

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФФИ-623(13)-83

Р.О.АВАКЯН, Э.О.АВАКЯН, А.Э.АВЕТИСЯН, К.Ш.АГАБАБЯН,
Р.Б.АЙВАЗЯН, Г.А.АРЕСТАКЕСЯН, М.А.АРУТЮНЯН, Р.А.АСАТРЯН,
М.В.БАРТИКЯН, Ю.А.ГАРИБЯН, С.Г.ГИНДОЯН, В.С.ЕГАНОВ,
М.С.КОРДОНСКИЙ, И.Х.КОСАКОВ, Г.О.МАРУКЯН, Э.М.МАТЕВОСЯН,
М.А.МЕГРАБЯН, Р.М.МИРЗОЯН, А.С.НАНАСЯН, А.А.ОГАНЕСЯН,
М.А.ОГАНЕСЯН, Ж.В.ПЕТРОСЯН, И.П.ПРОХОРЕНКО, Р.Ц.САРКИСЯН,
Ю.Э.СУКИАСЯН, Е.М.СХТОРЯН, С.А.ТОРОСЯН, К.К.ШИХЛЯРОВ, Г.М.ЭЛБАКЯН

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ
ПАРАМЕТРОВ В РЕАКЦИИ ФОТОРОЖДЕНИЯ π^0 - МЕЗОНА

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

БФИ-623(13)-83

Р.О.АВАКЯН, Э.О.АВАКЯН, А.Э.АВETИСЯН, К.Ш.АГАБАБЯН,
Р.Б.АЙВАЗЯН, Г.А.АРЕСТАКЕСЯН, М.А.АРУТЮНЯН, Р.А.АСАТРЯН,
М.В.БАРТИКЯН, Ю.А.ГАРИБЯН, С.Г.ГИНДОЯН, В.С.ЕГАНОВ,
М.С.КОРДОНСКИЙ, И.Х.КОСАКОВ, Г.О.МАРУКЯН, Э.М.МАТЕВОСЯН,
М.А.МЕГРАБЯН, Р.М.МИРЗОЯН, А.С.НАНАСЯН, А.А.ОГАНЕСЯН,
М.А.ОГАНЕСЯН, Ж.В.ПЕТРОСЯН, И.П.ПРОХОРЕНКО, Р.Ц.САРКИСЯН,
Ю.З.СУКИАСЯН, Е.М.СХТОРЯН, С.А.ТОРОСЯН, К.К.ШИХЛЯРОВ, Г.М.ЭЛБАКЯН

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ
ПАРАМЕТРОВ В РЕАКЦИИ ФОТОРОЖДЕНИЯ π^0 - МЕЗОНА

Ереван 1963

В настоящей работе описывается двухплечевая установка, предназначенная для измерения поляризационных параметров Σ (асимметрия пучка) и T (асимметрия мишени) в реакциях фоторождения π^0 - мезона на водороде и поляризованной протонной мишени. С ее помощью была измерена асимметрия сечения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ поляризованными фотонами под углами рождения пионов в с.ц.м. $\theta_{\pi^0}^* = 65^\circ - 80^\circ$ в энергетической области $700 + 1300$ МэВ. Данная установка представляет собой усовершенствованный вариант установок, описанных в работах [1,2], и схематически приведена на рис.1.

Протонное плечо установки служит для выделения и регистрации протонов заданных энергий, а также для определения углов их вылета. Отделение протонов от сопутствующих π^{\pm} - мезонов производится с помощью (dE/dx) - счетчиков, определение энергии протонов с помощью пробного спектрометра, а углы вылета протонов находятся посредством многопроволочных пропорциональных камер (МПК). Пробный спектрометр состоит из пяти сцинтилляционных счетчиков с толщиной пластического сцинтиллятора 20 мм. Эта толщина сцинтиллятора позволяет определить энергию остановившихся в спектрометре протонов с точностью от 3,5 до 4,0 МэВ

