

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 539.172.3

Каюмов Фред Фатыхович

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОРОЖДЕНИЯ η^0 -МЕЗОНОВ
НА ЯДРАХ ГЕЛИЯ ПРИ ЭНЕРГИЯХ $E = 1,5 - 4,5$ ГЭВ И МАЛЫХ
ПЕРЕДАННЫХ ИМПУЛЬСАХ

(01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

ЕРЕВАН - 1983

Работа выполнена в Физическом институте АН СССР и Ереванском физическом институте.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук
М.И. Дайон

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук
Р.О. Авакян
доктор физико-математических наук
Б.Б. Говорков

Ведущая организация: Харьковский физико-технический институт

Защита состоится " 3 " июня 1983 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Специализированного совета Д 034.03.01 при Ереванском физическом институте (г. Ереван-36, ул. Маркаряна, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ереванского физического института.

Автореферат разослан " 28 " апреля 1983 г.

Ученый секретарь Специализированного совета

В.А. Шахбазян

I. Общая характеристика работы

Диссертация содержит результаты экспериментального изучения реакции фоторождения нейтральных пионов на ядрах гелия ($\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^0 + {}^4\text{He}$) в области энергий $E = 1,5 - 4,5$ ГэВ и углах вылета π^0 -мезонов $\theta = 2 - 8^\circ$, что соответствует переданным импульсам $t = 0,01 - 0,15$ (ГэВ/с)². Работа выполнена на тормозном пучке Ереванского синхротрона с участием научных групп из ЕрФИ, ФИАН СССР и ОИЯИ.

Актуальность работы. Фоторождение является одним из фундаментальных бинарных процессов. Особенность его состоит в том, что в нем участвуют электромагнитное и сильное взаимодействия. Свойства фотонов хорошо известны, поэтому изучение реакций с участием фотонов и адронов может существенно расширить представления о сильных взаимодействиях. Исследование реакции $\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^0 + {}^4\text{He}$ позволило проверить имевшиеся ранее теоретические предсказания о ходе сечения данной реакции в области высоких энергий, инициировало ряд теоретических работ и представило экспериментальный материал для проверки будущих моделей (основанных, например, на кварковых представлениях).

Метод самоуправляемой гелиевой искровой камеры, разработанный и использованный в данной работе для детектирования ядер отдачи, является вкладом в развитие экспериментальных методов изучения процессов с малыми переданными импульсами. Особенность метода состоит в возможности детектирования ядер отдачи, останавливающихся в газе искровой камеры.

Целью настоящей работы являлось измерение дифференциальных сечений реакции фоторождения π^0 -мезонов на ядрах

гелия ($\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^0 + {}^4\text{He}$) в области энергий $E = 1,5 - 4,5$ ГэВ и углов вылета π^0 -мезонов $\theta = 2 - 8^\circ$.

Детектирование ядер отдачи затруднялось малым значением их кинетической энергии ($T \sim 2 - 20$ МэВ). Известные из научной литературы способы детектирования короткопробежных частиц не соответствовали условиям данной задачи. Целью работы поэтому являлась также разработка нового способа детектирования ядер отдачи, удовлетворяющего условиям настоящей работы.

Автор защищает:

- результаты измерения дифференциальных сечений исследуемого процесса;
- метод регистрации ядер отдачи с помощью самоуправляемой гелиевой искровой камеры. Самоуправляемость обеспечивается путем введения в объем искровой камеры многопроволочного пропорционального счетчика для запуска камеры. Самоуправляемая искровая камера явилась одним из важнейших узлов экспериментальной установки;

- развитие метода нахождения оптических констант с помощью плоской сетки при восстановлении координат в пространстве для случая стереопар, состоящих из неустированных объективов.

Новизна основных результатов диссертации. Полученные в работе результаты являются первыми измерениями сечений для реакции $\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^0 + {}^4\text{He}$ в области высоких энергий. Основываясь на результатах измерений, были получены параметры траектории Радже ω -мезона. При этом из-за специфической особенности ядра гелия (равенство нуля изотопического спина ${}^4\text{He}$) при фитировании теоретических кривых учитывалась траек-

тории только ω -мезона.

