

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФИ-648(38)-83

Վ.Գ.ԱՄԲԱՐՇՄՅԱՆ, Տ.Տ.ԱՐՄԵՆՅԱՆ, Դ.Տ.ԲԱԳԴԱՏԱՐՅԱՆ,
Ե.Մ.ԲՕՅԻՉՅԱՆ, Դ.Բ.ԿԱԶԱՐՅԱՆ, Զ.Ր.ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ, Դ.Դ.ՄԿՐՏԻՉՅԱՆ,
Օ.Ս.ՍԵՏՐՕՅԱՆ, Ի.Ա.ՏՐՕՍԵՆԿՈՎԱ

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ЭЛЕКТРОНОВ С ЯДРАМИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ
ДО 5 ГЭВ

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-648(36)-83

В.Г.АМБАРЦУМЯН, С.С.АРУТЮНЯН, Д.С.БАГДАСАРЯН,
Е.М.БОЯХЧЯН, Г.Б.КАЗАРЯН, Э.Р.МАРКАРЯН, Г.Г.МКРТЧЯН,
О.П.ПЕТРОСЯН, И.А.ТРОШЕНКОВА

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ЭЛЕКТРОНОВ С ЯДРАМИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ
ДО 5 ГЭВ

Ереван 1983

С целью исследования процессов взаимодействия электронов с нуклонами и ядрами в ЕрФИ создана установка "Электрон", предназначенная для регистрации рассеянных электронов в интервале энергий 0,5 - 2,0 ГэВ и углов от 15° до 90° .

На рис.1 указана область кинематических переменных, которую можно исследовать на установке при изменении энергии первичного пучка в пределах 1,5 - 5,0 ГэВ.

Схема расположения магнитных элементов электронного тракта и спектрометра приведена на рис.2. Выведенный из синхротрона электронный пучок формируется с помощью коллиматора, пяти линз типа МЛ-15 и отклоняющего магнита СП-12 и по вакуум-проводу транспортируется до физической мишени. Согласовка и оптимизация режимов тракта проводилась с помощью стандартных программ [1], с использованием измеренной топографии полей магнитных элементов [2,3.]

Относительное мониторирование пучка проводится тонкостенной ионизационной камерой (ИК), установленной после физической мишени. Благодаря высокой прозрачности камеры (суммарная толщина вещества по пучку $\approx 0,3$ мм Al), её присутствие практи-

чески не искажает параметры пучка. Исследования показали, что ИК позволяет контролировать интенсивность пучка в области $10^8 - 5 \cdot 10^9 \text{ e}^-/\text{с}$ с точностью $\sim 3\%$, а также определять положение центра тяжести пучка с точностью $\pm 1 \text{ мм}$. После физической мишени пучок по вакуум-проводу транспортируется до цилиндра Фарадея, который является абсолютным монитором потока падающих электронов. По изображению пучка на сцинтиллирующих флажках осуществляется непрерывный телевизионный контроль его формы и положения перед входным коллиматором и на оси экспериментальной установки. Сфокусированный на мишени электронный пучок при коллиматоре $\varnothing 6,7 \text{ мм}$ имеет следующие параметры:

- начальную энергию - 1,5 - 5,0 ГэВ
- интенсивность - $10^8 - 5 \cdot 10^9 \text{ e}^-/\text{с}$
- временную растяжку - 0,3 - 0,5 мс
- разброс по энергии - $(1 \pm 2)\%$ в зависимости от величины растяжки
- средний размер на мишени - $\varnothing 10 \text{ мм}$
- угловую расходимость - $\sim 1 \text{ мр}$

Дистанционно управляемый механизм позволяет выставлять на пучок любую из набора восьми ядерных мишеней.

Магнитная система спектрометра состоит из двух линз МЛ-16 и вертикально анализирующего магнита СП-137. В режиме работы "фокус в фокус" электронный спектрометр имеет следующие параметры [4]:

- диапазон импульсов регистрируемых частиц - 0,5 - 2,0 ГэВ/с
- импульсный захват - $\sim 10\%$
- импульсное разрешение - $\sim 1,5\%$
- угловой захват - $\sim 1,6 \text{ мср}$

- диапазон углов рассеянных электронов - $15^\circ - 90^\circ$
- угловое разрешение - $2,5^\circ$

Вся магнитная система и регистрирующая аппаратура спектрометра смонтирована на поворотной платформе, что позволяет в ходе эксперимента оперативно настраиваться на любой угол регистрируемых частиц из указанного выше диапазона.

В соответствии с расчетами магнит СП-137 установлен под углом 12° относительно оптической оси.

