

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

P10-87-130

**Н.Л.Горшкова, К.Г.Денисенко\*, Ю.А.Мурин\***

**ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ  
УСТАНОВКИ "СПЕКТРОМЕТР ЯДЕР ОТДАЧИ"  
ЛВЭ ОИЯИ  
НА МИНИ-ЭВМ ТИПА СМ-4**

---

\*Радиевый институт им. В.Г.Хлопина, Ленинград

## ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени обработка экспериментальных данных ядерно-физических экспериментов проводилась в основном на больших ЭВМ. Однако широкое внедрение в практику мини- и микроЭВМ для сбора и накопления информации делает целесообразным их использование и для обработки данных. Преимущества такого подхода ясны:

1. Использование ЭВМ одного типа позволяет обойтись без перекодировки информации. Так, для перехода с ЭВМ типа СМ на ЭВМ типа ЕС необходимо осуществить переход от кода ASCII к коду EBCDIC. Такая перекодировка требует значительных затрат времени.

2. Возможность индивидуального использования ЭВМ и интерактивного режима работы.

3. Работа в среде одной операционной системы /напр., РАФОС /<sup>1/</sup> /.

В то же время существенная ограниченность возможностей по быстродействию и оперативной памяти по сравнению с большими вычислительными машинами повышает требования к математическому обеспечению, его структуре и алгоритмам.

Имеется ряд работ /см., например, /<sup>2/</sup> /, в которых описано применение малых ЭВМ для автоматизации физического эксперимента, но применение их для обработки данных осуществляется достаточно редко.

В этой работе описывается использование системы MES/<sup>3/</sup> и пакета программ MDB, написанного нами, для обработки данных по фрагментации ядер, полученных на установке "Спектрометр ядер отдачи" /СЯО/ ЛВЭ ОИЯИ /<sup>4/</sup> /.

### 1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ОБРАБОТКИ

Установка СЯО позволяет измерять инклюзивные сечения продуктов фрагментации ядер в широком диапазоне по энергии детектируемых ядер. Основными регистрирующими элементами установки являются телескопы полупроводниковых детекторов, позволяющие

производить зарядовую идентификацию и определять энергию ядер-фрагментов. Длина одного события при записи на магнитную ленту /МЛ/ составляет около сорока шестнадцатиразрядных слов.

Основными этапами обработки экспериментальных данных и получения дифференциальных сечений образования фрагментов являются следующие /рис. 1/:

1. Накопление двумерных распределений /матриц/ с МЛ с первичной информацией. При этом осуществляется контроль за эффективностью работы счетчиков в ходе эксперимента /контроль мертвого времени установки/.

2. Вычисление параметра идентификации /PID/ для всех изучаемых ядер-фрагментов. Под параметром идентификации понимается совокупность констант, позволяющих однозначно установить заряд зарегистрированного ядра-фрагмента.

3. Получение дифференциальных сечений образования фрагментов  $\frac{d^2\sigma}{dE d\Omega}$  в относительных единицах.