Новизна результатов диссертации состоит, кроме того, в способе детектирования ядер отдачи. Применение многопроволочного пропорционального счетчика, встроенного в объем широкозазорной искровой камеры, позволяет использовать камеру одновременно в качестве мишени, счетчика ядер отдачи и как трекового детектора, в котором измеряются как угловые параметры траектории, так и величины остаточных пробегов ядер отдачи.

Пропорциональный счетчик позволяет измерять также ионизационные потери ядра в счетчике.

Научная и практическая ценность работы.

Измеренные в работе сечения реакции получены в не исследованной ранее области энергий.

Данная работа инициировала ряд теоретических работ в ЕРФИ и в ФИАН СССР по вычислению сечений процесса $\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^0 + {}^4\text{He}$.

Разработан новый способ детектирования ядер отдачи, который можно применять и для решения других физических задач. В настоящее время в ЕРФИ проводится эксперимент по изучению Комpton-эффекта на ядрах гелия с использованием аналогичного способа регистрации ядер отдачи.

Развитие метода плоской сетки при определении параметров геометрического восстановления, проведенное в работе, облегчает и упрощает практическую работу по нахождению параметров восстановления, т. к. при этом отпадает необходимость прецизионного измерения позиций сетки в пространстве.

Апробация работы. Основные результаты разных этапов на-

стоящей работы были представлены на семинарах в ФИАН СССР, ЕРФИ и на Сессии Отделения Ядерной Физики в октябре 1981 г. в Москве.

Публикации. По представленным в диссертации материалам автором опубликовано 5 печатных работ. Полный список печатных работ по данной проблеме с участием автора содержит 9 наименований.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и выводов. Объем работы: 133 страницы, в том числе 46 рисунков и 17 таблиц.

II. Содержание работы

Во введении изложена цель работы и приводится перечень задач, которые можно решить при исследовании реакции $\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \gamma^0 + {}^4\text{He}$ в области высоких энергий. Рассматриваются особенности ядра гелия как мишени для изучения фоторождения.

В первой главе рассмотрены основные требования, которым должен удовлетворять детектор ядер отдачи в эксперименте:

- получение сигнального импульса при появлении в мишени сильноионизирующей частицы (самоуправляемость) для формирования управляющего импульса установки,
- измерение угловых параметров ядра отдачи,
- измерение энергии (пробега) ядра отдачи.

Подробно описывается самоуправляемая гелиевая искровая камера, использованная в эксперименте в качестве гелиевой мишени и детектора ядер отдачи одновременно.

Приводится общее описание экспериментальной установки.

Установка состояла из следующих основных элементов (рис. 1):

1. Самоуправляемая искровая камера ИК $_{\alpha}$ для регистрации ядер отдачи, наполненная смесью He + 1,5% CH $_4$. Рабочий газ камеры являлся одновременно и гелиевой мишенью. Самоуправление ИК $_{\alpha}$ обеспечивалось многопроволочным пропорциональным счетчиком М, встроенным в ИК $_{\alpha}$. Ядро отдачи, возникавшее в газе камеры, пересекало на своем пути счетчик М и далее попадало в искровой промежуток камеры. Импульс от счетчика использовался для формирования общего управляющего импульса установки и запуска импульсного высоковольтного генератора, питающего камеру. Порог счетчика соответствовал регистрации ядер отдачи с кинетической энергией $T_{\alpha} < 25$ МэВ.

2. Черенковские счетчики полного поглощения \check{C}_1, \check{C}_2 из свинцового стекла ТФ-1, предназначенные для измерения энергии распадных фотонов. Площадь лицевой поверхности каждого счетчика составляла 50×50 см 2 при глубине 30 см (12,2 рад. ед.). Радиатор просматривался девятью фотоумножителями ФЭУ-49 с коэффициентом перекрытия площади стекол $\approx 60\%$. Пороги энерговыделений в эксперименте устанавливались по 0,5 ГэВ для каждого счетчика.

