодействиях.

Было предположено, что в любых взаимодействиях сохраняется только комбинированная четность CP^{/18/}. В электродинамике это предположение вместе с условием калибровочной инвариантности приводит к сохранению C и P в отдельности. В

Сильных взаимодействиях без участия странных частиц предположение о сохранении CP вместе с условием изотопической инвариантности приводят также к сохранению C и P в отдельности. Но в сильных взаимодействиях с участием K -мезонов указанные условия не приводят к тому, что C и P должны сохраняться в отдельности.

В этой же главе проведен краткий анализ экспериментальных результатов по обсуждаемому вопросу.

Во II главе описаны постановка опыта и метод анализа. Работа была выполнена с помощью 55 см пропановой пузырьковой камеры, установленной на пучке π^- -мезонов ^{19/} с импульсом 7-8 Бэв/рис. 1/. Величина магнитного поля в центре камеры равна 13700 э с максимальной неоднородностью в пределах камеры $\pm 3\%$. Для данной работы было использовано 60.000 фотографий. При просмотре особое внимание было уделено обнаружению Λ -гиперонов с короткими пробегами π^- или p . Был проведен подробный анализ точности измерения ^{20/} и ее влияния на угловое распределение протонов от распада Λ -гиперонов. Показано, что нет систематических, неучитываемых искажений в камере и нет систематических ошибок в измерениях координат, импульсов и углов. Средняя квадратичная ошибка в измерении координат равна 0,06 мм по оси X ; 0,17 мм по оси Y и 0,40 мм по оси Z ; в измерении углов $34'$ /при длине треков более 5 см/; в измерении импульсов $\sim 10-15\%$ /в основном из-за многократного рассеяния/.

V^0 -события были идентифицированы по методу χ^2 на электронно-счетной машине М-20. Для идентификации привлекались также другие методы: измерение ионизации, измерение импульсов δ -электронов, анализ вторичных взаимодействий положительных частиц от распада V^0 -событий. Всего было проанализировано 1050 V^0 -частиц, среди них 327 Λ -гиперонов, 598 K^0 -мезонов и 127 индивидуально неразделенных случаев / Λ или K^0 /. Импульс V^0 -частиц определялся с точностью $\sim 8-10\%$, а угол распада в системе, где V^0 -частица покоится $\sim 6-8^\circ$. Рассчитаны Q -значения и времена жизни Λ -гиперонов и K^0 -мезонов:

$$Q_\Lambda = 137,4 \pm 0,6 / \text{Мэв}$$

$$Q_{K^0} = 1220 \pm 4 / \text{Мэв}$$

$$\tau_\Lambda = 2,78 \pm 0,38 / 0,30 \cdot 10^{-10} \text{ сек.}$$

$$\tau_{K^0} = 0,99 \pm 0,10 / 0,08 \cdot 10^{-10} \text{ сек.}$$

В III главе обсуждается вопрос о введении различных поправок, особенно поправка на примесь Λ -гиперонов среди неразделенных V^0 -событий и на потерю Λ -гиперонов с короткими пробегами π^- -мезонов ^{21/}. Известно, что эти поправки действуют в одном направлении, увеличивая число Λ -гиперонов, у которых протоны летят вперед относительно направления импульса Λ -гиперонов /в системе где Λ -покоится/.

Были использованы 3 разных метода для определения примеси Λ -гиперонов среди неразделенных V^0 -событий:

а/ По распределению V^0 -событий на плоскости / a , $p \perp$ /, где

$$a = \frac{\sin(\theta_- - \theta_+)}{\sin(\theta_- + \theta_+)} = \frac{P_+'' - P_-''}{P_+'' + P_-''}$$

P и P'' - поперечный и продольный импульс частицы от распада Λ или K^0 ,
 θ_+ и θ_- - угол положительной и отрицательной частицы с направлением импульса
 V^0 - частицы;

в/ На основе углового распределения π^+ - мезонов от распада K^0 - мезонов.
 Без примеси Λ - гиперонов распределение должно быть изотропным, так как спин
 K^0 - мезона равен нулю.

с/ На основе числа идентифицированных $\bar{\Lambda}$ и неразделенных K^0 или $\bar{\Lambda}$.

