

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОС. КОМИТЕТА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

УДК. 539.12: 539.124.164: 539.172.3

На правах рукописи

ЭЛБАКЯН ГАРЕГИН МКРТЧЬЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИММЕТРИИ СЕЧЕНИЯ ФОТОРОЖДЕНИЯ
 π^0 - МЕЗОНОВ НА ВОДОРОДЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ
ФОТОНАМИ

Специальность: 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 - 1984

Работа выполнена в Ереванском физическом институте

Научные руководители: доктор физико-математических наук

Авакян Р.О.

кандидат физико-математических наук Петросян И.В.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук Асатрян Т.Л.

доктор физико-математических наук Колесников Л.Я. (УФТИ)

Ведущая организация: НИИ ЯФ при Томском политехническом институте.

Защита состоится "___" _____ 1984 г. в _____

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 "___" _____ 1984 г.

Ученый секретарь Специализированного совета

В.А. Шахбазян } В.А. Шахбазян

Актуальность работы. Изучение процессов фоторождения псевдоскалярных мезонов в резонансной области энергий является важным источником сведений об электромагнитных свойствах адронов.

В рассматриваемой области энергий доминирующий вклад в сечение процесса фоторождения псевдоскалярных мезонов дает механизм возбуждения нуклонных резонансов. Для определения характеристик этих резонансов и их вкладов в амплитуду реакции проводятся феноменологические анализы экспериментальных данных. Характеристики резонансов и, в первую очередь, амплитуды радиационных переходов вычисляются в различных моделях элементарных частиц. Сравнение значений амплитуд, полученных из анализов экспериментальных данных, с предсказаниями теории позволяет выбрать ту или иную конкретную модель элементарных частиц.

При сравнении значений амплитуд переходов резонансов, полученных с помощью различных феноменологических анализов экспериментальных данных, наблюдается их расхождение, особенно для малых значений амплитуд переходов в области III и IV резонансов. Для разрешения этих неопределенностей и уточнения значений амплитуд необходимо проведение дополнительных исследований процессов фоторождения псевдоскалярных мезонов.

Из сказанного вытекает актуальность экспериментального исследования фоторождения нейтральных псевдоскалярных мезонов, в частности исследование асимметрии сечения $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ с поляризованными фотонами на водороде, в области III и IV резонансов.

Экспериментальное исследование процессов фоторождения проводится с помощью пучка поляризованных квазимонохроматических фотонов на установках содержащие сцинтилляционные детекторы, спектрометры полного поглощения на основе кристаллов $NaI(Tl)$.

проволочные искровые или пропорциональные камеры и т.д. Съём данных с этих установок в цифровой форме, передача и накопление их на ЭВМ позволяет обрабатывать эти экспериментальные данные и получить конечные результаты экспериментальных исследований.

Создание спектрометров полного поглощения на основе больших кристаллов $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$ для регистрации и измерения энергии электронов и гамма квантов в широкой энергетической области также является актуальной проблемой, решение которой требует специальных исследований с целью учёта особенностей используемых кристаллов и состава аппаратуры конкретной установки.

Состояние исследуемого вопроса и цели работы. В экспериментальном отношении исследование этих процессов сводится к измерению определённого набора наблюдаемых величин для каждого зарядового канала. В этот набор наряду с дифференциальными сечениями $d\sigma/d\Omega$ реакции с неполяризованными начальными частицами входят различные поляризационные наблюдаемые величины, характеризующие процессы с выделенными направлениями спинов начальных или конечных частиц. К простым поляризованным наблюдаемым относятся асимметрия сечения на поляризованных фотонах - Σ , поляризация нуклона отдачи - P и асимметрия сечения на поляризованных нуклонах - T .

К началу наших исследований наиболее полная информация по фоторождению нейтральных псевдоскалярных мезонов в области III и IV резонансов накоплена по дифференциальным сечениям, которые измерены с большой точностью и в широком интервале углов и энергий. Однако ощущается нехватка информации по поляризацион-

ным наблюдаемым величинам Σ, P, T .

Создание на Брванском синхротроне с энергией 5 ГэВ линейно-поляризованного монохроматического пучка фотонов позволило провести ряд экспериментов по измерению асимметрии сечения фоторождения π^0 - мезонов на водороде.

Основная цель настоящей работы заключается в следующем:

1. Разработка и создание спектрометров полного поглощения на основе кристаллов $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$ для регистрации и измерения энергии гамма-квантов и электронов высоких энергий.

2. Исследование амплитудных и временных характеристик кристаллов $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$ в широкой энергетической области ($E=20-3500\text{MeV}$).

