

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P1-85-438

В.С.Бутцев, С.Е.Васильев, А.В.Саламатин,¹
В.А.Смирнов, Б.Тумэндэмбэрэл, М.Н.Хачатурян,
Р.Хоролжав, Д.Чултэм²

СПЕКТРОМЕТР
С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ДЕТЕКТОРАМИ (ППД)
НА ЛИНИИ С ЭВМ НР-2116В

¹ Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент

² Монгольский государственный университет, Улан-Батор

1985

ВВЕДЕНИЕ

Наряду с традиционными методами исследований в релятивистской ядерной физике с помощью фотозмульсий, пузырьковых, пропорциональных и искровых камер предлагается применить полупроводниковые детекторы на линии с ЭВМ.

Метод идентификации остаточных ядер-продуктов по выходу гамма-излучения при радиоактивном распаде может быть использован как самостоятельно, так и в совокупности с другими методами регистрации продуктов, и позволит, на наш взгляд, дополнить их и исследовать некоторые особенности реакций между сложными ядрами при релятивистских энергиях, которые по ряду причин недоступны /нечувствительность к регистрации нейтронов, трудность идентификации положительных продуктов, ограничения по экспозиционным и временным нагрузкам/ вышеуказанным методам.

Изучение выходов остаточных ядер-продуктов при взаимодействии частиц и ядер /от протонов до ионов ^{40}Ar / с ядрами мишеней от Cu до U в течение ряда лет ведется в Беркли^{/1-7/}. В этих исследованиях установлено большое число механизмов реакций от прямого выбивания нуклонов до полного развала составной системы.

Подобные эксперименты начаты в Дубне^{/8/}. В дальнейшем планируется их развитие на синхрофазотроне ЛВЭ. Назовем ряд проблем, изучению которых уникальные возможности синхрофазотрона создают особо благоприятные условия:

- исследование многокварковых кластеров посредством измерения возможного изменения энергии связи остаточных ядер;
- прецизионное измерение времени жизни остаточных ядер;
- изучение характеристик ядер за пределами области бета-стабильности.

В настоящей работе описан аппаратно-программный комплекс ГАММА /далее установка ГАММА/, состоящий из системы программ, полупроводниковых детекторов и многоканальных анализаторов в стандарте КАМАК на линии с ЭВМ HP-12116B.

1. АППАРАТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Структурная схема аппаратурной организации установки ГАММА приведена на рис.1. В установке используются полупроводниковые $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторы /ППД/ с различными чувствительными объемами от 18 до 80 см³ с энергетическими разрешениями от 2,2 до 2,8 кэВ для $E_{\gamma} = 1332,5$ кэВ ^{60}Co . Для питания ППД применяются блоки высокого напряжения в стандарте КАМАК: POLON-1901 и блоки ZWN-41.