в зависимости от энергии протонов (T_p). В эксперименте регистрировались протоны с энергиями $T_p = (160 \pm 280)$ МэВ. Минимальные значения энергии регистрируемых протонов определяется суммарной толщиной сцинтилляторов счетчиков C_1, C_2, C_3 и медного поглотителя. Толщина медного поглотителя в эксперименте менялась от 2,36 до 5,7 см в зависимости от области энергии первичных γ -квантов и угла рождения π^0 -мезона в с.ц.м. Энергетические спектры протонов, остановившихся в счетчиках пробегового спектрометра, были получены при моделировании эксперимента методом Монте-Карло. Счетчики пробегового спектрометра, а также все сцинтилляционные счетчики, используемые в экспериментальной установке имеют 100% эффективность регистрации, которая не зависит от места попадания частицы. Размеры всех сцинтилляционных счетчиков даны в таблице. Разделение протонов от сопутствующих пионов с заданным пробегом R_p, π^\pm осуществлялось с помощью двух (dE/dx) -счетчиков C_2 и C_3 . Анализ сигналов от этих счетчиков, для определения порога обрезания, производится по схеме, приведенной на рис.2, на которой дана блок-схема электроники эксперимента. На рис.3 приведен амплитудный спектр C_3 - счетчика после установления порога обрезания на дискриминаторе-формирователе.

В установке использовались четыре пропорциональные камеры двух типоразмеров МПК-64 и МПК-128 с рабочими площадями, соответственно, 128×128 мм² и 256×256 мм². Конструктивно каждый детектор содержит две сигнальные плоскости, взаимно повернутые на угол 90° для одновременной регистрации X и Y координат. Все электроды камер представляют собой стеклотекстолитовые рамки, на которых вытравлен необходимый рисунок для распайки проволочек. В качестве сигнальных нитей использовалась золоченная про-

волочка марки Ва, толщиной 25 мкм. Шаг намотки, как анодных, так и катодных плоскостей одинаков и составляет 2,0 мм. Точность укладки сигнальных нитей равна 15-20 мкм. Более подробное описание используемых МПК приводится в работе [3]. Все камеры перед экспериментом были исследованы от источника Sr^{90} . В качестве рабочего газа использовалась смесь аргона и метана с добавкой паров метилала. Результаты исследований следующие: ширина плато по напряжению 400-600 В, эффективность не менее 0,99, а временное разрешение не хуже 14-16 нс (полуширина временного спектра).

В условиях данного эксперимента, с помощью используемых камер, углы вылета протонов отдачи определялись с точностью $\pm 3,0$ мрад. На рис.4 приведены для одной плоскости МПК экспериментальные распределения отклонений сработавших проволочек относительно траекторий, восстановленных по четырем камерам. Среднеквадратичное отклонение составляет 0,513 мм. На рис.5 приведено угловое распределение зарегистрированных протонов. Область полярных углов наблюдения, охватываемая установкой ± 2 градуса. В эксперименте по измерению Σ телесный угол протонного плеча установки составляет $6,10^{-3}$ ср.

Пионное плечо установки служит для выделения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ на фоне остальных реакций при регистрации протонов отдачи по схеме совпадения с одним γ -квантом от распада π^0 -мезона. Оно состоит из счетчика полного поглощения (СПП) на основе кристалла $NaJ(Tl)$, размерами в диаметре 200 мм, длиной 300 мм и двух антисчетчиков \bar{A}_1 и \bar{A}_2 , служащих для обрезания от сопутствующего фона заряженных частиц при регистрации γ -квантов. Для уменьшения загрузки счетчиков $\bar{A}_{1,2}$ от малоэнер-

гетических частиц перед антисчетчиками был поставлен поглотитель из пластического синтиллятора толщиной 20 мм. Счетчик полного поглощения предварительно был откалиброван на вторичном электронном пучке ускорителя. Цель измерения заключалась в достижении высокой эффективности регистрации электронов с энергиями (300-1200) МэВ и в максимальном уменьшении, зависящего от энергии электронов, изменения средней задержки при совпадении импульсов от СПШ и синцилляционного счетчика. Для каждого из счетчиков $A_1 + A_3$ был достигнут уход средней задержки, не превышающей 2 нс, при этом эффективность регистрации электронов составляет 95%. Характеристики СПШ, а также его конструкция приведены в работе [4]. Сравнение результатов измерения при нарушенной кинематике с данными расчета для реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$, проведенного методом Монте-Карло, показало, что в условиях данного эксперимента вклад фоновых реакций не превышает 7%.

В эксперименте триггерный импульс получался в результате совпадения сигналов от счетчиков C_1, C_2, C_3, R_1 и антисовпадения от счетчика \bar{C} из протонного плеча с совпадением с мажоритарным (2 из 3) сигналом от счетчиков A_1, A_2, A_3 и антисовпадением от счетчиков \bar{A}_1 или \bar{A}_2 пионного плеча (см. рис. 2).

$$M_{p\pi^0} = (C_1 C_2 C_3 R_1 \bar{C}) \left\{ ([A_1 A_2] + [A_1 A_3] + [A_2 A_3]) (\bar{A}_1 + \bar{A}_2) \right\}.$$

Все дискриминаторы, участвующие в создании триггерного сигнала $M_{p\pi^0}$, открывались генератором ворот (ΓB_I) только на время вывода пучка. На рис. 6 приведена кривая задержанных совпадений между двумя плечами установки. Для определения места останова протона в пробных счетчиках R_i импульсы с этих счетчиков пропускались через строб-совпадение $G \uparrow G$, открываемое

триггерным сигналом $M_{p\pi^0}$.