3. Создание экспериментальных установок для исследования асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ с поляризованными фотонами в области энергии фотонов в л.с. $E_\gamma=(0,7 + 1,3)$ ГэВ и углов вылета π^0 - мезонов $40^\circ-65^\circ$ в с.ц.м.

4. Получении пучка поляризованных фотонов для экспериментов по фоторождению и измерению степени его поляризации.

5. Получении экспериментальных данных о величине асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ в области углов вылета π^0 - мезонов $40^\circ-65^\circ$ в с.ц.м. и энергии $E_\gamma=(0,7 + 1,3)$ ГэВ.

6. Проведение сравнений полученных экспериментально энергетических и угловых зависимостей величины асимметрии с предсказаниями различных теоретических анализов.

Научная новизна работы. Получен пучок поляризованных квази-монохроматических фотонов для экспериментов по фоторождению и измерению степени его поляризации. Разработаны и созданы спектрометры полного поглощения на основе больших кристаллов $NaJ(Te)$

и $CsJ(\gamma e)$, отечественного производства, для регистрации и измерения энергии электронов и гамма квантов высоких энергий. Впервые были исследованы их амплитудные и временные характеристики в широкой энергетической области (от 20 МэВ до 3500 МэВ). Новизна этой работы не исчерпывается использованием данных спектрометров только в экспериментах по фоторождению. В процессе выполнения этой работы показана возможность использования спектрометров полного поглощения на основе кристаллов $NaJ(\gamma e)$ и $CsJ(\gamma e)$ в различных экспериментах.

Впервые были получены экспериментальные данные по асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ с поляризованными фотонами в области III и IV резонансов для углов вылета π^0 - мезона в с.ц.м. 40° , 50° , 60° и 65° .

Научная и практическая значимость работы. Практическая значимость созданного пучка поляризованных квазимонохроматических фотонов [1,2] состоит, в частности, в использовании его для проведения экспериментов по измерению поляризационных наблюдаемых величин в реакциях фоторождения.

Созданные спектрометры полного поглощения на основе больших кристаллов $NaJ(\gamma e)$ и $CsJ(\gamma e)$ [3-6] использовались для регистрации гамма квантов от распада π^0 - мезона в экспериментах по измерению величины асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ для углов вылета π^0 - мезона в с.ц.м. 40° - 65° в области III и IV резонансов [7-9], поляризации протона отдачи в реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ при угле вылета π^0 - мезона 60° в с.ц.м. [10], а также для регистрации и измерения энергии гамма квантов тормозного излучения в эксперименте по изучению взаимодействия электронов высоких энергий с кристаллической мишенью [11].

Полученные данные о асимметрии сечения фоторождения π^0 - мезонов поляризованными фотонами [12-14] составляют в настоящее время основной объем экспериментальной информации в области III и IV резонансов.

Новые экспериментальные данные могут быть использованы в феноменологических анализах фоторождения π^0 - мезонов. Они, в частности, были использованы в анализе реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ проведенном в ЕРФИ Азнаурян И.Г. и др.

Разработанная экспериментальная методика определения величины асимметрии сечения фоторождения π^0 - мезонов может быть применена и в других подобных измерениях.

Апробация работы и публикации. Основные материалы диссертации опубликованы в 14 научных работах, представлялись и докладывались на международной конференции по физике высоких энергий (Тбилиси, 1976 г.), на международном Балатонском симпозиуме по последним достижениям в физике высоких энергий, а также на ежегодных Сессиях отделения ядерной физики АН СССР.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложения. Содержит 121 страницу машинописного текста, 35 рисунков, 7 таблиц и список цитируемой литературы в 118 наименованиях.

Содержание работы. В введении кратко изложено современное состояние исследований по фоторождению псевдоскалярных мезонов на нуклонах в резонансной области энергий. Приведены различные типы феноменологических анализов экспериментальных данных и обзор экспериментальных работ по измерению асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ с поляризованными фотонами.

Показывается актуальность проведения экспериментальных из-

мерений поляризационных наблюдаемых величины в реакциях фоторождения нейтральных псевдоскалярных мезонов в области III и IV резонансов.