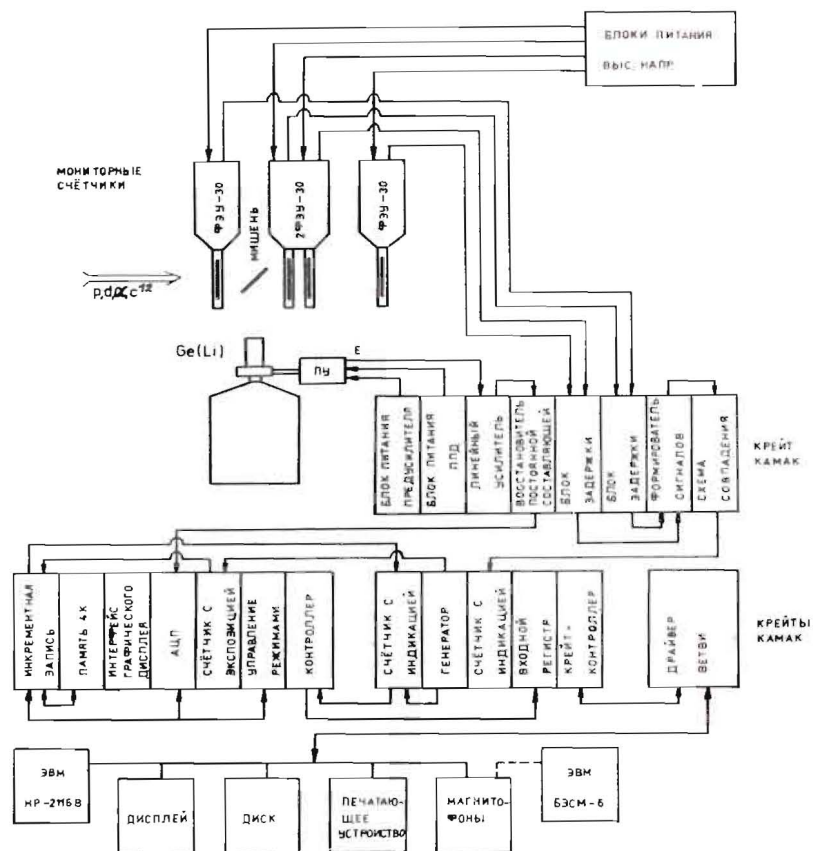


Рис.1. Структурная схема аппаратной организации установки ГАММА.

Требования к спектрометрической аппаратуре для исследований в релятивистской области энергий при больших нагрузках достаточно высоки: хорошее энергетическое разрешение до 2,2 кэВ, быстродействующие аппаратуры, линейность и стабильность при длительной работе. При создании установки учитывались все эти требования, для чего был внимательно изучен опыт, изложенный в работах [9,10]. Практика показала целесообразность применения небольшого числа ППД оптимальных геометрических размеров, а также специальных устройств для фильтрации сопутствующих излучений.

В созданной установке используется ряд одномерных спектрометров на базе предусилителей П213/11/ и 120-3F ORTEC, усилителей 1101-POLON и 572-ORTEC и амплитудно-цифровых преобразователей КА-007/12/, входящих в состав многоканальных анализаторов

в стандарте КАМАК/13/. Отметим, что используемые многоканальные анализаторы обладают хорошими возможностями для проведения нескольких параллельных экспериментов, удобны и надежны в работе.

Многоканальный анализатор подключен к многокрейтной системе в стандарте КАМАК на линии с ЭВМ ИР-2116В/14/, расположенной в здании корпуса 205 вблизи выведенного пучка ВП-1 синхротрона ЛВЭ. Контроллер крейта обеспечивает возможность подключения одного крейта на линии с ЭВМ с помощью двух стандартных интерфейсных плат в системе ввода-вывода ЭВМ. Анализаторы подключаются к этой системе через входные регистры КР-007/15/, размещенные в одном из крейтов данной системы и работающие под управлением ЭВМ.

Передача информации в системе осуществляется следующим образом. Контроллер анализатора выставляет сигнал на регистр L и записывает данные в КР-007, ЭВМ определяет по состоянию регистра L готовность данных КР-007 и считывает их соответствующей командой CNAF, L-регистр при этом сбрасывается. Сброс L-регистра вызывает переход к работе контроллера анализатора на передачу данных следующего канала. Время "синхронизированного" чтения 4096 каналов анализатора по программному каналу составляет не более 40-50 с. Возможно "несинхронизированное" чтение данных с анализатора без анализа состояния L-регистра. В этом случае время чтения 4096 каналов составляет 15 с.

В целях улучшения обеспечения измерения времени жизни радиоактивных нуклидов в установке ГАММА используются часы в стандарте КАМАК, состоящие из генератора KB-005/16/, счетчиков KC-013/17/и 2ДС-423/18/.

Процесс измерения спектров заключается в многократном повторении двух фаз:

- накопление спектров в анализаторе,
- вывод накопленных спектров на ЭВМ и очистка памяти анализатора.

Время работы установки в каждой из фаз определяется содержанием установочных счетчиков: KC-013 - фаза накопления, 2ДС-423 - фаза вывода и очистки, а также частотой тактового генератора KB-005.

При работе установки в первой фазе КЛ-009/13/ блокирует вход счетчика 2ДС-423. После окончания этой фазы KC-013 подает сигнал "Конец экспозиции" на КЛ-009. Этим сигналом снимается блокировка с входа 2ДС-423 и начинается вывод спектра на ЭВМ. После вывода содержимого последнего канала КЛ-009 очищает память. Вывод на ЭВМ и очистка памяти должны закончиться раньше прихода сигнала со счетчика 2ДС-423, означающего окончание второй фазы и переход к первой. Поэтому необходимо, чтобы время, установленное на счетчике 2ДС-423, превышало время вывода спектра и очистки памяти.

