

Препринт ЕФИ-896(47)-86

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

А.С.АЛЕКСАНИЯН, Г.Е.БАБАЯН, А.В.ВОСКАНЯН,
А.О.ГАСПАРЯН, С.Н.КАРАПЕТЯН, Г.К.МЕГРАБЯН,
К.А.МОВСЕСЯН, Н.А.НАЛБАНДЯН, А.Ж.ПЕТРОСЯН,
Р.Н.ПИХТЕЛЕВ, Е.Э.РЕЙМЕРС, А.А.ШАГИНЯН,
В.Г.ЯКОВЛЕВ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
СЕЧЕНИЯ КОМПТОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ
НА ЛЕГКИХ ЯДРАХ**

ЦНИИатоминформ

ЕРЕВАН-1986

ՈՒՆԲՔԱՆՅԱՆ Հ.Ս., ԲՈՒԲԱՅԱՆ Հ.Ե., ԳՈՍՊՈՐՅԱՆ Ո.Հ.,
ԿԱՐՈՊԵՏՅԱՆ Ս.Ն., ՄԵՀՂՈՒԲՅԱՆ Ղ.Ղ., ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ Կ.Ա.,
ՆՈՒՐՈՆԴՅԱՆ Ն.Ո., ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Ա.Ժ., ՊԻՏԵԼԵՎ Ռ.Ն.,
ՌԵՅՄԵՐՍ Ե.Է., ՇԱՀԻՆՅԱՆ Ո.Հ., ՅԱԿՈՎԼԵՎ Վ.Գ.

ՊՈՐՉՈՐՎՈՒԿԱՆ ՍԱՐՔԻ ԹԵԹԵՎ ՄԻՋՈՒԿՆԵՐԻ ՎՐԱ
ԿՈՄՊՏՈՆՅԱՆ ՑՐՄԱՆ ԿՏՐՎԱԾՔԻ ՉԱՓՈՒՆ ՀՈՒՐ

Նկարագրված են փորձարարական սարքավորման հիմնական հանգույցները, թեթև միջուկների մրա դեպի առաջ Ֆոտոնների զրման ղնթացքի հետազոտման համար: Բերված են զույգային սպեկտրաչափի ետհարմածի միջուկների դետեկտորի և Բազմականալ չերենկոմյան սպեկտրաչափի Բնուեթագրերը՝ զուգադրված լայնաճեղք կայծային խղիկների հետ: Սարքավորման աշխատանքը մարսիմալ կերպով մեքենայացված է KAMAK ստանդարտում էլեկտրոսիկայի օգնությամբ, որն աշխատում է ,,էլեկտրոնիկա-100/25,, մինի-իշիւ-ի հետ միացյալ:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1986

Preprint EMI-896(47)-86

A.S. ALEKSANYAN, G.E. BABAYAN, A.O. GASPARYAN,
S.N. KARAPETYAN, G.K. MEGRABYAN, K.A. MOVSESYAN,
R.N. PIKHTELEV, E.E. REIMERS, A.A. SHAGINYAN,
A.V. VOSKANYAN, V.G. YAKOVLEV

EXPERIMENTAL SET-UP FOR MEASUREMENTS
OF COMPTON SCATTERING ON LIGHT NUCLEI

The main units of an experimental set-up for the study of the forward scattering of photons on light nuclei are described. The characteristics of the pair spectrometer, recoil-nuclei detector and the system of multichannel Cerenkov spectrometer combined with a wide-gap spark chamber are presented. Operation of the set-up is automated as much as possible by means of CAMAC software in line with a minicomputer "Elektronika-100/25".

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1986

Препринт ЕФИ-896(47)-86

УДК 539.1.073:621.38:539.171.3

А.С.АЛЕКСАНИН, Г.Е.БАБАЯН, А.В.ВОСКАНЯН,
А.О.ГАСПАРЯН, С.Н.КАРАПЕТЯН, Г.К.МЕГРАБЯН,
К.А.МОВСЕСЯН, Н.А.НАЛБАНДЯН, А.И.ПЕТРОСЯН,
Р.Н.ПИХТЕЛЕВ, Е.Э.РЕЙМЕРС, А.А.ШАГИНЯН
В.Г.ЯКОВЛЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
СЕЧЕНИЯ КОМПТОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ НА ЛЕГКИХ
ЯДРАХ

Описаны основные узлы экспериментальной установки для исследования процессов рассеяния фотонов вперед на легких ядрах. Приведены характеристики парного спектрометра, детектора ядер отдачи и системы многоканального черенковского спектрометра в сочетании с широкозазорными искровыми камерами. Работа установки максимально автоматизирована с помощью электроники в стандарте КАМАК, работающей в линию с мини-ЭВМ "Электроника-100/25".