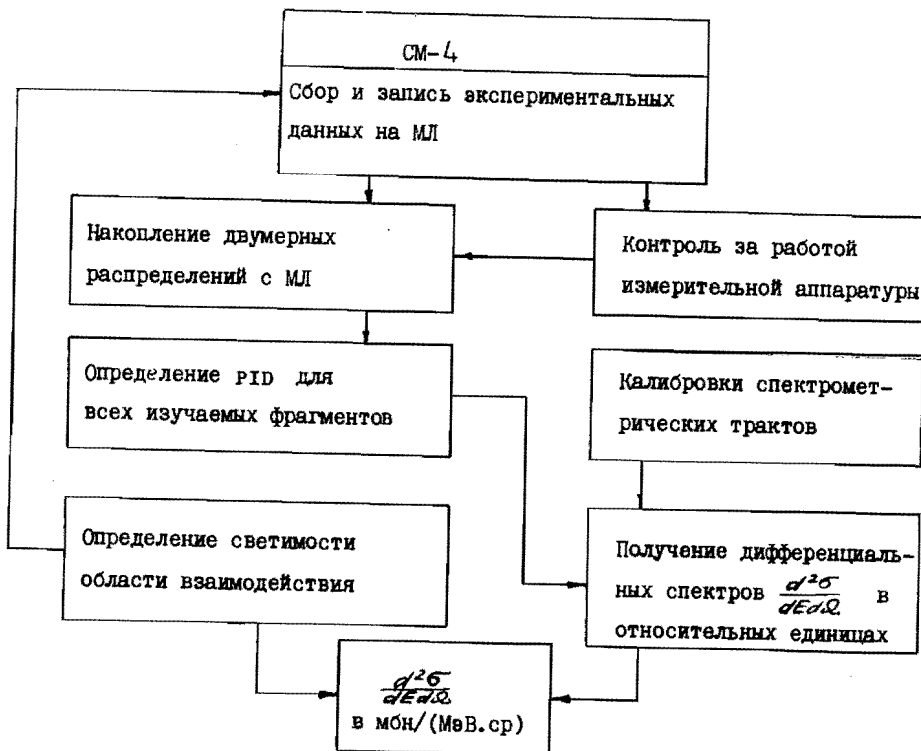


Рис.1. Блок-схема основных этапов обработки экспериментальных данных.

4. Получение абсолютных дифференциальных сечений.

Главной задачей, стоящей при разработке математического обеспечения для решения этих задач, является достижение максимальной эффективности алгоритмов в силу ограниченности возможностей ЭВМ СМ-4.

Наиболее времяемким этапом является чтение МЛ с экспериментальными данными и извлечение из них распределений для последующей работы. Возможность дальнейшего уточнения калибровок и геометрии детекторов, PID и т.п. налагает требование независимости первого этапа от этих параметров. Поэтому на первом этапе происходит накопление матриц  $\Delta E - E$ , где  $\Delta E$  - энергия, теряемая частицей в первом пролетном детекторе, а  $E$  - энергия, теряемая в детекторе полного поглощения. При этом энергия отсчитывается в номерах каналов амплитудно-цифрового преобразователя /АЦП/. Переход к энергетической шкале производится на последующих этапах для обеспечения независимости от калибровок детекторов.

### 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ MES ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Использование системы MES для первичной обработки продиктовано двумя факторами:

1. Этот пакет программ используется при сборе и записи информации на МЛ.

2. В рамках этого пакета имеется развитая система гистограммирования и графического представления информации.

Оперативная память ЭВМ СМ-4 размером 128К позволяет по команде "PLOT" системы MES заказать три двумерных матрицы: M1 размером 200 на 100 каналов и M2, M3 размером 100 на 75 каналов. M1 используется для накопления матрицы  $\Delta E - E_1$ , M2 - для накопления матрицы  $E_1 - E_2$  /в случае, когда для определения энергии частицы используются три детектора, см. /4/ /. M3 служит для накопления матрицы, содержащей упругий пик дейтронов отдачи из гибридной мишени  $(CD_2)_n$  + исследуемое вещество, и используемой для абсолютного мониторинга /5/ .

Накопление M1-3 происходит только для временных интервалов, в которых обеспечивается сброс примерно одинакового числа ускоряемых частиц на мишень. Одновременно происходит суммирование показаний мониторинговых сцинтилляционных счетчиков и контроль мертвого времени установки.