Все три метода дают согласующиеся между собой результаты: среди 127 нераз-
 деленных V^0 - событий Λ - гипероны составляют $> 90\% / 120 \pm 7$ Λ - гиперонов/
 Без систематического анализа всех V^0 - событий такой оценки сделать нельзя.

Подробно анализируется поправка на потерю Λ - гиперонов с коротким пробегом
 π^- - мезонов. В пропане π^- - мезон с импульсом < 35 Мэв/с совсем не будет ви-
 ден, а событие с коротким пробегом π^- - мезона очень легко пропустить при просмотре.
 Все эти пропущенные события сильно влияют на асимметрию углового распределения
 p от распада Λ - гиперонов, так как в распределении по среднему косинусу они
 имеют большой вес $1/\cos\theta_p^* = +1/$.

Способ обрезания спектра π^- - мезонов с пробегом, меньшим какой-то постоян-
 ной длины, использованный рядом авторов, оказался неудовлетворительным. Предложен
 другой метод с использованием переменной длины пробега π^- - мезонов. В предполо-
 жении, что асимметрия отсутствует /т.е. $a \bar{p}_1 = 0/$, таким методом найдено число про-
 пущенных Λ - гиперонов с коротким пробегом π^- - мезона равное $724 \pm 8/$. Но даже
 когда существует асимметрия $1/a \bar{p}_1 = -0,2/$ число пропущенных Λ - гиперонов рав-
 но $118 \pm 7/$.

Обсуждается также вопрос о поправках на потерю Λ - гиперонов с коротким про-
 бегом p и Λ - гиперонов с очень маленьким /или большим/ углом разлета между
 двумя частицами распада. Эти поправки малы по сравнению с поправкой на потерю
 Λ - гиперонов с коротким пробегом π^- - мезона.

Показано, что геометрия камеры и асимметрия в условиях регистрации Λ - гипер-
 онов не оказывает влияния на угловое распределение p от распада Λ .

В IV главе изложены результаты эксперимента.

В данной диссертации не изучался процесс рождения Λ - гиперонов и K^0 - ме-
 зонов, но некоторые данные о процессе рождения, необходимые для дальнейшего об-
 суждения, приводятся в § IV-1 и § IV-2. Для Λ - гиперонов отмечается боль-
 шой пик назад в угловом распределении и второй максимум, выходящий за пределы
 кривой, рассчитанной по статистической теории в импульсном распределении ^{122,23/}.
 В § IV-3 приведено угловое распределение p от распада всех наблюдаемых Λ -
 гиперонов с учетом обсужденных в главе III поправок /рис. 2/. Распределения
 "вперед-назад" и "влево-вправо" отражают поляризацию Λ - гиперонов в плоскости

рождения, а распределения "вверх-вниз" - "поперечную" поляризацию. Угловые распределения Λ -гиперонов имеют вид $1 + a \bar{p} \xi$. Коэффициент асимметрии рассчитывался по известной формуле $a \bar{p} = \frac{3 \sum \xi_i}{N} \pm \sqrt{\frac{3}{N}}$, а также по методу максимального правдоподобия. Результаты расчетов совпадают. Получено:

$$\begin{aligned} a \bar{p}_1 & \text{ /вперед-назад/} = + 0,04 \pm 0,08 \\ a \bar{p}_2 & \text{ /влево-вправо/} = - 0,06 \pm 0,08 \\ a \bar{p}_3 & \text{ /вверх-вниз /} = + 0,01 \pm 0,08, \end{aligned}$$

т.е. в пределах ошибок асимметрия отсутствует.

Зависимость $a \bar{p}$ от процесса рождения обсуждается в § IV - 4, 5, 6. Рассматривается зависимость $a \bar{p}$ от импульса Λ -гиперонов в лаб. системе, от импульса

Λ -гиперонов в с.ц.м., от угла рождения Λ -гиперонов в с.ц.м., от множественности заряженных частиц, сопровождающих рождение Λ -гиперонов. Зависимости $a \bar{p}$ от импульса в лабораторной системе и угла рождения в с.ц.м. не найдено. Наблюдаемые отклонения $a \bar{p}$ от нуля в некоторых интервалах импульсов Λ -гиперонов в СЦМ, а также для Λ -гиперонов, рождающихся в 4- и 6- лучевых звездах, можно объяснить статистической флуктуацией.

