

Препринт ЕФИ-1295(81)-90 .

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



Г.Г. ЗОГРАБЯН

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ "e-A"

ЦНИИатоминформ
ЕРЕВАН-1990

Նստի նստիկ ԵրՓԴ-1295(81)-90

Ղ.Գ. ԶՈՂԱՐՑԱՆ

ՓՈՐՉԱՐԱՐԱԿԱՆ "e-A" ՍԱՐՔԻ ԵՐԱԿՐԱՅԻՆ

ԱՊԱՀՈՎՈՒՄԸ

Աշխատանքում նկարագրված է միջուկների վրա թեթև միջուկային Ֆրագ-մենտների էլեկտրադինամիկ "e-A" փորձարարական սարքի ծրագրային ապահովումը: Սարքի կառավարման և տրամաչափման, ավյալների ընդունման, կուտակման և մշակման, ստացված Ֆիզիկական սպեկտրների խմբագրման և Ֆիզիկական ծրագրերը իրացված են MC -1201, միկրոհամակարգիչով, Պասկալ լեզվով և աշխատում են փոխներգործային կարգավիճակով, գրաֆիկական միջոցների կիրառմամբ:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1990



Preprint YERPHI-1295(81)-90

H.G. ZOHRABIAN

THE SOFTWARE OF THE "e-A" EXPERIMENTAL SETUP

The software of the "e-A" experimental setup for light nuclear fragment electroproduction on nuclei is described. The programs for the setup control and calibration, data gathering, storage and processing, physical spectra editing and fitting, are realized on MC-1201 microcomputer, on the PASCAL language, in interactive mode, using graphical means.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1990

Препринт ЕФИ-1295(81)-90

УДК 516:519.263:539.172.3

Г.Г. ЗОГРАБЯН

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ "е-А"

В работе описано программное обеспечение экспериментальной установки "е-А" для электророждения легких ядерных фрагментов на ядрах. Программы контроля и калибровки установки, приема, накопления и обработки данных, редактирования и фитирования спектров реализованы на микроЭВМ МС-1201 на языке ПАСКАЛЬ и работают в интерактивном режиме с применением графических средств.

Ереванский физический институт

Ереван 1990

Введение

Экспериментальная установка "е-А" (рис.1) [1] предназначена для изучения механизма образования легких ядерных фрагментов при взаимодействии электронов высоких энергий (1,5-4,5 ГэВ) с различными ядрами. Она расположена на внутреннем пучке Бреванского синхротрона в одном из промежутков между магнитными блоками. Установка состоит из камеры рассеяния, расположенной непосредственно на пучкопроводе кольца и камеры детектирования, которая находится над камерой рассеяния и отделена от нее вакуумным шибером. К камере рассеяния крепится многопозиционный мишенный механизм с несколькими (до 8) предназначенными для облучения тонкими пластинами из различных веществ. В камере детектирования установлены под различными углами к пучку ускорителя телескопы, состоящие из Δ Е, Е, А кремниевых полупроводниковых детекторов [2,3], обеспечивающие спектрометрирование и идентификацию частиц.

Электронная аппаратура (рис.2) включает в себя:

- спектрометрические, временные и логические тракты [4];
- модули, установленные на магистрали КАМАК [5,6,7];
- модули, установленные на магистрали микроЭВМ "Электроника-60".

По сравнению с ранее описанным вариантом аппаратного обеспечения эксперимента "е-А" [7] имеется заметное расширение в связи с включением в систему графического модуля TV-5 [6], накопителя на магнитной ленте SM-5300.01, печатающего устройства "ROBOTRON". Расширение аппаратного обеспечения, а также накопленный опыт разработки и обслуживания программного обеспечения привели к необходимости заново проектировать некоторые программы, ввести новые программные модули с целью расширения функциональных возможностей системы в целом.

Оставаясь в рамках операционной системы RT -II(SJ), из языков программирования предпочтение в основном отдают языку ПАСКАЛЬ, в меньшей степени используя АССЕМБЛЕР и другие языки. Предпочтение языка ПАСКАЛЬ связано с тем, что этот язык требует жесткого подхода к модульности, структурности программы, типизации, структуре данных, что делает конечные продукты работы программиста более качественными и надежными. Расширение аппаратной и программной части системы позволяют проводить экспресс-обработку сразу после набора данных, что дает возможность оперативнее принимать решения при возникновении подозрений по качеству наборов и по другим параметрам системы.