Геодезическая юстировка магнитных элементов и регистрирующей аппаратуры спектрометра осуществлялась с помощью лазерного пучка, имитирующего траекторию частиц. При этом, в центральной части магнита СП-137 устанавливалось зеркало, отражающее падающий по оптической оси световой луч под углом 24° .

Указанное приспособление позволило довести точность выставления координат магнитных элементов и регистрирующей аппаратуры до $\pm 0,5 \text{ мм}$.

Проверка расчетных режимов линз и магнита проводилась на пучке электронов с энергией 2,1 ГэВ, проходящих через спектрометр под углом 0° . Было установлено, что с точностью до ошибок измерений ($\sim 1 \pm 2\%$) теоретически найденные оптимизированные значения градиентов дают на эксперименте ожидаемый результат.

Общий вид расположения регистрирующей аппаратуры спектрометра показан на рис.3. Функционально аппаратуру можно разбить на три части: апертурные счетчики, система идентификации электронов и импульсный годоскоп.

Апертурный счетчик C_1 имеет размеры $180 \times 180 \times 10 \text{ мм}^3$, а C_2 и C_3 - $240 \times 300 \times 15 \text{ мм}^3$. Счетчики просматриваются фотоумножителями ФЭУ-30, снабженными низкоомными делителями напря-

жения. Такой режим эксплуатации ФЭУ обеспечивает их линейность при больших нагрузках (вплоть до 10^6 частиц/с). Каждый счетчик обернут в отражающую свет пленку и надежно светонезащищен, Счетчики имеют эффективность регистрации $\sim 98\%$ по всей рабочей площади.

Система идентификации электрона состоит из трех спинтилляционных dE/dx счетчиков, имеющих размеры $250 \times 320 \times 15 \text{ мм}^3$, конструктивно идентичных апертурным. Перед системой установлен конвертор из свинца толщиной 16 мм .

Принцип отделения электронов от других заряженных частиц основан на том очевидном факте, что если каждый из счетчиков dE/dx настроить на низкую эффективность регистрации одиночных частиц нелинейной природы, то вероятность одновременной её регистрации всеми тремя счетчиками системы можно сделать пренебрежимо малой. Электроны же вследствие размножения в конверторе дают в счетчиках амплитуду в несколько раз превышающую амплитуду от одиночной частицы, поэтому эффективность их регистрации остается высокой.

На рис.4 показан типичный спектр амплитуд сигналов от счетчика для одиночной частицы (без конвертора) и электрона (с конвертором). Измерения на пучке электронов показали, что при эффективности регистрации одиночных частиц $\sim 0,2\%$ система обладает 95% эффективностью по отношению к электронам.

Импульсный годоскоп служит для нахождения импульсного распределения захватываемых спектрометром частиц. Он состоит из одиннадцати счетчиков размерами $160 \times 15 \times 14 \text{ мм}^3$, которые просматриваются фотоумножителями ФЭУ-87. Геометрически счетчики расположены так, что полностью перекрывают импульсный акцеп-

танс спектрометра. Их взаимное расположение в пространстве подобрано (в соответствии с расчетом) таким образом, что каждый элемент годоскопа обеспечивает импульсный захват $\sim 1,5\%$ с небольшим взаимным перекрытием ($\leq 0,5\%$). Положение центрального элемента годоскопа соответствует расчетному фокусу для частиц с импульсом настройки спектрометра. Эффективность счетчиков не хуже 95% .

На рис.5 показана упрощенная блок-схема электроники установки "Мастер" формируется от сигналов трех спинтилляционных счетчиков и системы идентификации электронов. Сформированный им импульс ($\tau \sim 60 \text{ нс}$) открывает схему строб-совпадений, на вход которой поступают информации от всех элементов годоскопа.

Регистрация всех истинных и случайных совпадений осуществляется многоканальным пересчетным прибором с быстродействием $\geq 25 \text{ МГц}$. Одновременно осуществляются измерение и контроль показаний мониторов пучка.

Комплексная наладка и калибровка установки проводилась по измерениям в области квазиупругого рассеяния электронов на ядре ^{12}C . При этом спектрометр выставлялся под углом $\theta \approx 15,5^\circ$ относительно первичного пучка, который имел энергию $E_0 = 2,1 \text{ ГэВ}$.

Как и следовало ожидать, фоновые условия эксперимента существенно зависят от режима фокусировки пучка, от его временной структуры, от толщины используемых мишеней и от величины угла регистрации. При величине временной растяжки пучка $\sim 0,3 \text{ нс}$ и интенсивности $\sim 10^9 \text{ e}^-/\text{с}$ вклад от случайных совпадений составлял $1 \pm 2\%$.