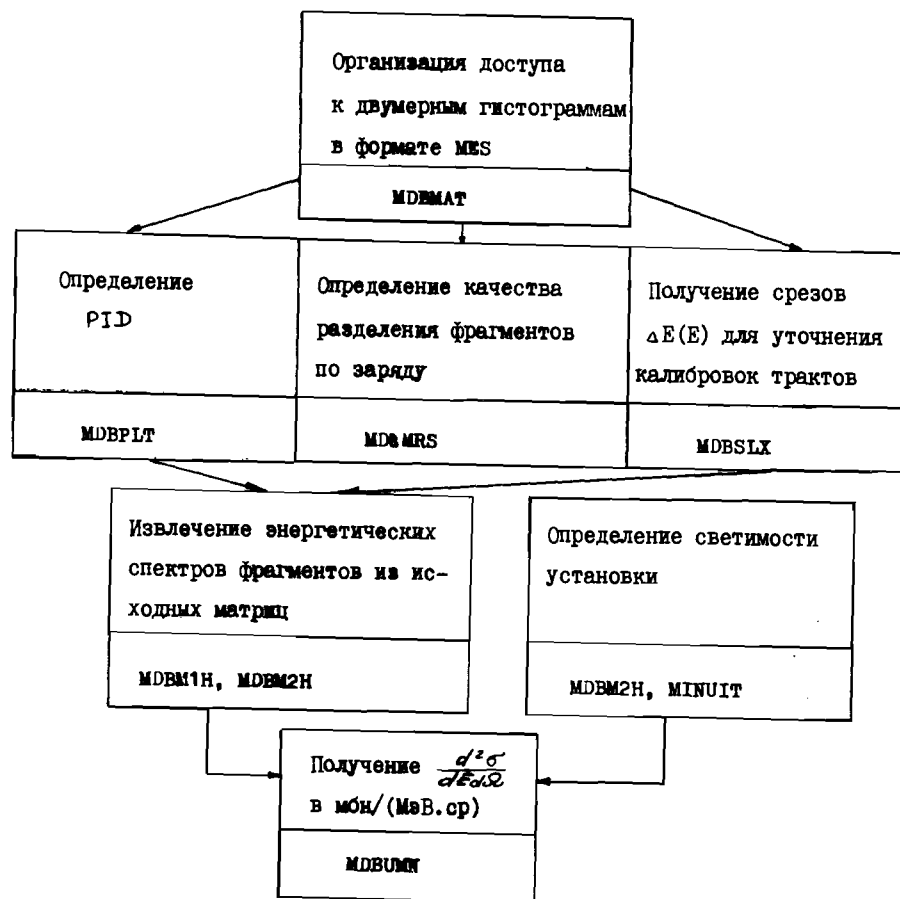
По окончании обработки одного файла на МЛ вся накопленная информация записывается на магнитный диск /МД/ или МЛ для по-

следующего анализа. Имеется возможность прервать обработку файла в любом месте, чтобы впоследствии продолжить ее с места останова.

Информация, записанная на МД, является входной для пакета программ MDB, посредством которого осуществляется дальнейшая обработка.

#### 4. ОПИСАНИЕ ПАКЕТА ПРОГРАММ MDB

Пакет MDB состоит из программ, обеспечивающих реализацию следующих этапов обработки /рис. 2/:



Вис. 2. Структура пакета MDB.

1. Обеспечение доступа к матрицам, записанным на МД в формате MES - программа MDBMAT.

2. Определение PID для ядер-фрагментов - программа MDBPLT.

3. Определение зарядового разрешения - программа MDBMRS.

4. Получение проекций /срезов/  $\Delta E(E)$  - зависимости для данного ядра-фрагмента на оси  $\Delta E$  и  $E$  для уточнения калибровок детекторов - программа MDBSLX.

5. Извлечение энергетических спектров фрагментов из  $M1, M2$ . При этом используются калибровки полупроводниковых детекторов, уточненные на этапе 4 - программы MDBM1H и MDBM2H, работающие с  $M1$  и  $M2$  соответственно.

Все программы пакета написаны на языке ФОРТРАН-4 ОС RT-11 V.5.0. При генерации версии компилятора была включена возможность поддержки виртуальных массивов /тип VIRTUAL/. Массивы этого типа размещаются в оперативной памяти СМ-4 выше первых 32К. Программы пакета MDB выполняются под управлением SJ - монитора ОС RT-11 V.5.0.

Перейдем к подробному описанию пакета MDB.

1. Программа MDBMAT считывает динамический блок памяти - результат работы SAVE - процессора системы MES. По команде системы MES

SAVE, OUT, DK, M1, R5, M1

на устройстве DK: оказывается файл, содержащий матрицу  $M1$  с именем  $M1.R5.MDBMAT$  использует для считывания этого файла подпрограмму GETMDB и объектную библиотеку IOLIB системы MES<sup>13/</sup>, модифицированные для использования виртуальных массивов. Затем MDBMAT применяется либо для передачи информации о матрице другим программам пакета, либо для записи на МД прочитанной матрицы в формате, принятом в пакете MDB.