Основные программные единицы приведены ниже (рис.3):

1. ANALIZ, PSPPLS, SECDET, CONFOR, PWODIS, MAKTRG,

TARGET - настройка системы, подготовка исходных данных;

2. TLSCOP - прием и накопление информации и файл данных;

3. SETPRM, ABSOUT - обработка файла данных и получение энергетических спектров зарегистрированных частиц;

4. EDSPK - редактирование спектров;

5. FITTING - фитирование спектров.

Все программы работают в интерактивном режиме, предлагая пользователю необходимый набор функциональных услуг. В структурном плане они похожи друг на друга: после запуска производят инициализацию необходимых для их работы переменных, внешних устройств и дальше входят в режим диалога с персоналом для дальнейшего уточнения режима работы. Выбор режима работы проводится по набору фиксированных для данной программы ключей. Каждая программа имеет также ключ HELP, который предоставляет персоналу меню возможностей программы. Такими HELP ключами обеспечены также отдельные программные модули, где расшифрованы функции модуля и порядок работы.

I. Программы настройки системы

Основной программой настройки трактов электроники является программа ANALIZ. Она используется для измерения разрешающей способности, калибровки и временной привязки трактов. Программа имитирует функциональные возможности одномерного многоканального амплитудного анализатора и является расширенным вариантом программы CALIBR [7]. Программа ANALIZ после установки номера станции КАМАК с находящимся там АЦП, связанным с соответствующим трактом электроники детектора, производит по требованию оператора следующие работы:

- набор статистики и ее отображение на телевизионном дисплее;
- масштабирование по вертикали и горизонтали, установка окна

- в любой области основного спектра, изображенного на дисплее;
- представление спектра в полупологарифмическом или интегральном виде;
- точечное или гистограммное представление спектров;
- поканальное сканирование курсором с выдачей номера канала и значения статистики на дисплее;
- статистическая обработка локального пика. Обработка линий стандартного альфа-источника с определением энергетического разрешения и проведением энергетической калибровки тракта. Проверка линейности трактов с помощью генератора точных амплитуд и привязка к энергетической калибровке;
- ввод или вывод спектров в файлы типа *.SLM на гибких магнитных дисках.

На рис. 4 представлено одно из изображений на телевизионном дисплее, полученное при работе программы АНАЛИЗ. Хорошо видны альфа и генераторные пики. Слева сверху дается информация о номере станции АЦП, название ранее созданного исходного файла. Справа сверху - границы окна по горизонтали (по каналам) и величина вертикальной конверсии. Снизу слева дается режим работы и справа - горизонтальная конверсия. При работе с курсором выдается номер канала и статистика.

Для временной привязки трактов используется время-амплитудный преобразователь, запускаемый временными сигналами ΔE , E трактов. Сигнал от ВАП подается на АЦА. За счет манипулирования введенными задержками производится временная калибровка шкалы, определяется величина задержки между трактами и осуществляется ее компенсация.

Программа TSTTLS используется для тестирования телескопов при наборе данных в реальном масштабе времени. Она является усеченным вариантом программы TLSCOP (см. ниже) и производит считывание АЦП и вывод информации на телевизионный дисплей. По полученным двумерным $\Delta E, E$ картинкам (рис. 6) спектров зарегистрированных частиц (гиперболы), манипулированием усиленных трактов производится выбор оптимального расположения гипербола частиц-фрагментов и их энергетических диапазонов в окне дисплея, связанного с динамическими диапазонами $\Delta E, E$ АЦП. При достижении оптимальных усиленных трактов производится калибровка трактов программой ANALIZ .

Часто бывает трудно визуально идентифицировать гиперболы с конкретными частицами-фрагментами, хотя если известна толщина тонкого детектора, то при наличии калибровки можно вычислить энерговыделения и прикинуть, какой частице данная гипербола соответствует. Программа STCDET рисует (при наличии калибровок, толщин детекторов) характерные гиперболы частиц, и с ее помощью также можно идентифицировать их, налагая экспериментальные спектры картин, полученные программой TSTTLS или TLSCOP (рис. 6). В программе используются затабулированные значения пробегов-энергий для протонов. По переходным формулам можно имитировать прохождение какой-либо другой тяжелой частицы [8]. Программа STCDET может производить также вывод информации на системный дисплей и на печатающее устройство для получения твердой копии данных об энерговыделениях в детекторах.

Программы CONFOR и TWODIS предназначены для преобразования накопленных программой TLSCOP данных в массивы размер-

ностью 64 x 64 и их отображение на дисплее в вертикальной или в аксонометрической проекции. В последнем случае предусмотрено вращение картины для выбора удобного угла зрения (рис.5).