Вклад от стенок пучкопровода и остаточного газа в тракте оценивался по измерениям без мишени и составлял $\sim 3\%$.

Доля неподавленных π^- - мезонов и электронов от фонового процесса $\gamma \rightarrow e^+e^-$ оценивалась по измерениям при обратной полярности магнита спектрометра (в режиме настройки на e^+) и составляла величину менее 2% от эффекта.

На рис.6 представлены спектры рассеянных электронов для двух толщин мишени ^{12}C $t = 0,027$ рад.ед. и $t = 0,049$ рад.ед. Указаны только статистические ошибки, которые в среднем $\sim 5\%$. Видно, что правые части квазиупругих спектров и область их максимумов хорошо описываются теоретическими кривыми [5].

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность Г.А.Вартапетяну и А.С.Алексаияну за поддержку на всех этапах работы.

Авторы признательны Г.С.Варданяну за представление своих разработок и помощь при наладке электронной аппаратуры, А.А.Агаджаняну за активное участие при монтаже оборудования, а также А.А.Аракелян, М.К.Бояджян, В.А.Вагаршакяну, Н.Б.Васинюк, А.Д.Варняну, С.А.Карпетян за содействие в работе.

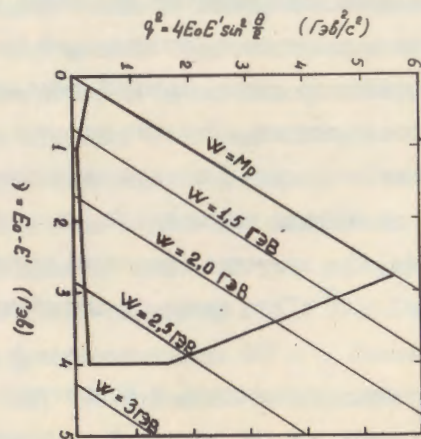


Рис. I

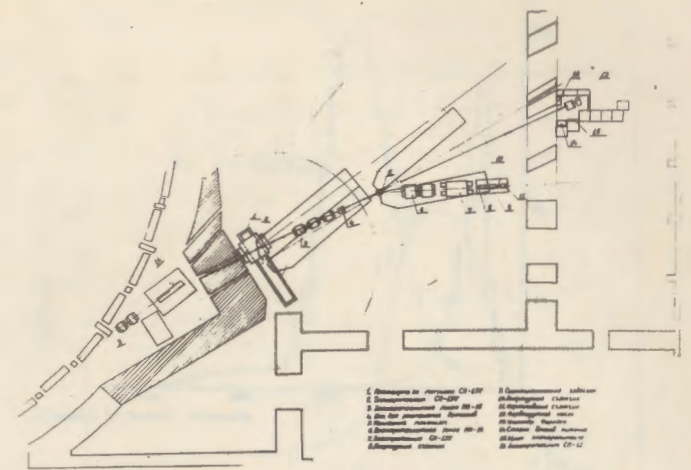


Рис.2

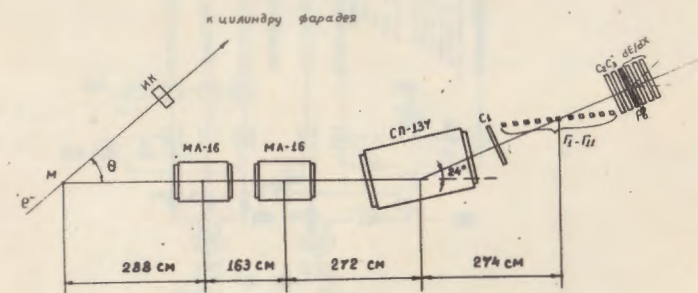


Рис.3

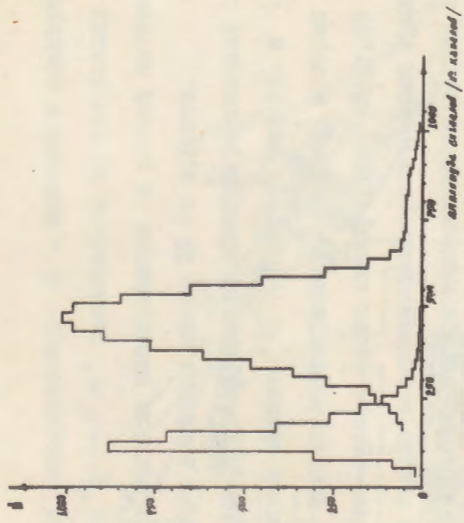


Рис. 4

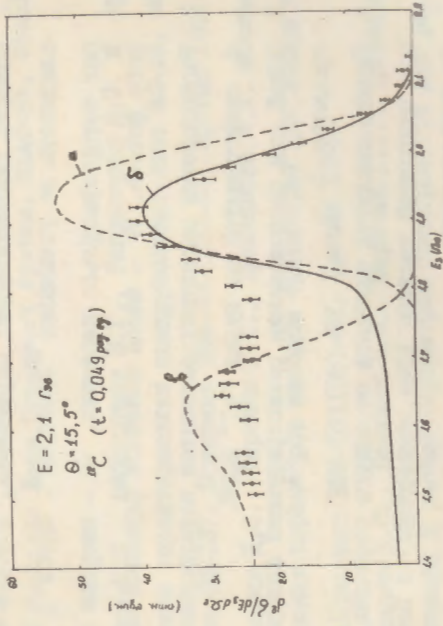


Рис. 6

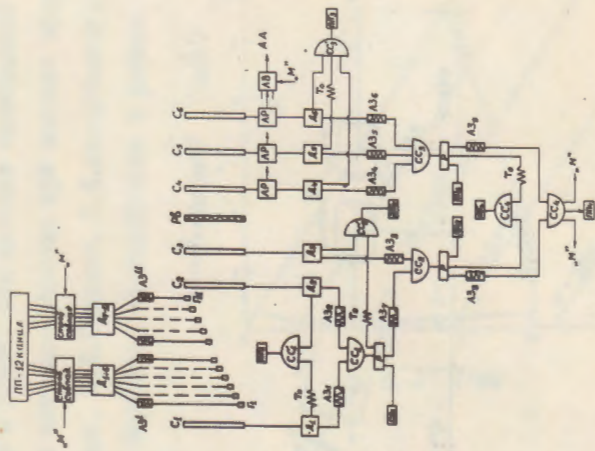


Рис. 5

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

- Рис.1 Область кинематических переменных, которую можно исследовать на установке "Электрон". Здесь q^2 - квадрат четырехимпульса передачи, ν - энергия виртуального фотона, W - масса конечной адронной системы.
- Рис.2 Расположение магнитных элементов электронного тракта и спектрометра на пучке "e⁻" ЕРФИ.
- Рис.3 Общий вид расположения регистрирующей аппаратуры спектрометра.