3. Телескопы из сцинтилляционных счетчиков $S_{\gamma-3}, S_{\gamma-6}$ для выделения электронно-фотонных ливней, родившихся от распадных фотонов. Каждый счетчик (размерами $55 \times 55 \times 2$ см 3) просматривался двумя фотоумножителями ФЭУ-30. Пороги счетчиков соответствовали отбору каждым телескопом ливней с числом заряженных частиц ≥ 2 . Эффективность регистрации двух заряженных частиц составляла 99,7%.

4. Искровые камеры ИК $_{\gamma}$ для регистрации электронно-фо-

тонных ливней. Камеры изготовлены из стекла, а электроды - из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Рабочий газ камеры - смесь He + 0,02% фреона-12. Время памяти составляло 7 - 10 мксек. Для увеличения эффективности регистрации γ -квантов искровые камеры были прослоены свинцовыми конверторами К толщиной по 3 мм.

В качестве триггера использовался сигнал совпадения $S_{1-6} M \check{C}_{1-2}$.

Запуск установки осуществлялся с общей временной задержкой $\approx 1,5$ мксек с последующей блокировкой установки на время $\approx 2,2$ сек.

Аппаратура позволяла непосредственно измерять следующие параметры:

1. R_{α} - пробег (энергия) ядра отдачи,
 2. φ_{α} - азимутальный угол вылета ядра отдачи,
 3. θ_{α} - полярный угол вылета ядра отдачи,
 4. $\Delta E/\Delta X$ - ионизационные потери ядра отдачи в М,
 5. Координаты точки взаимодействия первичного фотона с ядром мишени,
 6. Координаты точек конверсии распадных фотонов,
 7. E_1, E_2 - энерговыделения распадных фотонов в \check{C}_1, \check{C}_2 .
- Этот набор измеряемых переменных позволял однозначно идентифицировать события, а также определять энергию первичного фотона и угол вылета π^0 -мезона.

Во второй главе описывается математическая программа восстановления событий в пространстве, использовавшаяся в эксперименте, для случая стереопар, состоявших из двух автономных фоторегистраторов РЖ-5. С помощью стереопар фотографировались

искровые камеры ИК $_{\alpha}$ и ИК $_{\gamma}$ (рис. 1). Программа является развитием метода нахождения параметров восстановления с помощью плоской сетки. Особенностью программы является то, что при нахождении параметров восстановления не используются данные о различных положениях сетки в пространстве. Схема определения параметров восстановления предусматривает фотографирование плоской сетки в двух (или более) различных положениях в пространстве. Показано, что использование лишь информации о координатах сетки в ее собственной системе координат и фокусного расстояния объективов стереопары достаточно для нахождения параметров, необходимых для восстановления координат точки в пространстве по ее стереокоординатам на пленках фоторегистраторов.

Поиск параметров восстановления производится посредством последовательного проведения двух типов итерационных процедур. Итерационная процедура первого типа определяет параметры, необходимые для отображения плоскости изображения каждой проекции стереокадра на плоскость некоторой произвольно выбранной позиции сетки. Итерационная процедура второго типа, используя обе позиции сетки, находит затем параметры, описывающие геометрическое расположение каждого объектива стереопары в системе координат выбранной позиции сетки в пространстве. Одновременно эта же итерационная процедура определяет параметры, описывающие расположение двух позиций сетки друг относительно друга (три угла Эйлера и три координаты вектора сдвига). Эти параметры можно использовать в качестве контрольных параметров, если они известны.

В третьей главе представлены результаты моделирования эксперимента на ЭВМ. С помощью моделирования решались следующие

задачи:

- поиск оптимального геометрического взаиморасположения отдельных узлов установки и первичного пучка фотонов,
- изучение различных вариантов программ обработки экспериментальных данных,
- расчет геометрической эффективности установки,
- определение ошибок вычисления энергии первичного фотона и угла вылета π^0 -мезона (непосредственно в опыте не измерявшихся).