Программа `SARGMA` используется для установки мишеней. Об этой программе подробно будет говориться в отдельной публикации (препринте [14]) по именованному механизму.

... Прием и накопление данных

Основной программой приема и накопления данных является программа `ALSOB` (см. также [7]), производящая прием событий от АЦП трактов телескопов Δ , E , B и накопления этой информации в файл на внешней памяти. Событие описывается рекордом, состоящим из двух слов по 16 разрядов, содержащих коды Δ , E , B , АЦП в младших 12 разрядах, а в 4 старших разрядах кодируется номер телескопа. Размер этого файла задается оператором (обычно 400 блоков), но может быть и короче, если произведена остановка программы до переполнения файла. В первом случае предусмотрена генерация звуковых сигналов для привлечения внимания персонала при переполнении файла. Как видно, программа работает по принципу последовательного накопления событий в отличие от интегрального метода. Этот способ дает возможность контролировать динамику набора. Например, если во время шифта были всплески "высыпания" в поле набора (из-за нестабильности ускорителя или от других помех), то можно определить в файле набора данных место высыпания и исключить их из дальнейшей обработки. Кроме того, при наличии многофункционального генератора точных амплитуд можно периодически производить контроль

набора в программном режиме, скажем, по таймеру. Это позволит проводить как таймирование, так и контролировать дрейф усиления или ухудшения разрешения трактов и принимать соответствующие меры, включая программирование.

В нашем случае внешний генератор использовался для изучения предельных характеристик программы по быстрдействию. Для этого в программе TLSCOP предусмотрен запуск цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) в проверяемых участках программы. Сформированные программой сигналы от ЦАП-а подаются на осциллограф, который синхронизируется сигналом от генератора. По амплитуде сигнала идентифицируется область программы, выдавшая сигнал, а по расстоянию по времени от генераторного сигнала - время запуска соответствующих участков программы. Эти измерения показали, что система имеет постоянное для данного процессора "мертвое время" и является системой измерения I рода. На процессоре MC-1201.01 для программы TLSCOP получили время обслуживания события примерно 0,6 мсек. Уровень просчетов при номинальных нагрузках - 1-2 %.

В настоящей редакции программа TLSCOP расширена для приема и накопления данных из 4 (ΔE , E) - телескопов, где каждый тракт по своему АЦП может производить прерывание. Можно без потерь по быстрдействию сгруппировать телескопы для выдачи одного требования на прерывание от телескопа ($\Delta E+E$), т.е. 8 телескопов на один крейт. Вообще, при принятом нами способе кодирования телескопов в событиях (использование старших 4 разрядов для нумерации телескопов при 12-разрядных АЦП), можно одновременно проводить набор от 16 телескопов в файл данных.

Данная версия программы PLSCOP спроектирована на языке ПАСКАЛЬ, и в нее добавлены некоторые дополнительные функции-удобства: по желанию высвечиваются данные на дисплее (рис.6), выдается количество заполненных блоков файла, число событий в каждом телескопе и т.д. на системный терминал.

3. Предварительная обработка данных

Сутью предварительной обработки данных в нашем случае является преобразование полученных программой PLSCOP данных в энергетические распределения исследуемых частиц (спектров). Обработка осуществляется в два этапа.

3.1. ПРОГРАММА SETPRM

Сначала программой SETPRM осуществляется отображение данных на дисплее (рис.6). Далее по качеству гипербола выбираются телескопы, которые подлежат обработке. Потом для выбранных телескопов производится установка необходимых для обработки параметров. Таковыми параметрами для каждого телескопа являются:

- имя исходного файла данных (текстового типа);
- энергия электронного пучка;
- значение показания квантометра (для мониторинга);
- включение/выключение телескопа (логического типа);
- калибровочные параметры ΔE и E детекторов телескопа;
- телесный угол телескопа и угол к направлению пучка;
- толщины алюминиевых поглотителей, установленных перед телескопом, предохраняющие от малознергетичного радиационного фона и т.д.

Ограничась в перечислении вводимых параметров телескопов, отметим, что часть параметров формируется процедурами при работе с картинками гипербола, и далее — ID*, ETOT картин, где ID — параметр идентификации, ETOT — полная энергия частицы. Например, при установке окна дисплея для отображения участков двумерных картин в мировых координатах и др. Такими параметрами являются IDCAL, IDALFA, IDB для формулы идентификации частиц (линии на гиперболах (рис.6)).

$$ID = IDCAL * ((E + E)^C - E^C), \quad C = IDALFA + IDB/E$$

и далее IDMIN, IDMAX, ETMIN, ETMAX

После получения этих параметров проводится отображение на дисплей ETOT картин (рис.7), где события с идентичным ID = M * Z² выстраиваются в горизонтальные линии. Далее определяется число частиц, для которых возможна дальнейшая обработка.