В первой главе. Описывается создание спектрометров полного поглощения на основе больших кристаллов $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$, отечественного производства, для регистрации и измерения энергии гамма квантов и электронов высоких энергий. Отмечаются их преимущества и недостатки по сравнению с другими спектрометрами полного поглощения. Приводятся результаты исследований амплитудных и временных характеристик спектрометров на основе различных кристаллов $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$ в широкой энергетической области (от 20 МэВ до 3500 МэВ) на калибровочных пучках электронов [3,4]. Так как исследуемые кристаллы $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$ "медленные", т.е. имеют время высвечивания ≈ 250 нс, то при совместной работе их с детекторами на основе пластического сцинтиллятора возникают определенные трудности, связанные с уходом величины средней задержки совпадательного сигнала от этих детекторов в зависимости от энергии регистрируемых частиц. Приведено описание некоторых методов позволяющих улучшить временное разрешение используемых установок. [4,6,II].

Показана возможность использования спектрометра полного поглощения на основе прямоугольного кристалла $NaJ(Te)$, размерами $130 \times 130 \times 300$ мм³ для регистрации и измерения энергии гамма квантов тормозного излучения в экспериментах по изучению взаимодействия электронов высоких энергий с монокристаллической мишенью и его преимущества, по сравнению, с ранее применяемой методикой с использованием парного магнитного спектрометра [II].

Приведены результаты расчета основных параметров спектро-

метров полного поглощения (энергетическое разрешение, эффективность регистрации и т.д.) в зависимости от типа регистрируемой частицы (электрон или фотон) и энергии, проведенного по методу Монте-Карло и сравнение их с экспериментальными результатами.

Во второй главе. Описывается создание пучка квазимонохроматических фотонов с взаимно перпендикулярными векторами поляризации, используя метод когерентного тормозного излучения электронов с энергией 4,6 ГэВ на кристалле алмаза [2], а также экспериментальное измерение степени его линейной поляризации [I].

Приводится описание комплекса экспериментальных установок, созданных для измерения асимметрии сечения реакции фоторождения π^0 -мезона поляризованными фотонами [7-10]. Так как для идентификации двухчастичной реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ была использована сравнительно простая методика, основанная на регистрации протона отдачи в совпадении с распадным гамма квантом от π^0 -мезона, то все установки состояли из двух плеч. Протонное плечо служило для регистрации и выделения протона отдачи с определенной энергией и состояло из пробного спектрометра, блока искровых или пропорциональных камер и набора поглотителей. Для отделения протонов от сопутствующих π^{\pm} мезонов использовались счетчики dE/dx .

Пионное плечо служило для регистрации фотонов от распада π^0 -мезона и представляло из себя различного типа спектрометр полного поглощения на основе кристаллов $NaJ(Te)$.

В третьей главе. Описывается процедура измерений и результаты экспериментов. Процедура эксперимента состояла из двух основных этапов: настройки экспериментального оборудования, про-

верки правильности отбора интервала энергий начальных фотонов установкой и перехода к набору статистики. Для оценки фоновых процессов, наряду с основными измерениями, проводились и измерения с нарушенной кинематикой, а также с пустой мишенью.

В результате проведенных экспериментов по измерению асимметрии сечения фоторождения π^0 -мезонов определялись выходы σ_{\perp} и σ_{\parallel} рождения π^0 -мезона фотонами с вектором поляризации перпендикулярным и параллельным плоскости реакции.

При этом асимметрия определялась по формуле

$$\bar{P}_y = \frac{1}{P_x} \frac{\sigma_{\perp} - \sigma_{\parallel}}{\sigma_{\perp} + \sigma_{\parallel}}$$

где \bar{P}_y - эффективная поляризация фотонного пучка, одинаковая для обеих ориентаций вектора поляризации и усредненная по области энергии фотонов "охватываемой" экспериментальной установкой.

Получена энергетическая и угловая зависимость асимметрии сечения реакции фоторождения π^0 -мезона для углов вылета π^0 -мезона 40° - 65° в с.п.м. [12-14]. Так как для угла рождения π^0 -мезона 65° в с.п.м. экспериментальные данные охватывали область углов рождения π^0 -мезона в с.п.м. равную $\theta_{\pi^0}^* = \pm 4^{\circ}$ относительно среднего значения $\theta_{\pi^0}^*$, то для более строгого сравнения экспериментальных и теоретических значений величины асимметрии статистика нами была разбита на три части: для углов $= 62,6 \pm 1,3^{\circ}$, $65,2 \pm 1,3^{\circ}$ и $67,8 \pm 1,3^{\circ}$.

Полученные данные сравнивались с предсказаниями феноменологических анализов Меткалфа-Волкера, Феллера и др., Азнаурян и др. Результаты теоретических предсказаний были усреднены по энергетической области, соответствующей точности определения энергии первичного фотона и по угловому охвату для каждого эксперимента.