Угловое распределение плоскостей рождения Λ -гиперонов относительно плоскости рождения любой, но определенной вторичной частицы, может также свидетельствовать о выполнении или невыполнении закона сохранения четности в сильных взаимодействиях^{/8/}. Этот вопрос был рассмотрен в § IV - 7. На основе 67 зарегистрированных $\Lambda + K^0$ парных событий было построено угловое распределение плоскостей рождения Λ -гиперонов относительно плоскостей рождения K^0 -мезонов. Коэффициент асимметрии в распределении $A = 0,07 \pm 0,12$ говорит об отсутствии асимметрии в этом распределении. Аналогичное угловое распределение построено для двухлучевых звезд. Коэффициент асимметрии в угловом распределении плоскостей рождения Λ относительно плоскостей рождения π^- -мезонов найден равным $A = 0,12 \pm 0,08$, ошибка здесь только статистическая.

В § IV - 8 приведены результаты по изучению поляризации 247 Λ -гиперонов, рождающихся во взаимодействиях π^- -мезонов с ядрами углерода^{/23/} в пропане при энергии 8,8 Бэв:

$$\begin{aligned} a \bar{p}_1 & \text{ /вперед-назад/} = - 0,01 \pm 0,11 \\ a \bar{p}_2 & \text{ /влево-вправо/} = - 0,06 \pm 0,11 \\ a \bar{p}_3 & \text{ /вверх-вниз/} = + 0,04 \pm 11. \end{aligned}$$

Этот результат также указывает на отсутствие поляризации у Λ -гиперонов, рожденных при взаимодействии π^- с ядрами.

Полученные результаты обсуждаются в V-главе. Известно, что для реакции /1/ при импульсе π^- -мезонов $\leq 1,2$ Бэв/с участвовали только S- и P-волны^{/24/} и асимметрия вверх-вниз углового распределения p от распада Λ -гиперонов довольно большая: $a \bar{p}_3$ /вверх-вниз/ = 0,4 - 0,6^{/25/}. При таких условиях, было доказано, что если четность не сохраняется в реакции /1/, то обязательно появляется поляризация

Λ -гиперонов в плоскости рождения. Напротив, отсутствие поляризации Λ -гиперонов в плоскости рождения указывает на то, что четность сохраняется в реакции /1/.

При больших энергиях, когда Λ - рождаются совместно с несколькими π - мезонами,



и присутствуют волны с $\ell \geq 2$, вышеуказанное заключение сделать нельзя. Из существования поляризации у Λ - гиперонов в плоскости рождения можно сделать вывод, что четность не сохраняется в /2/, но из отсутствия поляризации у Λ - гиперонов в плоскости рождения никакого простого и прямого утверждения о сохранении четности в /2/ сделать нельзя. Можно только утверждать, что полученные в настоящей работе результаты не противоречат закону сохранения четности в сильных взаимодействиях.

В настоящее время существует несколько моделей сильных взаимодействий /26-28/, где четность сохраняется. В теории сильных взаимодействий типа Юкавы с дополнительными требованиями симметрии /29,30/ четность также сохраняется.