Дело в том, что невозможно получить всеобъемлющие параметры

IDCAL, IDALFA, IDB для всех частиц. Поэтому производится такая выборочная обработка. Так или иначе определяется число подлежащих обработке частиц. Для выбранных частиц производится установление параметров, определяющих данную частицу (имя, масса и заряд частицы, границы, локализирующие частицу по ID и ETOT) (рис.7, прямоугольники).

После того, как таким образом частицы определены, осуществляется третья прокрутка файла данных уже для наполнения определенного для данной частицы массива энергетического распределения.

Отметим, что для каждого из четырех телескопов можно задавать до 6 типов частиц со своими параметрами. После завершения

обработки по накоплению статистики в массивах информация выводится на диск в виде файла типа *.TLS . Все перечисленные параметры и массивы в программе, логически связанные друг с другом, определены в рекордах в смысле языка ПАСКАЛЬ. Отмеченный файл *.TLS с уже фиксированными параметрами может быть использован для обработки других шифтов с идентичными условиями измерений (кроме параметра значения квантометра и, быть может, значения энергии пучка).

3.2 Программа ABSOUT

Полученные программой SETPRM данные принимаются программой ABSOUT с целью извлечения конечных спектров. Сначала осуществляется инициализация данных по тормозным способностям материалов для мишени и для поглотителя. Эти данные читаются из специальных файлов по тормозным способностям, подготовленным отдельной программой МАКТРГ и используются для поправок на ионизационные потери частиц в мишени и поглотителях. Далее проводится преобразование спектров распределения статистики по энергиям в абсолютные сечения по значению монитора (Гаусс-квантометра) при выбранном числе точек (рис.8). По виду спектра решаем вопрос об изменении количества точек: если статистики мало, то их уменьшением, и наоборот. Максимальное количество каналов равно 128. По картине также можно оценивать качество спектров. При удовлетворительных результатах их можно выводить на принтер или на диск файл типа *.SPK для дальнейшей работы.

4. Программа EDSK (рис.8)

С помощью программы мы можем проводить редакторские работы над полученными выше спектрами. Например, отображать несколько спектров на дисплее, объединять несколько спектров в одно целое, объединять несколько экспериментальных точек в одну, исключить несколько точек из спектров, вводить от клавиатуры новые точки и т.д. Желание объединить спектры может возникнуть, если идентичные по характеру спектры получены из различных шифтов. Такие процедуры полезны, особенно если учесть, что полученные описанным выше способом спектры еще не поправлены на эффективность регистрации. В нашем случае расчеты по эффективности проводятся отдельной программой (в том числе, методом Монте-Карло [2]).

5. Программа FITTING

Программа фитирования была разработана с целью получения конечных физических результатов в форме проверок теоретических моделей гипотез и извлечения их параметров и основана на общеизвестной программе FITFIT [9]. Как говорилось во введении, все программы интерактивны, и это свойство оказалось не менее полезным здесь, чем в других программах.

После запуска программы производится вызов файла спектра, который подлежит фитированию. Задаваясь окном дисплея; выводим спектр на экран. Далее выбираем гипотезу (в нашем случае все проверяемые гипотезы заранее вводятся в процедуру в исходной программе), задаем параметры фита (количество итерации, максимальное число дробления шага и др.). Можно задавать

исходные, граничные значения параметров, начальные значения шагов и проводить итерацию. Результаты выводятся на системный терминал. После завершения итерации, в зависимости от результата фита, можно продолжать фитирование с текущими параметрами от предыдущей прокрутки или выборочно менять некоторые параметры. В случае трудных фитов полезно периодически проводить вывод полученной функции на дисплей, где уже находятся экспериментальные точки и сравнивать их расположение. Это дает возможность определить как и какие параметры менять, фиксировать, запускать для лучшей сходимости итерации (рис.9). Полученные результаты выписываются из терминала, и их можно использовать как конечный результат для дальнейшего физического анализа (сравнить с другими экспериментами и т.д.).