Наблюдается удовлетворительное согласие наших результатов с предсказаниями мультипольных анализов Феллера и др. и Азнаурян и др.

В приложении. Описывается процедура расчёта электронно-фотонных ливней по методу Монте-Карло.

Заключение. В настоящей работе выполнено экспериментальное исследование процессов фоторождения π^0 -мезонов поляризованными фотонами в области III и IV резонансов, получены данные по асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$.

Основные результаты настоящей работы заключаются в следующем:

1. Разработка и создание спектрометров полного поглощения на основе кристаллов $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$, отечественного производства, для регистрации и измерения энергии гамма квантов и электронов высоких энергий.
2. Исследования амплитудных и временных характеристик кристаллов $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$ в широкой энергетической области ($E = 20 - 3500$ МэВ).
3. Создании годоскопической системы счетчиков полного поглощения на основе кристаллов $NaJ(Te)$.
4. Получении пучка поляризованных фотонов для экспериментов по фоторождению и измерению степени его поляризации.
5. Создании экспериментальных установок для измерения асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ с поляризованными фотонами в области энергий фотонов в л.с. $E_{\gamma} = (0,7 - 1,38)$ ГэВ и диапазоне углов $\theta_{\pi^0}^* = (40 - 65)^{\circ}$ в с.п.м.
6. Получении экспериментальных результатов о величине асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ в интервале углов $\theta_{\pi^0}^* = (40 - 65)^{\circ}$

в с.д.м. и энергий $E_\gamma = (0,7-I,38)$ ГэВ. И сравнения экспериментальных данных с результатами теоретических анализов.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Авакян Р.О., Армаганян А.А., Арутюнян Л.Г., Вартапетян Г.А., Исхандарян А.Г., Мирзоян Р.М., Элбакян Г.М. Измерение поляризации фотонного пучка ереванского электронного ускорителя.- Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1974, Т.9, с.252-255
2. Авакян Р.О., Армаганян А.А., Арутюнян Л.Г., Вартапетян Г.А., Мирзоян Р.М., Саркисян Р.Ц., Тароян С.П., Элбакян Г.М.- Получение фотонных пучков со взаимно перпендикулярными векторами поляризации одинаковой интенсивности и с одинаковой степенью поляризации.- Изв. АН Арм ССР, Физика, 1975, т.10, с. 61-63.
3. Авакян Р.О., Аветисян А.Э., Бахшецян Р.А., Вартапетян Г.А., Гиндоян С.Г., Тароян С.П., Хуршудян Л.С., Элбакян Г.М., Мирзоян Р.М. Энергетическое разрешение сцинтилляционного счетчика на основе большого кристалла $NaJ(Tl)$.- ПТЭ, 1976, № 1, с. 46-47.
4. Авакян Р.О., Аветисян А.Э., Бахшецян Р.А., Вартапетян Г.А., Гиндоян С.Г., Данагулян С.С., Косаков И.Х., Мирзоян Р.М., Оганесян А.А., Петросян Ж.В., Саркисян Р.Ц., Тароян С.П., Элбакян Г.М. Исследование амплитудных и временных характеристик спектрометра полного поглощения на основе кристалла $NaJ(Tl)$.- Ереван, 1977, Препринт ЕФИ-223(15), 14 с.
5. Авакян Р.О., Аветисян А.Э., Вартапетян Г.А., Данагулян С.С., Еганов В.С., Косаков И.Х., Марукян Г.О., Мирзоян Р.М., Оганесян А.А., Петросян Ж.В., Тароян С.П., Элбакян