Ереванский физический институт

Ереван 1986

Установка, предназначенная для исследования комптоновского рассеяния на ядрах дейтерия и гелия при малых переданных импульсах ($T_{кин} \geq 1$ МэВ), состоит из трех основных частей (рис. I): парного спектрометра (6,7,8), детектора ядер отдачи (10) и ливневого детектора (13,14,17). Интенсивность пучка γ - квантов измеряется квантометром Вильсона (15). Фотонный пучок от вольфрамовой внутренней мишени (1) формировался системой коллиматоров ($1,2 \times 1,2$ мм²) и после очищающего магнита (4) и защитных стен (5) проходил через газовую мишень детектора ядер отдачи (10). Размер пучка в районе мишени (10) составляет $\approx 7 \times 7$ мм².

Парный спектрометр включает набор алюминиевых конверторов (6) ($\rho_{де} = 0,30, 100, 150$ мкм), магнит СП-137 (7), два симметричных сцинтилляционных телескопа и квантометр Вильсона (15). Размеры передних сцинтилляторов ($10 \times 5 \times 80$ мм³) определяют энергетическое разрешение одного плеча спектрометра $\Delta P/P = \pm 1,06\%$. Тормозной спектр фотонов рассчитывался по традиционным формулам для парного спектрометра [1], а число истинных совпадений импульсов с двух плеч спектрометра измерялось по их временному распределению с одновременной регистрацией вида распределения от случайных совпадений. Набор статистики и ее обработка производились автоматически с помощью электроники в стандарте КАМАК, работающей в линию с ЭВМ "Электроника-100/25". Максимальная частота набора данных ≈ 40 кГц. Эффективность парного спектро-

метра рассчитана методом Монте-Карло [2]. Значение эффективности при малых энергиях фотона ($E_\gamma \leq 1$ ГэВ) быстро падает от энергии, а начиная с $E_\gamma \geq 1,5$ ГэВ эффективность практически постоянна и стремится к единице. Тормозной спектр измерен экспериментально при $\ell_{де} = 100$ мкм с статистическими ошибками $\approx 3\%$ (рис.2). Сплошная линия - расчетное значение формы спектра без учета коллимации [2]. Согласие между экспериментом и теорией достаточно хорошее для $E_\gamma \geq 2$ ГэВ. Небольшое различие между ними при значениях $E_\gamma \leq 1$ ГэВ объясняется коллимацией пучка, которая эффективно обрезает малоэнергичную часть спектра фотонов.

Созданный детектор ядер отдачи является усовершенствованным вариантом детектора, использованным в эксперименте по фоторождению π^0 - мезонов на He^4 [3]. В данном варианте, кроме импульсного многопроволочной пропорциональной камеры (МПК), организован прием сигнала от электролюминесценции газа в ней, разработана съемная газовая мишень под давлением в несколько атмосфер, которая могла размещаться непосредственно под МПК. Детектор ядер отдачи (рис.3) состоит из трех основных частей: широкоазорной искровой камеры (1) высотой 160 см и площадью 36×72 см², МПК (2) и нижнего объема для газовой мишени (3). Конструктивно МПК отличается от описанной в работе [3] тем, что она собрана на шести световодах (4), совмещенных с фотоэлектронными умножителями (ФЭУ-97) (5), с которых снимается световой сигнал. Пучок фотонов через майларовые окна (10 мкм) проходит через детектор на расстоянии ≈ 1 см от МПК, объем которой продувался различными смесями благородных газов с органическими добавками при атмосферном давлении. Калибровка амплитудных, временных и пространственных характеристик детектора производилась с помощью α -источника Pu^{238} (6). Для улучшения временных характеристик МПК