Отметим, что в нашем варианте процедура FUMILI ограничена по количеству фитируемых параметров (до 15) и исключены все ветвления, связанные со входом LIKELM. С точки зрения быстродействия программа в случае простых функций не доставляет особых неудобств оператору, так как укладывается во времени естественной реакции человека на отклик. Правда, в случае трудоемких функций, особенно если надо вычислить интеграл, время одной итерации может доходить до 20-30 секунд и более, что создает определенное неудобство.

Заключение

Все перечисленные программы были тщательным образом протестированы и далее использованы в эксперименте "е-А". Однако по мере расширения аппаратной части установки, поступления но-

вых задач и приобретения опыта проектирования программ работы над их дальнейшим усовершенствованием продолжаются.

В заключение автор считает своим долгом выразить искреннюю признательность Г.В.Бадаляну за постановку задачи, содействие и обсуждения, Г.И.Меликову за полезные советы, Г.Э.Маркарян за активное участие в эксплуатации программ и стимулирующие обсуждения, Д.М.Бегларян за помощь в работе.

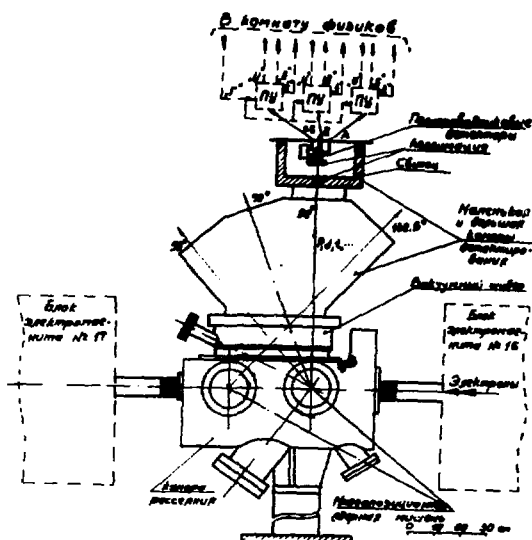


Рис. I Общий вид экспериментальной установки "е-А".

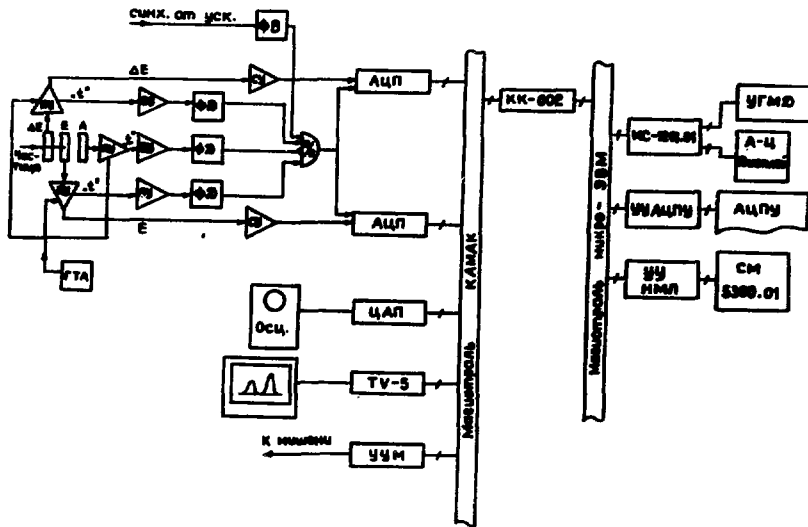


Рис.2 Регистрирующая электронная и вычислительная аппаратура.

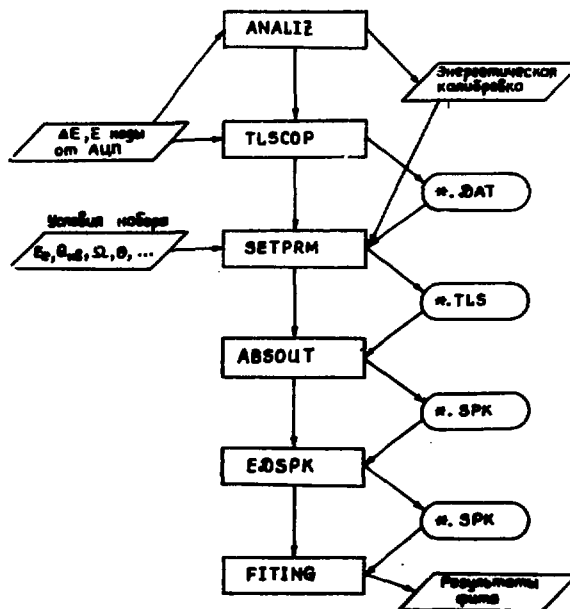


Рис.3 Структура программного обеспечения и модификации информации.