Моделирование проводилось методом Монте-Карло.

При поиске оптимального расположения установки область изменения геометрических параметров разбивалась на ячейки, и для каждой ячейки вычислялась интегральная геометрическая эффективность с учетом теоретических значений сечения исследуемого процесса и энергетического спектра пучка первичных фотонов. В качестве оптимальных значений геометрических параметров были приняты такие, при которых интегральная эффективность имела максимальное значение.

Экспериментальная установка давала возможность получать большее число параметров, чем это было необходимо для описания кинематики исследуемых событий. Поэтому для кинематической идентификации событий был применен обобщенный метод наименьших квадратов (по χ^2) с использованием уравнений связи между параметрами. Были исследованы различные варианты использования уравнений связи (законов сохранения, связи между энергией и пробегом ядра отдачи, связи между энергией и ионизирующей способностью ядра отдачи).

Энергия первичного фотона E и угол вылета π^0 -мезона

непосредственно в детекторах не измерялись. Они вычислялись в процессе обработки данных. Ошибки определения этих параметров были найдены методом Монте-Карло для всех интервалов разбиения энергии E и угла вылета θ . Характерные ошибки определения энергии первичного фотона составляли $\delta E = 0,3$ ГэВ, угла вылета π^0 -мезонов $\delta \theta = 0,2^\circ$.

Расчет геометрической эффективности установки был проведен с учетом перемещения части событий из одного интервала энергий E и углов вылета π^0 -мезонов θ в другой из-за экспериментальных ошибок. Учет перемещений был необходим, т. к. экспериментальные ошибки измерения параметров сравнимы в данном эксперименте с интервалами их разбиения (интервалы разбиения: $\Delta E = 1$ ГэВ, $\Delta \theta = 1^\circ$). Количество перемещающихся событий зависит от вида дифференциального сечения и энергетического спектра пучка.

В четвертой главе подробно описывается последовательность обработки экспериментальных данных. Вся информация, относившаяся индивидуально к каждому событию, за исключением показаний квантометра, фотографировалась во время экспозиции экспериментальной установки на аэрофотопленку. Показания квантометра при обработке данных восстанавливались по рабочему журналу. Всего было снято 14 185 случаев. Из них в качестве кандидатов для последующей обработки было отобрано 910 событий, удовлетворяющих следующим условиям,

- наличие в ИК α хотя бы одного трека заряженной частицы,
 - наличие в ИК γ хотя бы двух ливней заряженных частиц.
- Ливнем считался пучок треков заряженных частиц, который прослеживался в искровых камерах ИК γ от места его возникновения

до выхода из системы камер ИК_γ без видимых разрывов пучка (но не разрывов треков отдельных частиц). Число видимых треков в пучке требовалось ≥ 1 .

Информация с фотопленок обрабатывалась на цифровых полуавтоматах с ценой деления 5 мкм и переносилась на магнитную ленту для последующей обработки на ЭВМ. На магнитную ленту записывалась следующая информация:

- номер пленки и номер кадра,
- координаты центров реперных крестов,
- на каждой проекции ИК_α измерялись координаты четырех точек на изображении трека ядра отдачи, причем две точки соответствовали началу и концу трека в искровом промежутке,
- координаты точек конверсии распадных фотонов в ИК_γ; за точку конверсии принималась видимая вершина ливня,
- коды энерговыделений в черенковских счетчиках \check{C}_1, \check{C}_2 ,
- код ионизационных потерь ядра отдачи в многопроволочном пропорциональном счетчике.

В случае, если число треков в ИК_α было > 1 или число ливней в ИК_γ было > 2 , записывались координаты всех треков в ИК_α и всех вершин в ИК_γ с тем, чтобы была возможность перебора различных комбинаций переменных и выбора наилучшего варианта, руководствуясь критерием χ^2 .