- Рис.4 Спектр амплитуд сигналов от одного счетчика dE/dx для одиночной частицы (без конвертора) и электрона (с конвертором)
- Рис.5 Упрощенная блок-схема электроники.
- Рис.6 Спектры неупруго рассеянных электронов на углероде. Пунктирная кривая "а" - теоретически ожидаемый спектр квазиупругого пика без учета радиационных поправок, сплошная кривая "б" - квазиупругий спектр с учетом влияния радиационных поправок. Пунктирная кривая "в" - вклад от рождения Δ_{33} резонанса, полученный интерполяцией кривой работы [5] для нашей кинематической области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brown K.L., Howry S.K. A Computer Program for Designing Charged Particle Beam Transport System, SLAC-91, Stanford 1970.
2. Арутюнян С.С., Амбарцумян В.Г., Багдасарян Д.С. и др. Магнитные характеристики квадрупольных линз МЛ-16, МЛ-15 и магнита СП-137. Препринт ЕФИ-480(23)-81, Ереван 1981.
3. Багдасарян Д.С., Мкртчян Г.Г., Трошенкова И.А. Исследование оптических параметров методом траекторий для квадруполь МЛ-16. Препринт ЕФИ-571(58)-82, Ереван 1982.
4. Багдасарян Д.С., Бояхчян Е.М., Мкртчян Г.Г., Трошенкова И.А. Оптимизация и расчет параметров спектрометра для регистрации рассеянных электронов в интервале импульсов 0,5 - 2,5 ГэВ/с Труды IV конференции молодых ученых ЕФИ, Ереван, 1980, с.227-231.
5. Glawe U., Strahbusch U., Franz J. et al. High-energy electron scattering on ⁶Li and ¹²C as an incoherent superposition of single-nucleon processes. Phys.Lett., 1979, vol.89B, N.1, p.44.

Рукопись поступила 10 марта 1983 г.

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

Заказ 249 ВФ-05997 Тираж 270

Препринт ЕМИ Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 17/УШ-83г. 1.0уч.-изд.л. Ц. 15 к.

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