С 344.1 + С 346
К-19

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1 - 3669

Т.Канарек

ПРИМЕНЕНИЕ КСЕНОНОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДОВ НЕЙТРАЛЬНЫХ БОЗОНОВ

Специальность № 040,
экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

Дубна, 1968

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук
З.С.Стругальский.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
А.И.Филиппов,
кандидат физико-математических наук
В.А.Шебанов.

Ведущее предприятие: Московский инженерно-физический институт

Автореферат разослан " " 1968 г.

Защита диссертации состоится " " 1968 г. на заседании совета Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, г.Дубна.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединенного института ядерных исследований

Ученый секретарь совета
А.А.Кузнецов.

5122 вр.

1 - 3669

Т.Канарек

ПРИМЕНЕНИЕ КСЕНОНОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДОВ НЕЙТРАЛЬНЫХ БОЗОНОВ

Специальность № 040,
экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

Объединенный институт ядерных исследований БИБЛИОТЕКА

С самого начала исследований в области физики элементарных частиц возникла необходимость изучения распадов, в которых участвуют γ – кванты, появляющиеся или непосредственно в распадных процессах, или в результате распада π^0 – мезонов.

Особенно остро встала эта проблема в последнее время в связи с интенсивными исследованиями радиационных распадов частиц и изучением нейтральных мод распадов бозонных резонансов для выбора правильного варианта теории. Распады некоторых частиц по нейтральным каналам преобладают над распадами, идущими по другим каналам, в которых участвуют заряженные частицы (например, распад η^0 – мезона). Некоторые из нейтральных бозонов, если они существуют, можно непосредственно обнаружить лишь путем корреляции наблюдаемых γ -квантов в эффективные массы с выделением π^0 – мезонов, как, например, в случае S^0 – мезона [1]. Возможно также, что существуют иные, до сих пор не наблюдавшиеся частицы, распадающиеся лишь на π^0 – мезоны и γ – кванты [2].

Соотношения между вероятностями разных каналов распадов нейтральных бозонов на π^0 – мезоны и γ – кванты имеют прямое отношение к некоторым следствиям SU (6)-симметрии [3], а также связаны с возможным несохранением C_1T – четности в электромагнитных распадах сильновзаимодействующих частиц [4].

Процессы аннигиляции антипротонов на нейтральные продукты мало исследованы, а с не наблюдавшейся до сих пор аннигиляцией $p + \tilde{p} \to \pi^0 + \pi^0$ связаны разные теоретические проблемы [5].

С другой стороны, экспериментальные трудности при исследовании процессов с участием π^0 – мезонов и γ – квантов весьма велики. Необходимо иметь

детекторы γ -квантов, обладающие высокой (близкой 100%) эффективностью регистрации. Эти детекторы должны позволять одновременно измерять достаточно точно импульсы зарегистрированных γ -квантов в широком энергетическом интервале, начиная с нескольких Мэв. Большинство существующих до сих пор приборов не обладает, как правило, одновременно обоими этими свойствами. Так, например, водородная камера разумных размеров обеспечивает оптимальную точность измерения импульсов γ -квантов, но при этом эффективность регистрации γ -квантов равна долям процента. Искровые камеры обладают большой эффективностью регистрации γ -квантов, но не дают пока возможности точно определять их энергию. Существующие пропановые и фреоновые пузырьковые камеры также не позволяют достаточно хорошо регистрировать γ -кванты.

Ксеноновая камера при небольших линейных размерах (несколько десятков сантиметров) обеспечивает высокую, близкую к 100% эффективность регистрации γ -квантов с энергией, выше нескольких Мэв. Вопреки высказанным /6/ мнениям, выполнение нами методических работ показало возможность определять энергию γ -квантов с точностями $\approx$ 10% /7/.

Диссертация посвящена изложению опыта создания и длительной эксплуатации ксеноновой пузырьковой камеры, и разработке методики обработки снимков, полученных с помощью этой камеры для исследования нейтральных каналов распада бозонных резонансов на π^0 -мезоны и γ -кванты.

Диссертация состоит из трех глав:

I глава - ксеноновая пузырьковая камера;

II глава - методика обработки снимков ксеноновой пузырьковой камеры;

III глава - исследование нейтральных бозонов, распадающихся на π^0 -мезоны и γ -кванты.