В эксперименте использовалась жидко-водородная мишень (ЖВМ), представляющая собой цилиндр диаметром 5 см и длиной 10 см, по направлению оси которого падает пучок поляризованных γ -квантов сечением (15x15) мм². Характеристики и конструкция ЖВМ даны в работе [5]. Эффект от пустой мишени в условиях эксперимента не превышает 2%.

Поляризованные кванты были получены на Ереванском электронном ускорителе с помощью когерентного тормозного излучения электронов энергии 4,6 ГэВ на кристалле алмаза [6].

Измерения данной установкой асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ проводились при интенсивности γ -пучка $5 \cdot 10^8$ экв. кв. за секунду, длительности вывода 2 мс и частоте сброса ускорителя 50 Гц. При этом число случайных совпадений не превышало (2-3)%.

Для съема информации с камер использовалась специально разработанная модульная электроника, условно названная МКЭ-32 (по числу каналов в модуле). Ее детальное описание дается в работе [7]. Отметим, что хотя модули МКЭ-32 предназначались для непосредственной установки на МПК, в настоящем эксперименте они были удалены от камер на расстояние 3,5 м и соединены с ними ленточными проводами. Однако это обстоятельство не ухудшило работу системы и бесспорно расширило возможности разработанной нами "камерной электроники". Оснащение экспериментальной установки многопроводными пропорциональными камерами потребовало создания автоматизированной системы управления МПК, а также сбора и обработки экспериментальной информации со всей установки. Сложность задачи заключалась в "стыковке" экспериментальных данных,

поступающих с МПК и пробегового детектора. Для решения задачи была использована система КАМАК с микро-ЭВМ. Блок-схема аппаратуры приводится на рис.7. Система работает следующим образом. При выделении события триггерный сигнал $M_{p\gamma}^{\circ}$, сформированный в блоках логической электроники (рис.2), поступает на разветвитель Рз и далее на модули формирования по длительности и задержке Мд и Мз сигнала "запись" на МПК. Через время $1,5\text{мкс}$, достаточное для фиксации информации с камер в регистрах памяти МКЭ-32, тем же триггерным сигналом дается команда на считывание и накопление информации в ОЗУ микро-ЭВМ. Данные с пробегового спектрометра считываются со входного регистра Рг, а с МПК из модуля опроса Мо [8]. Номер триггера фиксирует счетчик Сч. На время считывания, накопления и передачи данных в базовую машину ЕС-1022 вся экспериментальная установка блокируется.

Программа сбора данных реализована на базе УВК. Электроника-60/131 [9], работает в интерактивном режиме в реальном масштабе времени. Выполняемые программой функции - это, в основном, прием данных с МПК, первичная обработка и вывод их по одному или нескольким из трех "направлений":

- на операторский терминал (алфавитно-цифровой дисплей ВТ-340) в цифровом виде,
- на графический дисплей в виде гистограмм,
- по межмашинному каналу связи в ЕС-1022 для дальнейшей обработки.

Конкретный вывод оператор устанавливает в процессе диалога. Первые два типа вывода чаще всего используются при настройке камер, третий тип используется в ходе эксперимента и здесь необходимо отметить, что, если частота событий достаточно вели-

ка (более $1,0\text{ Гц}$), то параллельный вывод данных на экран ВТ-340 нежелателен из-за возможных потерь событий. По межмашинному каналу данные передаются блоками фиксированной длины по 1000 байт, при этом соблюдается специальный протокол обмена, гарантирующий достоверность переданных данных. В ЕС-1022 принятые данные накапливаются на магнитной ленте и в промежутках между сеансами связи (не в реальном времени) производится их математическая обработка.

Программа сбора расположена в перепрограммируемом запоминающем устройстве (ППЗУ) УВК Электроника-60/131 и работает самостоятельно без операционной системы. Программа написана на языке МАКРО-11. Программы приема и математической обработки экспериментальной информации на ЕС-1022 написаны на языках АССЕМБЛЕР и ФОРТРАН ЕС ЭВМ и работают под управлением модернизированного варианта ДОС ЕС, обеспечивающего обслуживание канала прямого управления [10].