После отбора и обмера информации на цифровых полуавтоматах проводилась обработка данных на ЭВМ (БЭСМ-6) по следующей схеме:

- восстановление координат треков ядер отдачи в ИК_α,
- координат вершин ливней в ИК_γ и декодирование энерговыделений в \check{C}_1, \check{C}_2 ,

- отбор по условию попадания треков ядер отдачи и вершин ливней в эффективные области детекторов (геометрический отбор) и пороговый отбор по энерговыделениям в \check{C}_1, \check{C}_2 (пороги энерговыделений принимались равными 0,6 ГэВ),

... и отбор по величине χ^2 ; число степеней свободы экспериментального распределения χ^2 (см. рис. 2) было равно 2 (в качестве уравнений связи использовались три закона сохранения импульса). Обрезание по χ^2 при отборе событий было выбрано на уровне $\chi^2_{обр} = 10$. Сплошной линией на рис. 2 показано теоретическое распределение χ^2 с числом степеней свободы, равным 2, нормированное на 283 события, которые остаются при выбранном обрезании по χ^2 на уровне 10. Наблюдается соответствие экспериментального распределения с теоретическим в области $\chi^2 < 10$. В области $\chi^2 > 10$ экспериментальное распределение принимает приблизительно равномерный характер, не согласующийся с теоретическим распределением. Экспериментальное распределение, следовательно, можно представить в виде суммы двух типов распределений: экспоненциальное (теоретическое) + равномерное; причем вклад равномерного распределения в полное число событий в области $\chi^2 < 10$ существенно меньше вклада экспоненциального. Экспоненциальная составляющая экспериментального распределения была отнесена к исследуемой реакции, а равномерное распределение - к фону, обусловленному случайными совпадениями,

- составление матрицы событий по энергии первичного фотона E и угла вылета π^0 -мезона θ (интервалы разбиения: $\Delta E = 1$ ГэВ, $\Delta \theta = 1^\circ$),

- оценка эффективностей узлов установки и систематических

ошибок. Полная эффективность без учета геометрической эффективности составляла $\epsilon = 0,12 \pm 0,02$,

- определение дифференциальных сечений,
- объединение результатов измерений с результатами предыдущей серии измерений, выполненных на этой же установке. При объединении использовались интегральные сечения, полученные в двух сериях, и учитывались их систематические ошибки. Статистические ошибки определялись полным числом событий, входящих в матрицу событий. Так как статистические ошибки интегральных сечений были существенно меньше, чем систематические, они при объединении не учитывались.

На рис. 3 приведены полученные дифференциальные сечения исследуемого процесса. Там же показаны расчетные значения сечений. Систематические ошибки составляют 20%.

Для обоих значений относительных знаков кулоновской и ядерной частей амплитуды была проведена подгонка теоретических кривых, основанных на модели Редже, в импульсном приближении с учетом одной лишь ω -траектории к экспериментальным данным.

Полученные значения параметров согласуются с данными, полученными при изучении фоторождения \mathcal{N}^0 -мезонов на протонах.

При оценке фона вклад равномерного распределения по γ^2 был отнесен к фону, обусловленному случайными совпадениями. Вклад случайных совпадений был оценен по хвосту распределения и составил 4 - 5%.

Для оценки вклада физического фона были рассмотрены следующие реакции:

- различные варианты неупругого фоторождения \mathcal{N}^0 -мезонов

с развалом ядра гелия,

- упругое фоторождение ρ, ω, ρ -мезонов с последующим их распадом с участием \mathcal{N}^0 -мезонов.

Для каждой рассмотренной реакции было разыграно методом Монте-Карло по 10 000 событий с последующей попыткой интерпретировать их как случаи упругого фоторождения \mathcal{N}^0 -мезонов на гелии. В предположении, что сечения рассматриваемых фоновых реакций имеют величины того же порядка, что и сечения полезной реакции, вклад физического фона был оценен $< 1\%$. Аналогичные вычисления, проведенные для упругого и неупругого фоторождения \mathcal{N}^0 -мезонов на углероде, входящем в состав рабочего газа детектора ядер отдачи, величину этой оценки не изменили.