используется световой сигнал от электролюминесценции в смесях различных благородных газов с органическими добавками. Эффекты электролюминесценции в МПК достаточно широко исследованы многими авторами (см. например, [4]). Нами были исследованы временные и амплитудные характеристики светового сигнала с МПК в газовых смесях He + спирт и Ne + спирт. Длительность переднего фронта ($\tau_{\text{ф}}$) импульса светового сигнала уменьшается с увеличением концентрации спирта в этих газах. Для смеси He + 100% спирта $\tau_{\text{ф}} = 25$ нс и $\tau_{\text{ф}} = 20$ нс для Ne + 100% спирта (100% спирта соответствует давлению насыщенных паров при 18°C - 40 мм рт. ст.). Амплитудное разрешение светового сигнала для смеси He + 100% спирта составляет $\pm 30\%$, большее значение которого по сравнению с электрическим сигналом ($\pm 15\%$) в основном обусловлено значительным различием эффективности светосбора от разных проволочек МПК. Одновременное измерение $\Delta E/\Delta X$ от электрического сигнала с МПК и пробега (R) в детекторе ядер отдачи дает возможность достаточно надежно выделить α - частицы на фоне сопровождающих частиц и ядер [5]. На рис.4 приведено распределение зависимости $\Delta E/\Delta X$ от R для событий, полученных в процессе эксперимента на пучке фотонов. Средняя пунктирная линия - аналитическая зависимость вида $(\Delta E/\Delta X)_{\alpha} = 320 \cdot R_{\alpha}^{-0,8}$, нормированного на α - частицы от калибровочного источника. На рис.4 приведен также интервал ($\pm 3\sigma$) значений $\Delta E/\Delta X$, по которому при обработке был произведен отбор α - частиц от фоновых событий. Достаточно большое значение интервала в основном обусловлено необходимостью учета дрейфа усиления всего спектрометрического тракта в течение довольно длительного времени экспози-

ции установки (~ 200 ч). Относительно большая плотность событий при $R \approx 160$ мм обусловлена максимальным зазором искрового промежутка детектора ($R_{max} \approx 160$ мм). Время памяти (τ) и эффективность регистрации (η) ядра отдачи измерены от α -источника и составляют $\tau = 3$ мкс и $\eta = 98,5\%$ для смеси He + 25% спирта. Распределение экспериментальных событий от пучка фотонов по пробегу показывает, что эффективность детектора быстро падает при $R < 4$ см, а для $R \geq 4$ см $\eta = 100\%$. Эффективная длина мишени детектора, определенная из распределения экспериментальных событий по точкам взаимодействия, $l_{эфф} = 560$ мм.

Пространственные координаты, углы и энергия рассеянных фотонов измеряются ливневым детектором (рис.5), состоящим из четырех широкозазорных искровых камер (2) размером $105 \times 90 \times 10$ см³, прослоенных тремя железными конверторами (1) толщиной по 8 мм ($\approx 0,44$ рад.дл.) и многоканального черенковского спектрометра полного поглощения (5). Отсутствие конвертора перед первой камерой позволяет эффективно выделять γ -кванты от заряженного фона при отборе फिल्मового материала. Время памяти для смеси He + 0,2% фреона ≈ 7 мкс при $\approx 100\%$ -ной ливневой эффективности. Черенковский спектрометр состоит из 70 идентичных модулей шестигранного типа ($\phi 200$ мм), собранных из свинцового стекла марки ТФ-1, просматриваемых ФЭУ-49Б. Контакт между радиатором и ФЭУ осуществляется оптическим вазелином. Конструкция модулей аналогична описанной в работе [6]. Энергетическая калибровка спектрометра осуществляется на калибровочном канале электронов. Стабилизация и контроль параметров спектрометра производится импульсным азотным лазером [7]. Энергетическое разрешение спектрометра измерено при разных конверторах и в среднем равно

$$\approx 22/\sqrt{E} \% \text{ (FWHM)}.$$

Вся электронная аппаратура собрана в стандарте КАМАК в линию с ЭВМ "Электроника-100/25" с использованием как стандартных модулей, так и специально разработанных. Функционально она работает в двух основных режимах (рис.6):

1. Формирует быстрый триггер от сигналов совладения α - детектора и черенковского спектрометра, организует запуск искровых камер и фоторегистраторов (РФК-5), запоминает спектрометрическую информацию от регистрируемого события;

2. Периодически (каждые ~ 20 мин) программно от ЭВМ производит контроль и стабилизацию параметров спектрометрических каналов установки [7]. Во втором режиме программно от ЭВМ блокируются входы триггерного блока и счетчика квантометра.