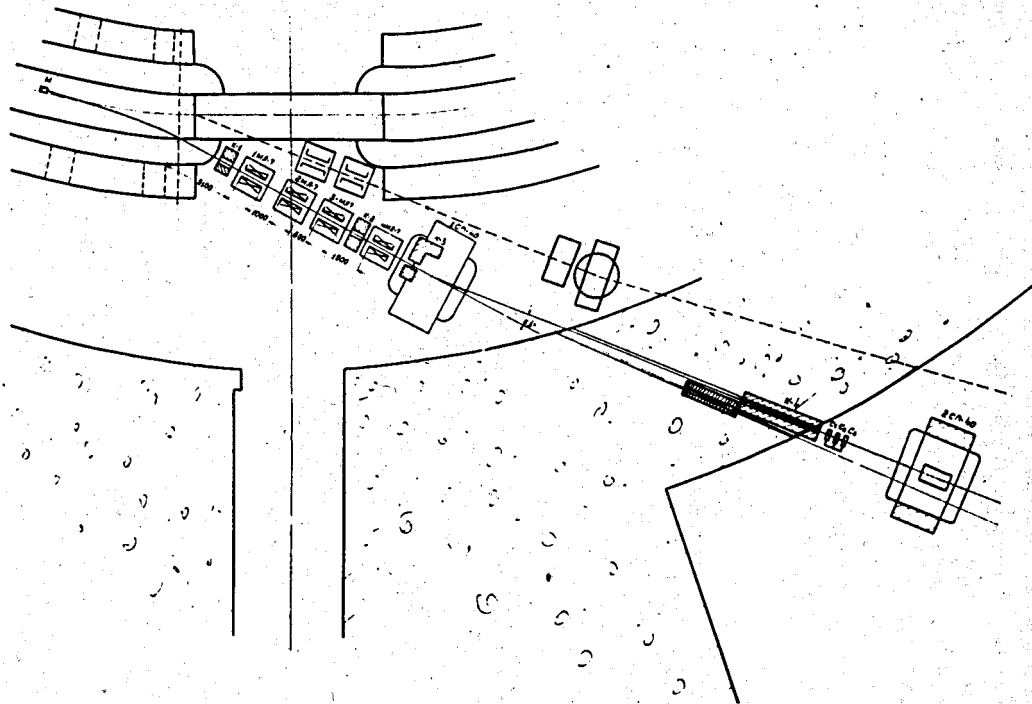
В этой главе рассматривалась также возможность появления продольной поляризации у Λ - гиперонов, если они не рождаются прямо в реакции /2/, а являются продуктом распада $Y_1^* \rightarrow \Lambda + \pi$.

Основные данные, вошедшие в диссертацию, опубликованы в работах /16,17,19-23/.

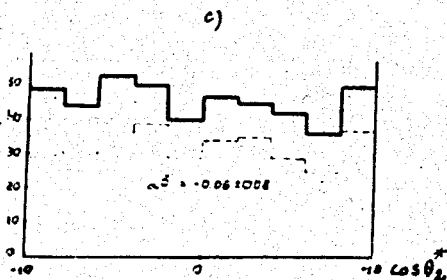
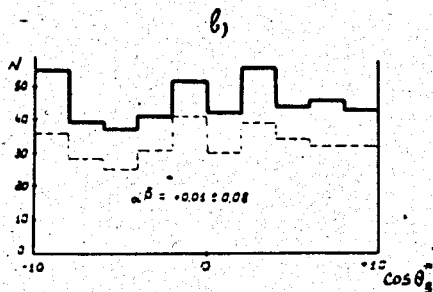
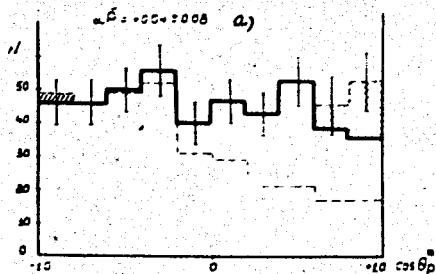
1. T.D.Lee and C.N.Yang. Phys. Rev. 104, 254 (1956).
2. C.S.Wu, E.Ambler, R.W.Hayward, D.D.Hopes and R.P.Hudson Phys. Rev. 105, 1413 (1957).
3. А.И. Алиханов. Слабые взаимодействия. Новейшие исследования β -распада. Москва, физматгиз, 1960. Другие статьи по этому вопросу до 1960 г. могут быть найдены в этой работе.
4. См. например, а/ D.H.Wilkinson Phys. Rev. 109, 1603, 1614 (1958).
б/ R.Haas, L.B.Leipuner and R.K.Adair, Phys. Rev. 116, 1221 (1959).
5. См. например, а/ D.P. Jones, P.G.Murphy, P.L.O'Neill Phys. Rev. 72, 429 (1958).
б) E.Heer, A.Roberts and I.Tinlot Phys. Rev. III, 645 (1958).
6. В.Г. Соловьев. ЖЭТФ 33, 537, 706 /1957/. Nucl Phys. 6, 618 /1958/.
ЖЭТФ 36, 628 /1959/. ДАН 129, 68 /1959/.
7. G.Feinberg Phys. Rev. 108, 878 (1957).
8. A.Pais Phys. Rev. Lett. 1, 418 (1958).
9. F.S.Crawford, Jr., M.Cresti, F.T.Solomitz, M.L.Good and M.L.Stevenson. а) Phys. Rev. Lett 1, 239, (1958).
б) Phys. Rev. Lett 2, II (1959).
10. H. Blumenfeld, W.Chinowsky, L.M.Lederman Nuov. Cim. VIII, 296 (1958).
11. R.A.Salmeron and A.Zichichi Nuovo Cim. XI, 461 (1959).
12. I.A.Ivanovskaya, E.V.Kuznetsov, A.Prokesh and I.V.Chuvilo Proc. of the 1960 An. Int. Conf. on High Energy Phys. at Rochester p.383.
13. Bhowmik, D.P.Goyal. N.K.Yamdagni Nuov. Cim. XXIII, 108 (1962).
/эта работа стала известна, когда данная диссертация была закончена/.
14. Д.А. Глезер. 9-ая Международная Конференция по физике высоких энергий, Киев, 1959. стр. 607.
15. Ю.С.Крестников, В.А. Шебанов. ЖЭТФ 41, 661 /1961/.
16. M.I.Soloviev Proc. of the 1960 An. Int. Conf. on High Energy Phys. at Rochester p.388.
17. Ван Ган-чан и др. ЖЭТФ 30, 1854 /1960/.
18. Л.Д. Ландау ЖЭТФ 32, 405 /1957/.
19. Wang Tso-tsiang, Ding Da-tsau, V.G.Ivanov, E.N.Kladnitskaya, Nguyen Dinh-Tu, I.S.Sajtov, M.I.Soloviev and M.D.Shafranov Int. Conf. on High Energy Accelerators and Instrumentation, CERN 1959, p. 412.
20. В.И. Векслер и др. ОИЯИ Б2-1133. 1962.
21. В.И. Векслер, Н.М. Вирясов, И. Врана, Ким Хи Ин, Е.Н. Кладницкая, А.А. Кузнецов, Нгуен Дин Ты, М.И. Соловьев, Т. Хофмоэль, Чен Лин-янь. Препринт ОИЯИ Р-1040. Дубна /1962/.
22. В.И. Векслер, И. Врана, Е.Н. Кладницкая, А.А. Кузнецов, Е.К. Михул, Нгуен Дин Ты, В.Н. Пенев, М.И. Соловьев, Т. Хофмоэль, Чен Лин-янь. Препринт ОИЯИ Р-806, Дубна, 1961.