В общую схему многокрейтной системы заведены также счетчики для мониторинга пучков синхрофазотрона ЛВЭ. Общая схема расположения сцинтилляционных счетчиков $S_1, S_2, 3$ и S_4 на канале ВП-1 приведена на рис.1.

Система мониторинга выполняет в каждом цикле работы ускорителя (не выше 10^7 частиц/цикле) функции контроля за интенсивностью выведенных из У-10 пучков частиц и ядер, за распределением во времени интенсивности и, возможно, за распределением пучка по поперечному сечению в плоскости расположения мишеней.

В дальнейшем планируется доработать систему мониторинга пучков, чтобы с ее помощью вести контроль при интенсивностях $10^9 \div 10^{11}$ частиц в цикле.

2. ПРОГРАММНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

2.1. Общая структура программного обеспечения

Для приема и обработки спектрометрических данных на ЭВМ HP-2116B создан комплекс программ, работающих под управлением операционной системы реального времени/19/. Этот комплекс работает в диалоговом режиме и обеспечивает: прием массивов информации с анализатора, запись информации на магнитные диски и ленты, предварительную обработку записанной информации и передачу ее на базовые ЭВМ.

Структурная схема программной организации установки ГАММА приведена на рис.2. Вызов программ и осуществление диалога проводятся с пульта ЭВМ. По окончании заданного режима программа переходит к работе.

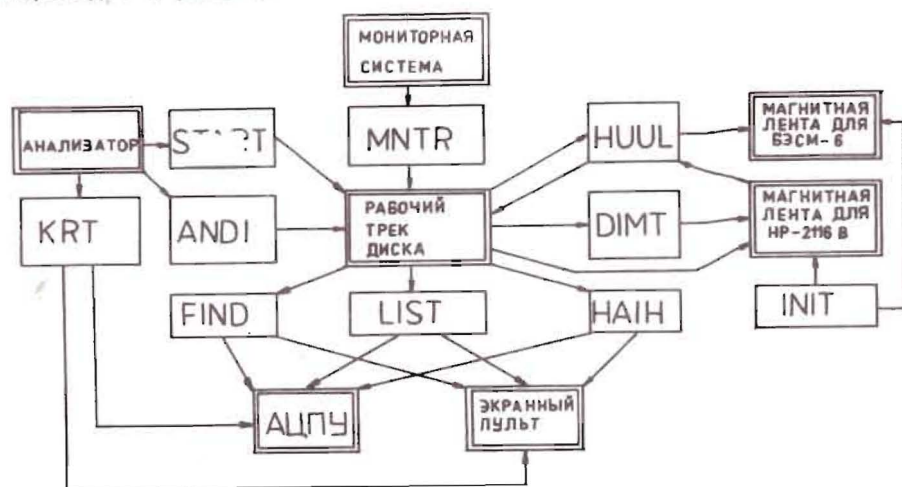


Рис.2. Структурная схема программной организации установки ГАММА.

Особенностью данной системы является то обстоятельство, что на ЭВМ HP-2116B имеется только один фиксированный диск. Поэтому все программы при обращении к диску сначала получают информацию о наличии свободных треков /свободных участков/ на диске. Найденные свободные треки на диске далее мы будем называть рабочими треками /рис.2/.

Работа с аппаратурой в стандарте КАМАК обеспечивается набором служебных подпрограмм/20/.

2.2. Программы для управления экспериментом

Для измерения спектров радиоактивных нуклидов и передачи массивов информации на ЭВМ созданы программы START, ANDI и DIMT.

Для измерения короткоживущих нуклидов разработана программа START. Она служит для считывания информации с анализатора на диск и для последующей записи ее с диска на МЛ /рис.2/. При вызове программы START требуется задать следующие параметры: номер эксперимента, комментарии к нему и число необходимых рабочих треков. Эти параметры будут записаны на МЛ вместе с номером спектра и являются идентификатором записываемой информации. После задания начальных параметров программа переходит в режим "Измерение спектров".

Процесс измерения заключается в многократном повторении двух фаз:

- накопление спектров в анализаторе;
- прием накопленных спектров по КАМАК, запись их на рабочие треки диска и на магнитную ленту.

В первой фазе программа задерживается при наличии команды PAUSE на языке фортран-4. Вторая фаза измерений возобновляется по команде GO, START.