2. При регистрации ядер фрагментов с  $Z = 3 - 15$  матрица  $\Delta E - E_1$  имеет сложный вид. На рис. 3 приведена  $M1$ , полученная в эксперименте по изучению фрагментации ядер золота в пучке релятивистских протонов. Для определения PID  $M1$  разбивается на области /рис. 3, штриховые линии. В данном случае имеется шесть областей/. В пределах каждой области зависимость  $\Delta E(E_1)$  предполагается линейной для каждого ядра-фрагмента. С помощью программы MDBPLT и графических средств системы MES подбираются коэффициенты линейной трансформации, позволяющие представить  $M1$  в виде полос, ограниченных линиями, параллельными оси  $E_1$ . По такой трансформированной матрице, типичный вид которой представлен на рис. 4, определяются верхняя и нижняя границы полосы для данного ядра-фрагмента. Параметры границ в совокупности с коэффициентами линейной трансформации составляют PID данного ядра-фрагмента.

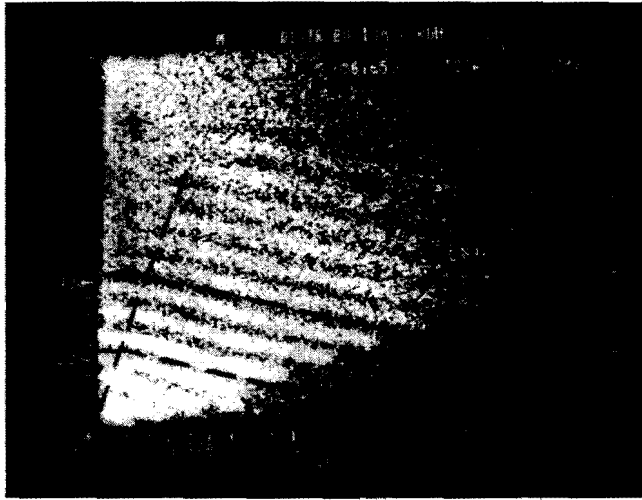


Рис. 3. Матрица  $\Delta E(E_1)$ , полученная при изучении реакции  $p+Au \rightarrow F+X$ . Штриховыми линиями нанесено деление на области квазилинейной  $\Delta E(E_1)$ -зависимости.

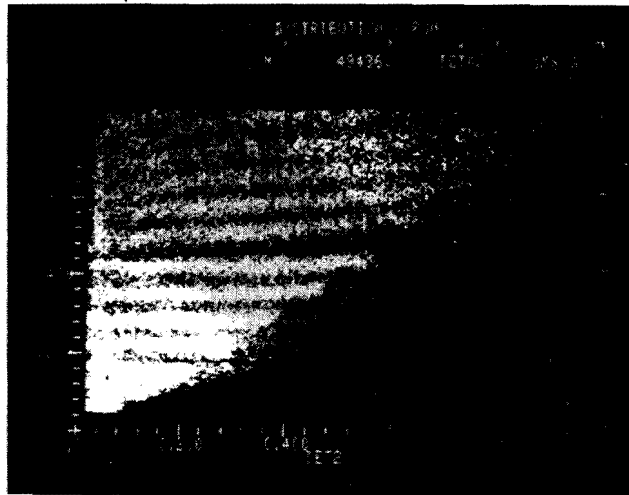


Рис. 4. Матрица, полученная при линейной трансформации M1.

3. Имея PID любого фрагмента, можно получить различные проекции M1. Для этого служит программа MDBSLX, результатом работы которой являются файлы, содержащие проекции полосы данного фрагмента на оси  $E_1$  и  $E$ .

4. Проекция линейно трансформированной M1 на ось  $\Delta E$  /рис.5/ с помощью программы MDBMRS дает возможность определить зарядовое разрешение.