Пространственная информация с установки снимается фотографированием искровых камер фоторегистраторами РФК-5 (18 на рис.1 и 3 на рис.5). Обработка фильмовой информации производилась по методу, описанному в работе [8]. Установка позволяет регистрировать и измерять: 1) ядра отдачи с пробегами $4 \text{ см} \leq R \leq 20 \text{ см}$ с ошибкой $\sigma_R \approx 1 \text{ см}$; 2) углы вылета ядер отдачи ($\vartheta_\alpha, \varphi_\alpha$) в интервале $60 \div 120^\circ$ к направлению первичного пучка с ошибкой $\sigma \approx 0,5^\circ$; 3) величину $\Delta E/\Delta X$ для ядер отдачи в области $\Delta E/\Delta X \geq 30 \text{ кэВ/см}$; 4) углы вылета ($\vartheta_\gamma, \varphi_\gamma$) рассеянных фотонов в интервале $1^\circ \leq \vartheta_\gamma \leq 7^\circ$ с ошибкой $\sigma \approx 0,5^\circ$; 5) энергию рассеянных фотонов $E_\gamma \geq 0,5 \text{ ГэВ}$ с ошибкой $\Delta E/E \approx 20/\sqrt{E} \%$. Измерение числа эквивалентных γ -квантов (квантометром Вильсона) и спектра пучка позволяет определять число фотонов в данном интервале энергий с ошибкой $\approx 3\%$. Окончательная обработка фильмового материала совместно с соответствующей аналоговой

информацией позволяла с достаточной степенью достоверности выделить исследуемый процесс упругого комптоновского рассеяния фотонов на ядрах He^4 на большом фоне сопутствующих физических процессов и получить дифференциальное сечение в области переданных импульсов $0,02 \leq t \leq 0,12 \text{ (ГэВ/с)}^2$ при $E_\gamma = 1,8 \div 3,8 \text{ ГэВ}$.