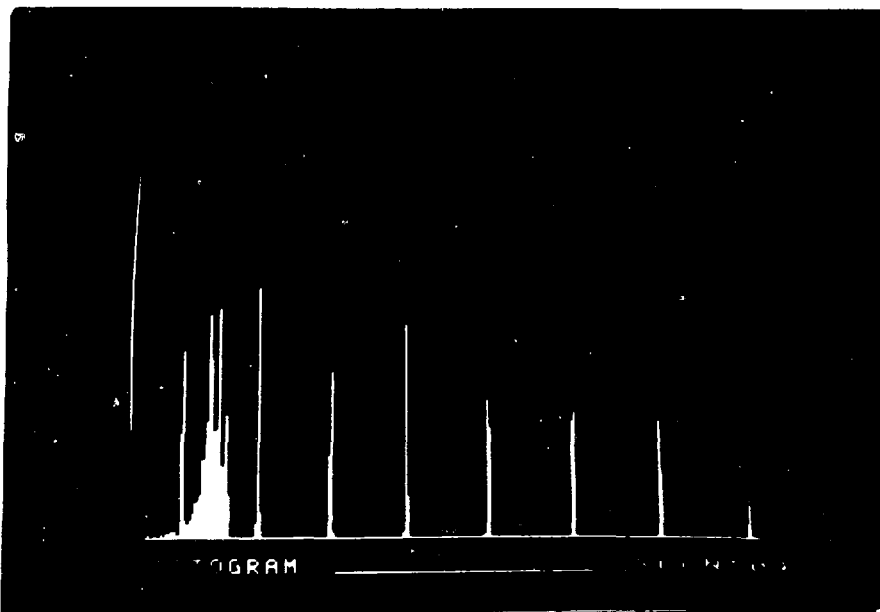


Рис.4 Изображение на экране телевизора; при работе программы ANALIZ видны d и генераторные пики при канализации тракта.

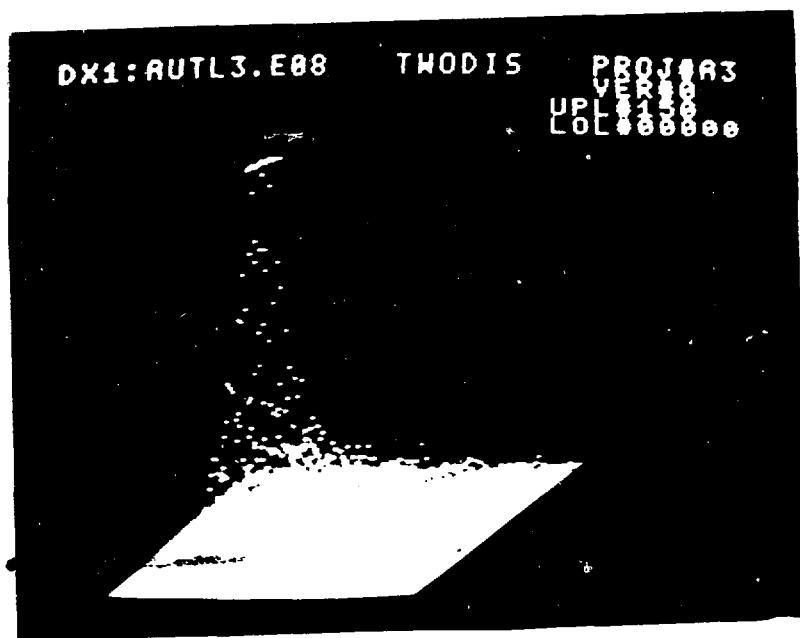


Рис.5 Аксонометрическое изображение $\Delta E \times E$ спектров-гипербол размерностью 64 x 64.