В заклучении приводятся основные итоги работы:

1. Предложен и реализован гелиевый искровой детектор с самозапуском от многопроволочного пропорционального счетчика, встроенного в детектор. Детектор предназначен для регистрации короткопробежных заряженных частиц (ядер отдачи) с пробегом ≥ 2 см в газообразном гелии. Кроме угловых параметров траектории ядра отдачи с помощью детектора можно измерить пробег ядра и величину ионизационных потерь $\Delta E/\Delta X$. Исследована возможность измерения величин пробегов α -частиц в детекторе, показано соответствие пробегов и ионизационных потерь кинетическим энергиям α -частиц. Детектор исследован на пучке фотонов интенсивностью до 5×10^8 экв. \mathcal{T} /сек, показана возможность его использования для изучения реакции при переданных импульсах $t \approx 0,01 - 0,15$ (ГэВ/с)² с наблюдением ядер отдачи на пучках как нейтральных так и заряженных частиц.

2. Развита методика нахождения параметров восстановления

(с использованием плоской сетки) геометрических координат в пространстве для случая нехстированных стереопар, состоящих из автономных фоторегистраторов. Показано, что без измерения параметров, описывающих положение сетки в пространстве, можно получить оптические константы для использования в программе восстановления. Написана и использована в работе математическая программа восстановления координат. В эксперименте полные ошибки восстановления координат в пространстве (включая ошибки, вносимые искровыми камерами), составили 1 - 2 мм для фронтальных координат и 5 - 10 мм для глубинных.

3. Методом Монте-Карло получены данные об оптимальном геометрическом расположении узлов экспериментальной установки; вычислена геометрическая эффективность установки. Характерная величина эффективности составляет $\varepsilon \approx 2\%$.

4. Адаптирован к условиям данной работы обобщенный метод наименьших квадратов с использованием уравнений связи для отбора событий. Написана и использована в работе математическая программа обработки экспериментальных данных.

5. Методом Монте-Карло вычислены ошибки определения энергии E первичного фотона и угла вылета \mathcal{L}^0 -мезона θ ; $\Delta E = 0,3$ ГэВ; $\Delta \theta = 0,2^\circ$.

6. Получены дифференциальные сечения реакции $\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \mathcal{L}^0 + {}^4\text{He}$ в области энергий $E = 1,5 - 4,5$ ГэВ и углов вылета \mathcal{L}^0 -мезонов $\theta = 2 - 8^\circ$. Проведено сравнение измеренных данных с результатами теоретических расчетов.

7. Методом Монте-Карло проведена оценка вклада фоновых реакций в измеренные значения сечений. Физический фон составил $< 1\%$. Оценка фона случайных совпадений дала величину $\approx 5\%$.

8. Посредством фитирования теоретических кривых, основанных на модели Редже, в импульсном приближении получены параметра траектории ω -мезона: $\alpha'_\omega = (0,33 \pm 0,15) + (1,00 \pm 0,35)t$

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих печатных работах:

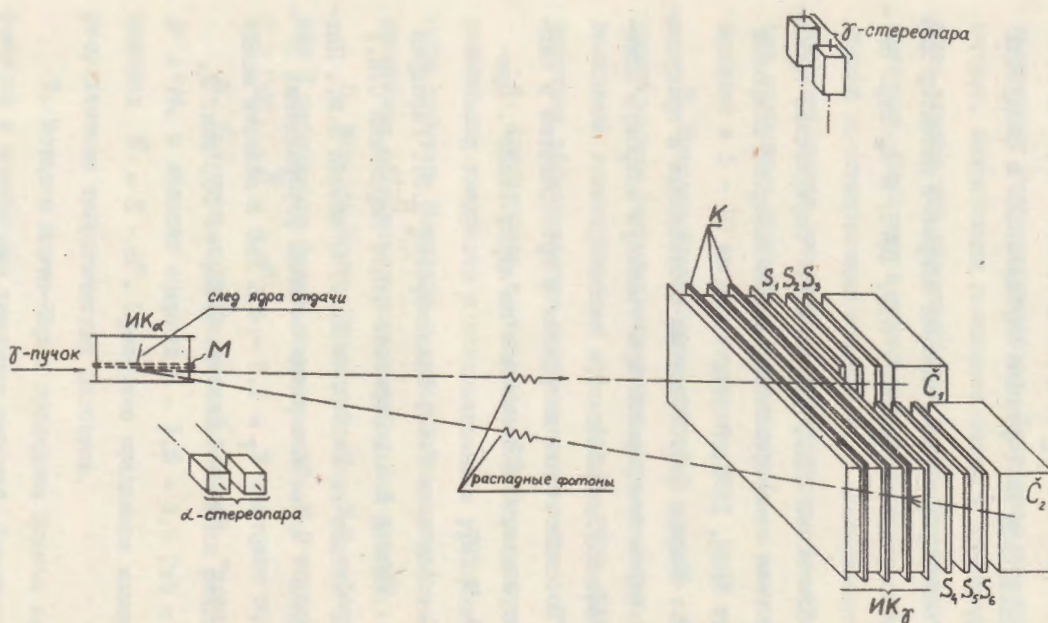
1. Какмов Ф.Ф. "Самоуправляемый гелиевый искровой детектор для регистрации короткопробежных частиц". ПТЭ, 1975, № 2, стр. 69 - 70.

2. Гринев Д.И., Каменский А.Д., Какмов Ф.Ф. "Определение пробега α -частиц в газе самоуправляемой широкоазорной искровой камеры". Препринт ФИАН, 1976, № 194.

3. Каменский А.Д., Какмов Ф.Ф. "Система составления и пропуска смеси газов через самоуправляемую гелиевую искровую камеру". Препринт ФИАН, 1975, № 104.

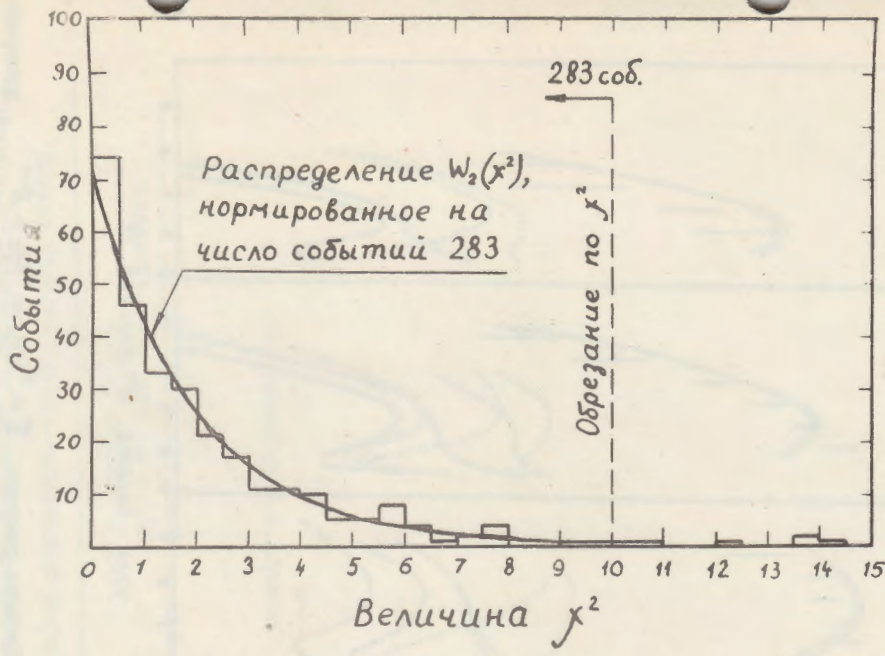
4. Какмов Ф.Ф. "Восстановление координат в пространстве в эксперименте по фоторождению \mathcal{L}^0 -мезонов на ядрах гелия". Препринт ФИАН, 1979, № 197.