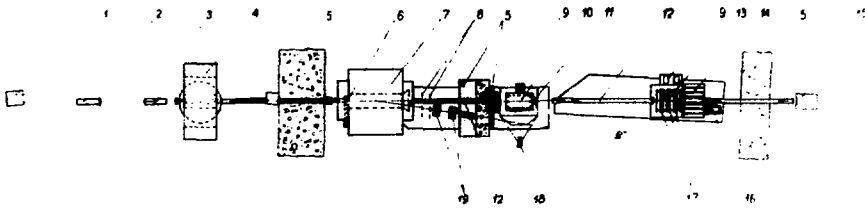


Рис.1 Общая схема экспериментальной установки

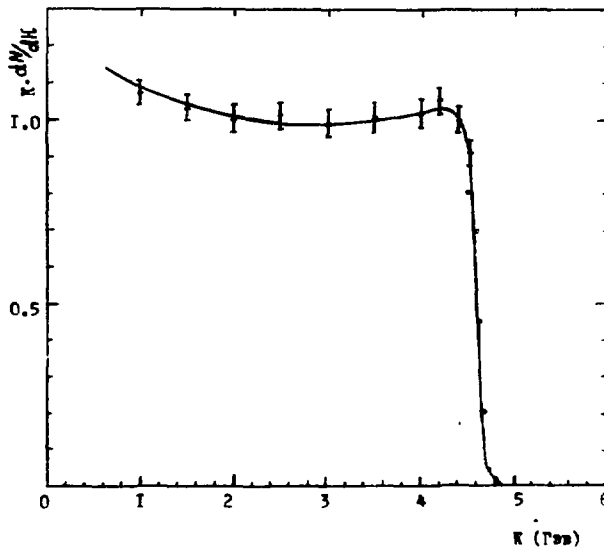


Рис.2 Экспериментальный спектр тормозного пучка γ - I

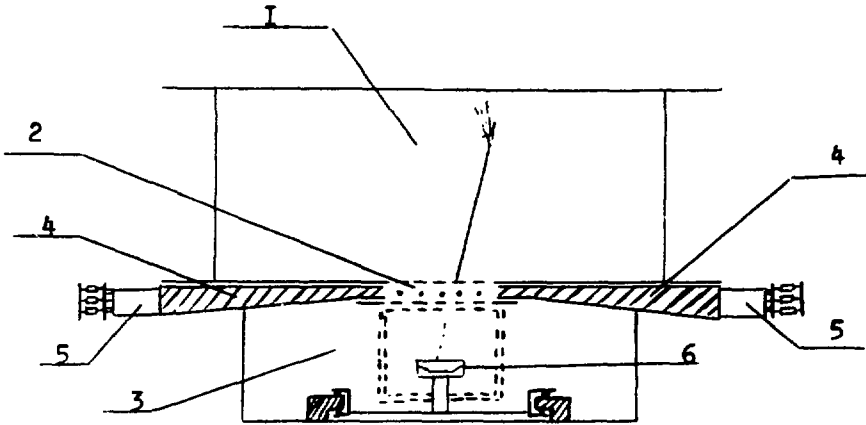


Рис.3 Схема детектора ядер отдачи

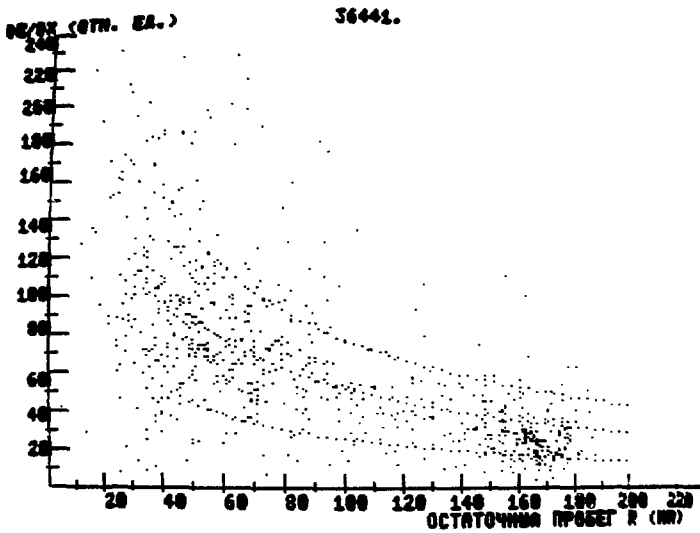


Рис.4 Распределение экспериментальных событий от пучка

γ - квантов по зависимости $\Delta E/\Delta X = f(R)$

(рисунок с экрана дисплея)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bologna G., Diambri G., Toshi R. et al. A Pair Spectrometer for Energies up to 2 GeV. NIM, 1961, vol.12, N.2
2. Штерн Б.Е. Библиотека подпрограмм для моделирования электромагнитных процессов в веществе при высоких энергиях. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0081, 1978.
3. Алексанян А.С., Асатиани Т.Л., Дайон М.Н. и др. Самоуправляемые детекторы ядер отдачи. Препринт ЕФИ-151(75), Ереван, 1975. NIM, 1977, vol.140, N.3, p.473-478.
4. Головкин С.В. Электролюминесценция в пропорциональных камерах. Препринт ИФВЭ, 79-85, 1979.
5. Алексанян А.С., Гаспарян А.О., Меграбян Г.К. и др. О возможности идентификации частиц с различными зарядами в фотоядерных реакциях. Препринт ЕФИ-208(54)-77, Ереван, 1977; ПТЭ, 1978, № 3, с.55.
6. Аствацатуров Р.Г., Иванов В.И., Кнапик Е. и др. Исследование 90-канального черенковского годоскопа из свинцового стекла. ОИЯИ Р1-7309, Дубна, 1973.
7. Алексанян А.С., Восканян А.В., Гаспарян А.О. и др. Стабилизация и калибровка годоскопического черенковского спектрометра. Препринт ЕФИ-885(36)-86, Ереван, 1986.
8. Алексанян А.С., Арутюнян О.Л., Гаспарян А.О. и др. Обработка информации с системы оптических искровых камер. Препринт ЕФИ-336(61)-78, Ереван, 1978.

Рукопись поступила 28 марта 1986 г.

А.С.АЛЕКСАНИ, Г.Е.БАБАНИ, А.В.ВОСКАНИ, А.О.ГАСПАРИ, С.Н.КАРАПЕТИ, Г.К.МЕГРАБИ, К.А.МОВСЕЯНИ, Н.А.НАЛБАНДИ, А.Ж.ПЕТРОСИ, Р.Н.ПИХТЕЛЕВ, Е.С.РЕЙМЕРС, А.А.ШАГИНИ, В.Г.ЯКОВЛЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СЕЧЕНИЯ
КОМПТОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ НА ЛЕГКИХ ЯДРАХ

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать II/VI-86г. ВФ-05592 Формат 60x84/16
Офсетная печать. Уч.изд.л.0,5 Тираж 299 экз. Ц. 8 к.
Зак.тип.№ 345 Индекс 3624

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, Маркаряна 2

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