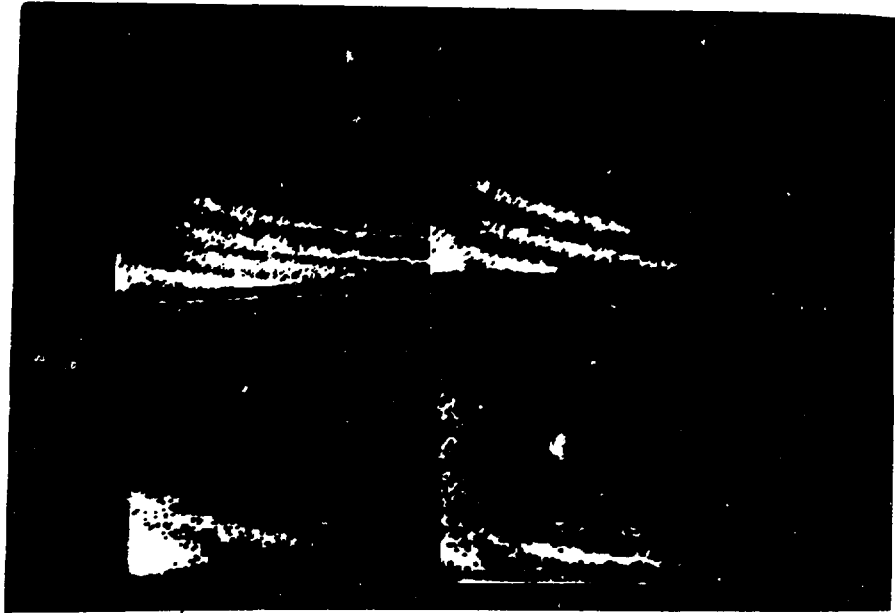


Рис.6 Изображение $\Delta E \times E$ спектров-гипербол для телескопов.
Линии проведены при подборке параметров идентификации.

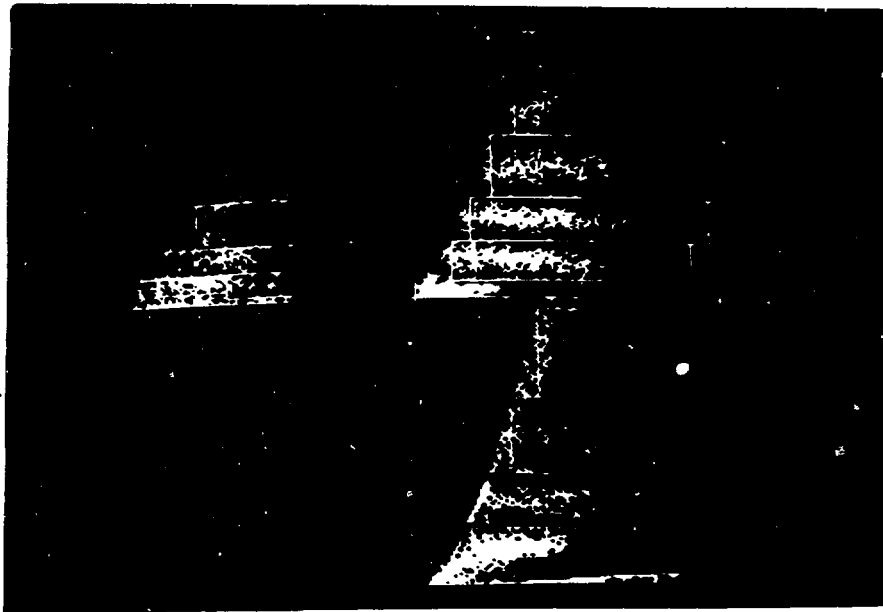


Рис.7 Изображение $ID \times ETOT$ спектров для разных телескопов.
Прямоугольники выделяют частицы-фрагменты данного типа.

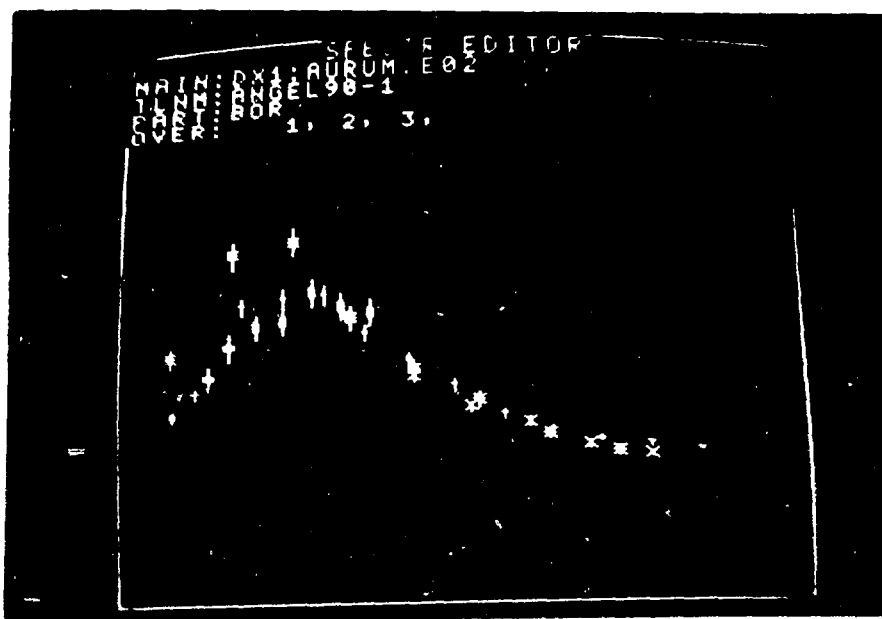


Рис.8. Изображение нескольких спектров-частей при процедуре редактирования.