23. V.A. Belyakov, Wang Yung-chang, V.I. Veksler, N.M. Viryasov, I. Vrana, Du Yuan-cai, Kim Hi In, E.N. Kladnitskaya, A.A. Kuznetsov, A. Mihul, E. Mihul, Nguyen Dinh-Tu, I. Patera, V.N. Penev, E.S. Sokolova, M.I. Soloviev, T. Hofmohl, Tshen Lin-yen, M. Scheeberger. 1962 INT. Conf. on High Energy Phys. at CERN, p. 252.
24. J. Steinberger 1958 An. Conf. on High Energy Phys. at CERN p. 147.
25. См. например, F. Eisler, R. Plano et al. Phys. Rev. 108, 1353 (1957).
26. L.B. Okun 1958 An. Conf. on High Energy Phys. at CERN p. 223.
27. J.J. Sakurai Annal of Phys. II, I (1960).
28. M. Gell. Mann Phys. Rev. 125, 1067 (1962).
29. G. Feinberg, F. Gursey Phys. Rev. 114, 1153 (1959).
30. J.J. Sakurai Phys. Rev. 113, 1679 (1959).

Рукопись поступила в издательский отдел
1 декабря 1962 год.



Р и с. 1. Схема расположения аппаратуры. *M* - бериллиевая мишень;
*K*₁, *K*₂, *K*₃, *K*₄, *K*₅ - коллиматоры; *MA-7* - магнитная линза;
 ИСП-40 - поворотный магнит; 2СП-40 - магнит, где помещена камера;
 С₁, С₂, С₃ - система сцинтилляционных счетчиков.



Р и с. 2. Угловые распределения протонов от распада Λ -гиперонов в системе, где Λ -покоится: а/распределение вперед-назад; в/распределение вверх-вниз; с/распределение влево-вправо.

Площадь над пунктирной линией представляет поправку на число Λ -гиперонов из неопределенных событий / Λ или K^0 /. Заштрихованная площадь - поправка на число Λ -гиперонов с маленьким пробегом π -мезона и маленьким углом между π -мезоном и протоном.