5. Алексанян А.С., Асатиани Т.Л., Владимирский Н.В., Гаспарян А.О., Дайон М.И., Иванов В.А., Караваев С.П., Карпетян С.Н., Какмов Ф.Ф., Меграбян Г.К., Налбандян Н.А., Оганесян Э.М., Пихтелев Р.Н., Раппопорт В.М. "Измерение сечения фоторождения \mathcal{L}^0 -мезонов на ${}^4\text{He}$ при энергиях $E_\gamma = 1,5 - 4,5$ ГэВ в области малых переданных импульсов". Ядерная физика, 1982, т. 35, вып. 2, стр. 368 - 372.



- 18 -

Рис. 1. Схема экспериментальной установки. ИК_α - детектор ядер отдачи ;
 М - многопроволочный пропорциональный счетчик ; К - свинцовые конверторы ;
 S₁ - 3, S₄ - 6 - сцинтилляционные счетчики ; ИК_γ - ливневые искровые
 камеры ; Ч₁, Ч₂ - черенковские счетчики полного поглощения.



- 19 -

Рис. 2. Распределение χ^2 в эксперименте. $W_2(\chi^2)$ - стандартное
 теоретическое распределение величины χ^2 с числом степеней свободы,
 равным 2.

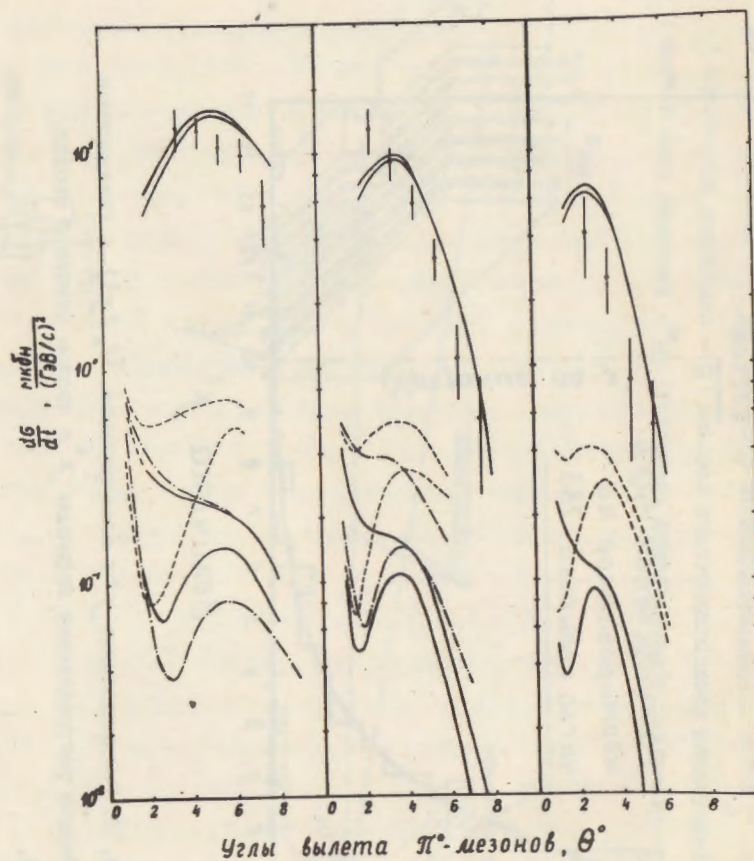


Рис. 3. Сечения реакции $\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + \pi^0$, измеренные в данной работе. Показаны также результаты расчетов, полученные в различных теоретических работах. Расчеты проведены как для положительной, так и для отрицательной интерференции ядерной и кулоновской частей амплитуды.

Тех редактор А.С.Абрамян

Заказ 107

Т - 66459

Тираж 170

Подписано к печати 8.02.83г.

формат издания 60x84/16

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван 36, Маршаряна 2