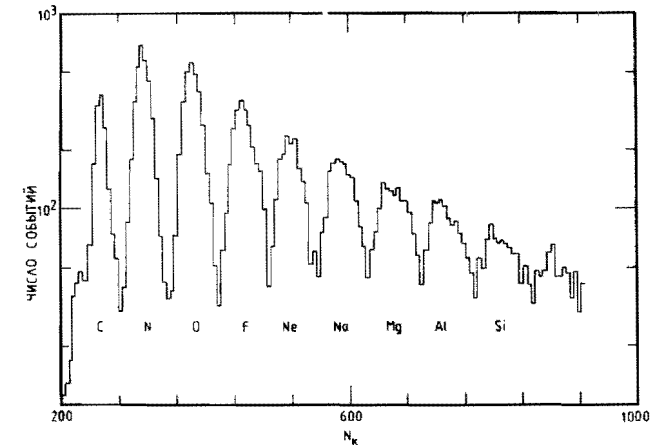


Рис. 5. Спектр фрагментов, по которому определяется зарядовое разрешение /проекция линейно-трансформированной M1 на ось  $E$ /.

5. Заметим, что для M2 зависимость  $E_2(E_1)$  носит квазигиперболический характер, поэтому разделение полос, соответствующих различным зарядам фрагментов, производится путем определения параметров соответствующих гипербол.

Значения PID для M1 и коэффициенты гипербол для M2 служат входными параметрами для программ MDBM1H и MDBM2H. Пользователь по собственному усмотрению задает энергетические границы для спектров. Число каналов в одномерном спектре определяется числом каналов по  $E$  - оси матрицы.

Для получения абсолютных сечений используется метод, основанный на регистрации упруго рассеянных дейтронов из гибридной мишени  $(CD_2)_n +$  исследуемое вещество  $^{57}$ . Программа MDBM2H имеет режим работы, позволяющий выделить дейтронный спектр из M3. Типичный спектр дейтронов представлен на рис. 6. Отделение

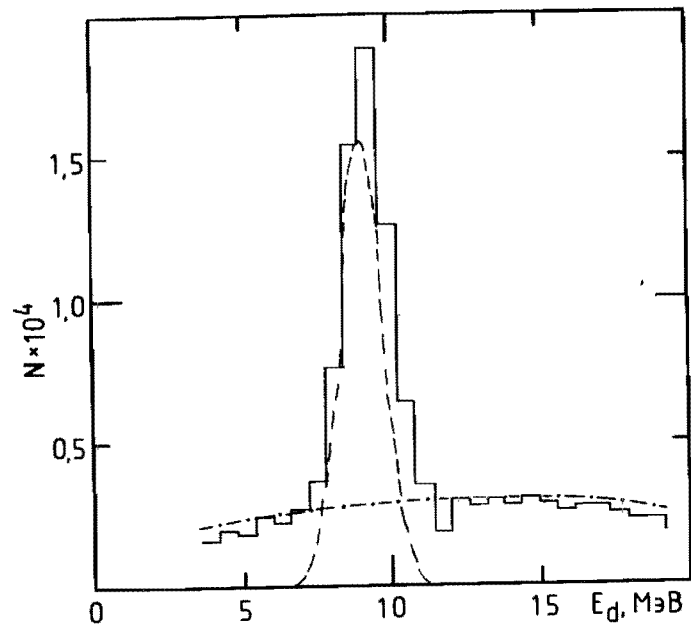


Рис. 6. Спектр упруго рассеянных дейтронов отдачи. Выделенный пик изображен пунктирной линией, фоновая кривая представлена штрих-пунктирной линией.

пика упруго рассеянных дейтронов от фрагментационного фона производится с помощью программы MINUIT <sup>16/</sup>, адаптированной для СМ ЭВМ. При этом сам пик аппроксимируется гауссовой функцией, а фон - параболой. На рис. 6 выделенный пик изображен пунктирной линией, а фон - штрих-пунктирной. Параметры упругого пика /положение максимума и число упруго рассеянных дейтронов/, зависимость сечения упругого рассеяния  $|\frac{d\sigma}{dt}|$  от квадрата

переданного 4-импульса  $t^{1/2}$ , а также известные толщина и вес мишени позволяют определить нормировочный коэффициент для получения абсолютных сечений образования ядер-фрагментов.