Ниже кратко излагается их содержание.

I. Ксеноновая пузырьковая камера

Камера имеет размеры 550x280x170 мм /8/. Фотографирование производится через верхнее стекло с помощью двухобъективного стереофотоаппарата на одну пленку шириной 63 мм. База фотографирования - 191,420 мм. Механизм расширения - пневматический. Управление расширителем осуществляется электромагнитным клапаном. Освещение камеры производится под углом 90° к направлению фотографирования с одной боковой стороны. Охлаждение камеры и стабилизация температуры достигаются с помощью фреоновых холодильных машин.

Весьма важной задачей оказалась необходимость стабильного поддержания температуры камеры с точностью не хуже, чем $\pm$ 0,1°С. Существующая система охлаждения и механизм расширения оказались во время эксплуатации довольно сложными для быстрого и чёткого управления.

Не менее важным условием правильной работы и хорошего качества снимков является высокая степень очистки ксенона не только от механических, но и от ненужных химических примесей и влаги. Добавление этилена для гашения сцинтилляции не должно превышать 0,5%. При большем содержании этилена следы в камере имеют вид сплошных линий.

Большая эффективность ксенона к детектированию γ -квантов налагает требование разумной загрузки камеры пучком первичных частиц. Поэтому важным элементом установки является устройство чёткой дозировки числа пучковых частиц.

В этой же главе дается описание устройства камеры и некоторых узлов, которые были улучшены в ходе ее эксплуатации. Камера работает с 1959 года, на ней было получено свыше 1.000.000 снимков в разных пучках частиц. В настоящее время камера также продолжает работать.

II. Методика обработки снимков ксеноновой пузырьковой камеры

При разработке методики обработки снимков ксеноновой пузырьковой камеры основное внимание было обращено на те особенности камеры, которые отличают ее от других пузырьковых камер, наполненных менее тяжелыми жидкостями. К таким свойствам относятся: высокая эффективность регистрации γ -квантов, большое рассеяние заряженных частиц в ксеноне, большая химическая однородность среды, незначительный средний ядерный пробег, большая тормозная способность среды.

Высокая эффективность регистрации γ -квантов накладывает условия на способ просмотра снимков и метод определения энергии γ -квантов. Большое кулоновское рассеяние влияет на возможность восстановления точной геометрии некоторых событий и накладывает ограничения на идентификацию заряженных

частиц. Химическая однородность вещества облегчает исследование процессов взаимодействия быстрых частиц с ядрами. Это позволяет извлечь также некоторую информацию относительно выделения взаимодействий на одиночных нуклонах ядер[9]. Довольно большая тормозная способность среды позволяет определить энергию заряженных частиц по их пробегу, если они останавливаются в камере, при этом идентификация частицы осуществляется по добавочным признакам – ионизации, многократному рассеянию или характерному распаду.

Описанные в главе II результаты методических исследований можно сформулировать следующим образом:

1) Просмотр снимков необходимо проводить одновременно по двум кадрам стереопары, т.к. это облегчает отбор нужных событий.

2) Измерения геометрии событий лучше вести по соответственным точкам. Однако на основании проведенной нами работы было показано, что возможно также измерять геометрию по несоответственным точкам с помощью полуавтоматов[10,11], при этом достигаемая точность локализации точек взаимодействий в камере $\Delta x = \Delta y = 0{,}1$ мм и $\Delta z = 0{,}4$ мм.

3) Энергию γ -квантов можно измерять в ксеноновой пузырьковой камере с минимальной ошибкой $\approx 10\%$ в диапазоне значений от 10 Мэв до 3 Гэв по полному пробегу электронов и позитронов[7]. Получение оптимальной точности зависит также от геометрии событий, размера камеры и энергий изучаемых процессов. Практически средняя достигаемая точность в нашей камере составляет 22% при исследовании событий, получаемых во взаимодействиях π^+ -мезонов с импульсом 2,4 Гэв/с с ядрами ксенона[7]. Установлено, что измерение пробегов электронов и позитронов можно проводить на проекции снимка с помощью курвиметра[7,12].

4) На основании разработанной нами методики измерения геометрии событий и энергии γ -квантов можно выделять распад частиц на $\pi^0\gamma$, $\pi^0\pi^0$, $\pi^0\pi^0\pi^0$ по составлению всех комбинаций эффективных масс $m_{\gamma\gamma}$, $m_{3\gamma}$ ..., $m_{6\gamma}$ [13].