Для измерения долгоживущих нуклидов создана программа ANDI, которая позволяет производить накопление информации на рабочие треки диска без использования магнитофона. По окончании работы программы ANDI массивы, записанные на рабочие треки, передаются на магнитную ленту с помощью программы DIMT для долговременного хранения. Процесс измерения спектров заключается в повторении тех же двух фаз; накопления спектров в анализаторе и передачи их на ЭВМ HP-2116B. Для проверки связи анализатора с ЭВМ создана тестовая программа KRT. Она опрашивает содержание каналов анализатора и дает детальную информацию о состоянии выполнения команд в КАМАК.

Для управления мониторной системой используется программа MNTR, которая с помощью многокрейтной системы в стандарте КАМАК организует работу мониторных счетчиков и выдачу суммарных данных на АЦПУ. Подробная блок-схема работы режимов анализатора и программ передачи спектров на ЭВМ приведена на рис.3.

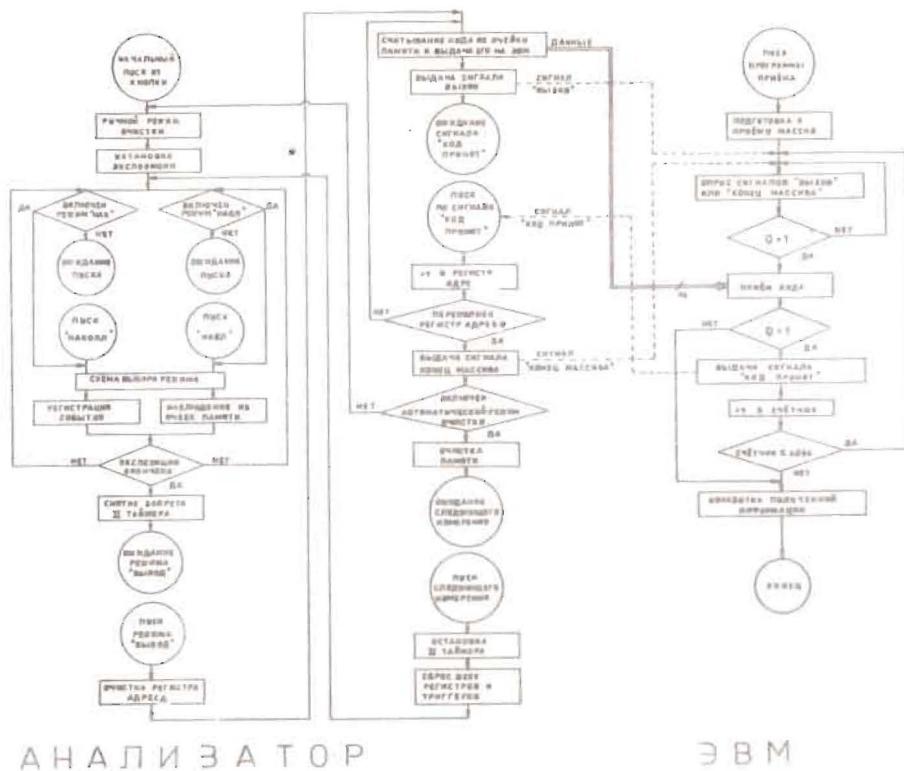


Рис. 3. Блок-схема работы режимов анализатора и программ передачи спектров на ЭВМ HP-2116B.

2.3. Программа для работы с магнитными лентами

Для работы с накопителями на магнитных лентах /НМЛ/ на HP-2116B используется программа HULL, осуществляющая запись спектров на рабочие треки диска или на другую магнитную ленту в формате, предназначенном для обработки на ЭВМ БЭСМ-6. Формат записи на ленте описан в/21/. При пуске программы после задания номера искомого эксперимента требуется задать условное число IGO, управляющее ходом программы:

а/ IGO=1, программа осуществляет поиск спектров на НМЛ по номеру эксперимента и запись найденных спектров под данным номером на рабочих треках;

б/ IGO=2, программа также осуществляет поиск спектров на НМЛ по номеру эксперимента и запись их под данным номером на другую магнитную ленту в формате для обработки на ЭВМ БЭСМ-6;

в/ IGO=3, программа производит последовательный просмотр спектров, хранящихся на НМЛ, и вывод их идентификатора на экран дисплея или на АЦПУ.