Обработка экспериментального материала, содержащегося в матрицах М1 - М3, с получением дифференциальных инклюзивных сечений образования фрагментов занимает на СМ-4 около 10 мин /при известных PID и калибровках детекторов/.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрен подход к обработке данных по фрагментации, позволяющий отказаться от использования больших ЭВМ и в то же время упростить и ускорить процесс обработки. Отметим, что быстродействие ЭВМ типа ЕС 1055М, установленной в вычислительном центре ЛВЭ ОИЯИ, составляет около 350 тыс. операций в секунду по смеси Гибсона, что лишь в 2 - 2,5 раза превосходит быстродействие СМ-4. В то же время машины типа ЕС постоянно работают в многозадачном, многопользовательском режиме, что неизбежно ведет к дефициту компьютерного времени и высокой сложности используемой операционной системы.

Использование системы MES дает возможность в интерактивном режиме просматривать ленты с экспериментальным материалом, производить накопление двумерных распределений одновременно с контролем за эффективностью работы аппаратуры. При этом нет необходимости в перекодировке МЛ, записанных в эксперименте, т.к. прием данных производится также с помощью MES. Пакет программ MDB, созданный авторами, широко использует возможности ЭВМ класса СМ: всю оперативную память размером 128К, интерактивный режим работы, доступность и простоту использования графических средств.

Появление новых мини-ЭВМ, программно совместимых с СМ-4 и превосходящих ее по быстродействию, позволяет говорить о перспективности такого подхода. Простота работы с программным интерфейсом делает предложенный комплекс доступным широкому кругу пользователей.

Описанный пакет программ успешно применяется для обработки данных, получаемых на установке СЯО ЛВЭ ОИЯИ.

Авторы благодарны А.А.Лебедеву /ИФВЭ/, предоставившему адаптированную для СМ ЭВМ версию программы MINUIT, и А.Ю.Суханову /ОИЯИ/, давшему много ценных консультаций по системе MES.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Валикова Л.Н. и др. Операционная система СМ ЭВМ РАФОС. "Финансы и статистика", М., 1984.
2. Алимов Г.Р., Лустов Н.М., Семенов Б.Ю. ОИЯИ, 10-85-790, Дубна, 1985; Елизаров О.И. и др. ОИЯИ, Р10-85-752, Дубна, 1985; Черняк А.Ю. и др. ОИЯИ, Р10-86-152, Дубна, 1986.
3. Горбунов Н.В. и др. ОИЯИ, Р10-85-954, Дубна, 1985; Горбунов Н.В. и др. ОИЯИ, Р10-85-955, Дубна, 1985; Горбунов Н.В. и др. ОИЯИ, Р10-85-956, Дубна, 1985.

4. Абашидзе Л.И. и др. ОИЯИ, 1-83-185, Дубна, 1983.
5. Мурин Ю.А. и др. Препринт РИ-135, Л., 1980.
6. James F., Roos M. Comp.Phys.Comm., 1975, 10, p.343.
7. Шафранова М.Г. ЭЧАЯ, 1974, т.5, вып.3, с.645.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 февраля 1987 года.

### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 р. 80 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Горшкова Н.Л., Денисенко К.Г., Мурин Ю.А. P10-87-130  
Обработка экспериментальных данных установки  
"Спектрометр ядер отдачи" ЛВЭ ОИЯИ  
на мини-ЭВМ типа СМ-4

Рассмотрен подход к обработке данных по фрагментации, полученных на установке СЯО ЛВЭ ОИЯИ. Показано, что на базе мини-ЭВМ класса СМ-4 можно добиться упрощения и ускорения обработки определенного класса информации по сравнению с большими ЭВМ за счет индивидуального использования процессора и периферии, а также более простого системного математического обеспечения. Описано использование системы MES и пакета программ MDB для работы с магнитными лентами с экспериментальными данными и получения сечений образования изучаемых продуктов ядерных реакций.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Gorshkova N.L., Denisenko K.G., Murin Yu.A. P10-87-130  
Experimental Data Processing of the Nuclear  
Recoil Spectrometer

Approach to the processing of fragmentation data obtained by Nuclear Recoil Spectrometer (High Energy Laboratory, JINR) is considered. The possibility to simplify and accelerate data processing on the basis of СМ-4 (PDP-11/34) computers is shown. This acceleration is due to the individual use of processor and peripherals and the simplicity of system software. The use of MES system and MDB software package for work with magnetic tapes with data and obtaining the cross sections for nuclear reaction products is described.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987