В диссертации обсуждаются кратко вопросы фона в этих распределениях.

Рассчитанные кривые зависимости пробега частиц R от их энергии T, $R = f(T)$ были сопоставлены с экспериментально полученной зависимостью для π -мезонов. Результаты хорошо совпадают[14].

В главе II рассматривается также вопрос о выделении взаимодействий пучковой частицы с одним из нуклонов ядра. В настоящее время получено некоторое количество информации, которая позволяет предполагать, что основная доля взаимодействий с малым числом вторичных заряженных частиц ($N_э \leq 3$) для импульса падающего пучка π^+ – мезонов 2,4 Гэв/с – это взаимодействия с одним нуклоном ядра. Проблема выделения взаимодействий с одним из нуклонов ядра нуждается еще в дальнейших исследованиях.

III. *Исследование нейтральных бозонов, распадающихся на π^0 -мезоны и γ -кванты*

В начале этой главы дается обзор физических проблем, связанных с исследованием бозонов, распадающихся на π^0 -мезоны и γ -кванты.

В последующих параграфах описаны результаты исследований 150000 снимков из всех имеющихся 600000, полученных при облучении камеры в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 Гэв/с. При просмотре отбирались однолучевые звезды с останавливающейся в камере вторичной заряженной частицей, не дающей в результате остановки наблюдаемых продуктов распада или взаимодействия.

Каждое событие сопровождалось любым числом γ -квантов. Это могли быть события типа[13]:

$$\pi^+ + n \rightarrow \underset{\hookrightarrow k\gamma}{x} + p \qquad (1)$$

$$k = 1,2,3 \ldots,$$

x – некоторая исследуемая частица.

Распределение их по числу γ -квантов дано в таблице 1.

Таблица 1

$k\gamma$	число событий	Эффективность регистрации $k\gamma$ в %
1	25	–
2	265	93
3	85	85,4
4	165	81,9
5	22	73,4
6	11	60,5
Всего:	573	–

В результате анализа комбинации эффективных масс, рассчитанных для со событий с разным числом γ -квантов, оказалось, что [13]:

1) Во всех событиях для $\gamma\gamma$ - комбинаций имеется чётко выделенный пик соответствующий массе π^0 -мезона (90÷180 Мэв, с $\bar{m}_{\gamma\gamma}$ = 135 Мэв);

2) В наборе событий с числом γ -квантов, равным 2, найдены 14 событий которые можно интерпретировать как $\eta^0 \to 2\gamma$, что составляет по отношению к числу π^0 -мезонов, полученных из 2γ - квантных событий, величину

$$R = \frac{\eta \to 2\gamma}{\pi^0} = (12.1 \pm 4.0)\%.$$

3) В событиях с числом γ -квантов, равным 3, на имеющейся статистике не было найдено распадов $\omega^0 \to \pi^0 \gamma$. Заметим, что распад $\omega^0 \to \pi^0 \gamma$ был найден в работе [15] на относительно большой статистике при импульсе первичных π^- -мезонов 9 Гэв/с.

4) В событиях с числом γ -квантов, равным 4, были выделены две группы эффективных масс. В одну группу событий могли войти эффективные массы, появившиеся в результате распада некоторой частицы $x \to \pi^0 \pi^0$, в другую группу - в результате распада $x \to \pi^0 \pi^0$. Среди первого класа событий выделено два пика статистически пока не обеспеченные; один при массе $m_{\pi^0\pi^0}$ = 1250±30 Мэв (7 случаев); другой над фоном при массе $m_{\pi^0\pi^0}$= 709±18Мэв (20 случаев).

В группе событий $\pi^0 \gamma\gamma$ можно выделить две подгруппы частиц с массой $m_{\pi^0\gamma\gamma}$ = 560±16 Мэв (12 случаев) и с массой $m_{\pi^0\gamma\gamma}$ = 945±24 Мэв (21 случай). На основании имеющейся статистики нельзя определенно идентифицировать обнаруженные группы частиц.

Результаты ряда работ по исследованию распада $\eta^0 \to \pi^0 \gamma\gamma$, выполненных как с помощью электронной методики, так и на фреоновой пузырьковой камере, противоречат между собой [16]. Проблема исследования нейтральных распадов η -частицы пока открыта; не закончено исследование вопроса о существовании S^0 -мезона. То, что до сих пор получено, можно считать лишь некоторого рода указаниями, полезными для дальнейших исследований.