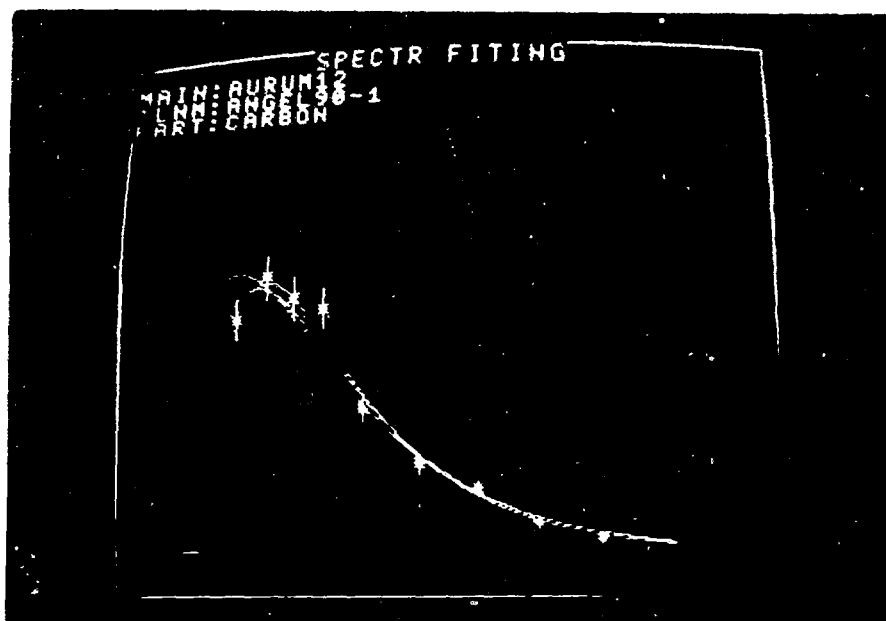


Рис.9. Изображение процедуры фитирования спектра. Линии соответствуют Максвелл-Больцмановскому распределению при различных значениях параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арутюнян В.Н., Бадалян Г.В., Бегларян Д.М. и др. Изв.АН АрмССР, серия: Физика, 1979, т.14, вып.3, с.172.
2. Бадалян Г.В., Зограбян Г.Г., Меликов Г.И. Препринт БФИ-734(49)-84, Ереван, 1984.
3. Айвазян Г.М., Ахвердян Э.А., Бадалян Г.Г. и др. Препринт БФИ-944(95)-86, Ереван, 1986.
4. Акимов Ю.К. и др. Препринт ОИЯИ 13-6236, Дубна, 1972.
5. Трофимов А.С., Челноков Л.П. Препринт ОИЯИ 13-8745, Дубна, 1975.
6. Семенов Ю.Б., Челноков Л.П., Портие Р. Препринт ОИЯИ 13-81-271, Дубна, 1981.
7. Арутюнян В.Н., Бадалян Г.В., Зограбян Г.Г. Препринт БФИ-784(II)-85, Ереван, 1985.
8. Немец О.Ф., Гофман Ю.В. Справочник по ядерной физике. Киев, Наукова думка, 1975.
9. Статистические методы в экспериментальной физике М.: Атомиздат, 1976, с.319.

Рукопись поступила 3 сентября 1990 г.

Г.Г. ЗОГРАБЯН

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ "е-А"

Редактор Л.П. Мукаян

Технический редактор А.С. Абрамян

Подписано в печать 25/ХП-90г.

Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 1,0 Тираж 299 экз. Ц. 15 к.

Зак. тип. № 356

Индекс 3649

Отпечатано в Ереванском физическом институте

Ереван 36, ул. Братьев Алиханян 2

**The address for requests:
Information Department
Yerevan Physics Institute
Alikhanian Brothers 2,
Yrevan, 375036
Armenia, USSR**

ИНДЕКС 3649



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