- Г.М. Аппаратура для регистрации электронов и гамма-квантов (АРЭГак) на основе кристаллов $NaJ(Te)$. - Изв. АН Арм ССР Физика, 1979, т.14, с.50-53.
6. Данагулян С.С., Элбакян Г.М., Адипцев Ю.Н., Курков А.А. Использование больших кристаллов $NaJ(Te)$ и $CsJ(Te)$ для измерения энергии электронов в широкой энергетической области. - Ереван, 1983, Препринт ЕФИ-620(10), 14 с.
7. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э., Акопов Н.З., Бахшеян Р.А., Гиндоян С.Г., Данагулян С.С., Косаков И.Х., Мирзоян Р.М., Оганесян А.А., Оганесян М.А., Тароян С.П., Петросян Ж.В., Саркисян Р.Ц., Рушания Г.Б., Элбакян Г.М. Двухплечевая установка для исследования фоторождения π^0 и ρ^0 мезонов поляризованными фотонами. - Ереван, 1976, Препринт ЕФИ-202(48), 23 с.
8. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э., Акопов Н.З., Армаганиян А.А., Гиндоян С.Г., Данагулян С.С., Еганов В.С., Косаков И.Х., Марукян Г.О., Мирзоян Р.М., Оганесян А.А., Оганесян М.А., Петросян Ж.В., Рушания Г.Б., Саркисян Р.Ц., Схторян Е.М., Тароян С.П., Элбакян Г.М. Экспериментальная установка для измерения реакции фоторождения на водороде и ядрах. - Ереван, 1979, Препринт ЕФИ-341(66), 11 с.
9. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э., Акопов Н.З., Армаганиян А.А., Гарибян Ю.А., Гиндоян С.Г., Данагулян С.С., Еганов В.С., Косаков И.Х., Марукян Г.О., Мирзоян Р.М., Оганесян А.А., Оганесян М.А., Петросян Ж.В., Саркисян Р.Ц., Схторян Е.М., Тароян С.П., Элбакян Г.М. Экспериментальная установка для измерения поляризации протонов в реакциях фоторождения. - Ереван, 1981 г. Препринт ЕФИ -

10. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э., Агабабян К.Ш., Айвазян Р.Б., Арестакесян Г.А., Арутюнян М.А., Асатрян Р.А., Бартиян М.В., Гарибян Ю.А., Гиндоян С.Г., Еганов В.С., Кордонский М.С., Косаков И.Х., Марукян Г.О., Матевосян Э.М., Мелрабян М.А., Мирзоян Р.М., Нанасян А.С., Оганесян А.А., Оганесян М.А., Петросян Ж.В., Прохоренко И.П., Саркисян Р.Ц., Сукмасын Ю.З., Схторян Е.М., Торосян С.А., Шхляров К.К., Элбакян Г.М. Установка для измерения поляризационных параметров в реакции фоторождения π^0 - мезона. Ереван, 1983, Препринт ЕФИ-623(13), 19 с.
11. Авакян Р.О., Аветисян А.Э., Авдалян Г.А., Агаронян А.В., Армаганиян А.А., Данагулян С.С., Тароян С.П., Элбакян Г.М., Сукмасын Ю.З. Использование больших кристаллов $NaJ(Te)$ для измерения спектра тормозного излучения электронов высоких энергий. Ереван, 1984, Препринт ЕФИ-714(29), 10 с.
12. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э., Армаганиян А.А., Акопов Н.З., Бахшеян Р.А., Вартапетян Г.А., Данагулян С.С., Искандарян А.Г., Косаков И.Х., Мирзоян Р.М., Оганесян А.А., Оганесян М.А., Петросян Ж.В., Саркисян Р.Ц., Схторян Е.М., Тароян С.П., Элбакян Г.М. Измерение асимметрии в фоторождении π^0 - мезона в резонансной области. - Ядерная физика, 1977, т.26, вып. 5, с. 1014-1017.
13. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э., Армаганиян А.А., Акопов Н.З., Безверхая А.П., Вартапетян Г.А., Гарибян Ю.А., Гиндоян С.Г., Данагулян С.С., Еганов В.С., Искандарян А.Г., Косаков И.Х., Мирзоян Р.М., Оганесян А.А., Оганесян М.А., Петросян Ж.В., Саркисян Р.Ц., Схторян Е.М.,

Тарсян С.П., Элбакян Г.М., Марукян Г.О., Измерение асимметрии сечения в фоторождении π^0 - мезона для углов пиона в с.ц.м. 40° и 50° в резонансной области.- Ядерная физика, 1979, т.29, вып.5, с. I2I2-I2I5.

14. Авакян Р.О., Авдалян Г.А., Аветисян А.Э., Агабабян К.Ш., Агаронян А.В., Армаганян А.А., Арутюнян Л.Г., Багдасарян А.С., Вартапетян Г.А., Данагулян С.С., Еганов В.С., Карапетян А.П., Марукян Г.О., Матевосян Э.М., Мирзоян Р.М., Оганесян А.А., Петросян Ж.В., Прохоренко И.П., Схторян Е.М., Саркисян Р.Ц., Тароян С.П., Элбакян Г.М., Авакян Э.О., Оганесян М.А. Измерение асимметрии сечения реакции $p \rightarrow p \pi^0$ для угла рождения пиона 65° в с.ц.м. в резонансной области.- Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1984, т.19, вып.1, с. 50-53.

Подписано в печать 29.08.84г. Формат 60x84/16

Офсетная печать. Тираж 170 экз.

Зак.тип. № 764 ВФ-11904

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, Маркаряна 2