Комплекс программ по обработке физической информации производит чтение и расшифровку экспериментальных данных, восстановление для каждого события координаты с пропорциональных камер и показания счетчиков пробегового спектрометра. Распознавание треков производится методом опорных камер в плоскостях XOZ и YOZ отдельно. После нахождения трека частицы в обеих плоскостях программа восстанавливает энергию протона по данным счетчиков R - спектрометра и кинематику реакции $\gamma p \rightarrow p^{\circ} n^{\circ}$. Программа позволяет вывести на печать статистические данные измерения, распределение физических величин, характеристики системы МПК и другое.

В результате машинной обработки экспериментальных данных

были определены эффективности регистрации каждой из восьми плоскостей системы МПК в течение всего эксперимента, продолжавшегося более 600 ч. На основе этих данных, усредненных по времени эффективность системы МПК составила $\bar{\xi} = 0,972 \pm 0,008$. Величина $\delta(\xi) = \pm 0,008$ указывает на высокую стабильность работы камер в течение всего эксперимента.

В качестве иллюстрации на рис.8 приведена машинная обработка случая регистрации $p\pi^0$ - события, а на рис.9 - распределение зарегистрированных случаев $p\pi^0$ - пар на плоскости ЖВМ.

В настоящей работе приводятся данные по обработке результатов измерения асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ на пучке поляризованных фотонов для угла рождения π^0 - мезона в с.ц.м. равном $\bar{\theta}_{\pi^0}^* = 70^\circ$. На рис.10 представлены:

а) измеренный спектр фотонов тормозного излучения электронов с энергией 4,6 ГэВ и подогнанный к нему теоретический спектр (рис.10а), квазимонохроматический пик в спектре соответствует энергии фотона 1 ГэВ;

б) зависимость поляризации фотонов от энергии (рис.10б);

в) энергетическое распределение фотонов, регистрируемых установкой (рис.9в).

Зависимость величины асимметрии сечения реакции $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ от энергии фотонов в области 0,75-1,3 ГэВ показана на рис.11.

Таблица

Счетчики	C ₁	C ₂	C ₃	R I+5	\bar{C}	A _{I,2}
Размеры	6x12x0,5	25x25x1	25x25x2	25x25x2	30x30x2	7,5x15x1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э. и др. Двухплечевая установка для исследования фоторождения π^0 и η - мезонов поляризованными фотонами. Препринт ЕФИ-202(48)-76, Ереван, 1976.
2. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э. и др. Экспериментальная установка для исследования реакции фоторождения на водороде и ядрах. Препринт ЕФИ-341(66)-76, Ереван, 1976.
3. Апресян А.Н., Асатрян Р.А., Айвазян Р.Б. и др. Результаты разработок многопроволочных пропорциональных камер в Ереванском физическом институте. Препринт ЕФИ-466(29)-81, Ереван, 1981.
4. Авакян Р.О., Аветисян А.Э., Бахшецян Р.А. и др. Исследование амплитудных и временных характеристик спектрометра полного поглощения на основе кристалла NaJ. Препринт ЕФИ-223(15)-77, Ереван, 1977.
5. Агабабян К.Ш., Аракелян С.А., Мина Р.Т., Иццо В.К. Жидководородная мишень. Препринт ЕФИ-166(76)-76, Ереван, 1976.
6. Авакян Р.О., Армаганян А.А., Арутюнян Л.Г. и др. 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.
7. Бартикян М.В., Мирзоян С.С., Матевосян Э.М. и др. 32-канальный электронный модуль для проволочных камер. ПТЭ, 1982, № 3.
8. Аракелян В.И., Беляков Э.С., Бужикян С.П. и др. Модуль последовательного опроса каналов МПК в стандарте КАМАК. Препринт ЕФИ-344(2)-79, Ереван, 1979.
9. Васинюк И.Е., Дадян А.Т., Мартиросян Г.М. и др. Унифицированная система сбора, переработки экспериментальной информации и управления. Препринт ЕФИ-500(43)-81, Ереван, 1981.
10. Абелян С.З., Туровцев В.М. Вариант модернизации супервизора ДЭС-ЕС в целях создания программного обеспечения средств прямого управления. Материалы II Всесоюзного семинара по обработке физической информации, (Ереван, сентябрь, 1977). Ереван, 1976, с.76.

Рукопись поступила 26 декабря 1982 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 187 ВФ- 04337 Тираж 270

Препринт БФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 20/У1-83г. I.Оуч-изд.л. Ц. 15 к.

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