Краткие итоги работы:

1) Построена камера и получены в процессе работы с ней ценные результаты технического и методического характера, необходимые для дальнейшего развития методики и создания новых ксеноновых камер.

2) Разработан метод обработки событий с участием γ -квантов и π^0 -мезонов, позволяющий исследовать широкий круг вопросов, до сих пор почти не исследованных.

3) На основании обработки части имеющегося материала была показана возможность идентификации событий с многими π^0 -мезонами и γ -квантами.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах [7,8,10,11,13,14].

Литература

1. Вопросы физики элементарных частиц. Нор-Амберд, 1966. т.5, стр. 243.
2. A.M.Baldin. Nuovo Cim. 8, 569 (1965).
   V.G.Grishin and G.I.Kopylov. Nuovo Cim., 37, 962 (1965).
3. S.Badier and C.Bouchiat. Phys. Lett., 15, 96 (1965).
4. S.Bernstein, G.Feinberg, T.D.Lee. Phys.Rev.Let. 139B 1650 (1965).
   G.Feinberg. Phys.Rev., 140, B 1402 (1965).
   В.И.Сахаров, А.Б.Кайдалов. ЖЭТФ 50, 203 (1966).
5. D.B.Linchtenberg. Nuovo Cim.Suppl. 3, 22 (1965).
6. J.L.Brown. Proc.of an Intern. Conf. on Imstrumentation for High-Energy Physics, Berkeley, 1960, p. 110-112.
7. И.А.Ивановская, Т.Канарек, Л.С.Охрименко, Б.Словинский, З.С.Стругальский, И.В.Чувило, З.Яблонский. Препринт ОИЯИ № Р1-3317, Дубна 1967.
8. T.Kanarek, E.I.Maltsev, T.Nagy, I.Nagy, A.Prokeš, G.M.Stashkov, E.P.Ustenko, I.V.Chuvilo, Yu.N.Shkobin. Proc of the Intern. Conf. on High-Energy Accel. and Instrum., CERN 1959 p.508.
9. Z.S.Strugalski, T.Siemiarczuk. Phys. Lett. 13, 347 (1964).
   М.Дашкевич, Б.Словинский, З.С.Стругальский. Ядерная физика 5, 341 (1967).
10. Т.Канарек, Л.С.Охрименко. Препринт ОИЯИ № Р-2179, Дубна 1965.
11. Т.Канарек, Л.С.Охрименко, З.М.Косарева. Препринт ОИЯИ Р1-3487, Дубна 1967.
12. O.Czyzewski, J.Danysz, Z.S.Strugalski, Acta Phys. Polonica 24, 509 (1963).
13. Z.S.Strugalski, I.V.Chuvilo, I.A.Ivanovskaja, L.S.Okhrimenko, B.Niczyporuk, T.Kanarek, Z.Jablonski, B.Slovinski. Препринт ОИЯИ Е1-3100, Дубна 1967.

14. Т.Канарек, З.С.Стругальский. Препринт ОИЯИ 1-3320, Дубна 1967 г.
15. Т.Канарек, Е.Лоскевич, А.С. Мартынов, Б.Ничипорук, З.С.Стругальский, Г.Л.Семашко, Т.Семярчук, К.Эскреис. Ядерная физика 8, 786 (1967).
16. G.Di.Giugno, R.Querzoli, G.Troise, F.Vanoli, M.Giorgi, P.Schiavon and V.Silvestrini. Phys.Rev.Lett. 16, 767 (1966). M.Feldam, W.Frati, R.Gleeson, J.Halpern, M.Nusbaum and S.Richert, Phys.Rev.Lett. 18, 868 (1967). M.Wahlig, E.Schibata, I.Monelli. Phys.Rev.Lett. 17, 221 (1966). F.Jacquet and Nguyen- Khac, G.Baglin, A.Beraquet, B.Degrange, R.J.Kurz, P.Musset, A.Haatuft, A.Halsteinshid, J.M.Olsen. Phys.Lett 25, B675 (1967). S.Buniatov, E,Zavattini. Phys.Lett. 25B, 560 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел
17 января 1968 года.