2.4. Предварительная обработка спектров

Пакет из двух программ, описываемый в данном параграфе, предназначен для экспрессной обработки γ -линий аппаратного спектра, что дает возможность контроля за поступающей информацией с целью управления ходом эксперимента.

Программа HAIN определяет параметры пиков с помощью простых быстродействующих и достаточно точных алгоритмов для предварительной обработки спектров γ -лучей. Эта программа является упрощенной версией программы, описанной в/22/. При вызове программы HAIN требуется задать место хранения спектра на рабочем треке диска и логический номер устройства для распечатки.

Программа выдает таблицы со значениями положений пиков и их высотой над фоном, площадей γ -линий, полушириной линий FWHM.

Кроме того, в последней колонке таблицы можно получить энергии пиков по заданной калибровке. Положение пика определяется центром тяжести отрицательной части скоррелированных значений линий спектра.

Фон описывается прямой линией, проведенной через точки слева и справа от максимума пика, но не дальше 10 каналов. Площади находятся путем интегрирования спектра в этих пределах с вычитанием фона. Полуширина определяется как частное от деления площади на высоту, что является хорошим приближением для гауссовой кривой. Калибровка проводится заданием нескольких пар канал - энергия. В случае более двух пар параметры прямой определяются по методу наименьших квадратов.

Коэффициенты линейного полинома выдаются на дисплей, и их можно использовать для последующих калибровок. Результаты обработки могут быть выведены на экран пульта дисплея или АЦПУ.

Программа FIND предназначена для точного определения положения пиков в спектре методом сглаживания второй производной. Математический алгоритм описан в/23/. После вызова программы оператор задает место расположения спектров /трек и сектор/ на диске, устройство выдачи, среднюю ширину гауссиана, равную (FWHM/2,355), чувствительность обнаружения пика и предел чувствительности для интересующих нас пиков. Если не заданы последние три параметра, то принимаются значения, заложенные в программе. Энергетическая калибровка проводится так же, как и в предыдущей программе. Результат выдается на указанное оператором устройство.

Время обработки одного 4096-канального спектра по программе FIND составляет не более 10 мин. Хотя данная программа уступает по быстродействию программе HAIN, ее главным преимуществом является возможность получения точного положения пиков как во время проведения экспериментов, так и в период калибровки и испытания аппаратуры. По мнению авторов программы SAMPO-80/23/, используемый ими алгоритм для поиска пиков в спектре не уступает более сложным алгоритмам/24/.

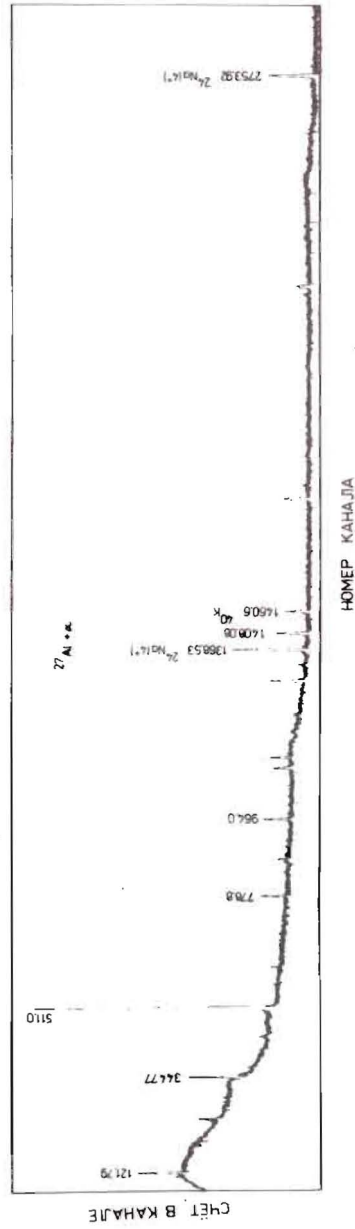


Рис.4. Спектр гамма-лучей ^{24}Na , образующегося в реакции $^{27}\text{Al}(\alpha, \alpha 2p n)^{24}\text{Na}$. Спектр измерен на установке ГАММА с калибровочным γ -источником ^{152}Eu .

На рис.4 для иллюстрации приведен один из типичных спектров гамма-лучей, измеряемых на установке ГАММА. Спектр гамма-лучей изотопа ^{24}Na , образующегося в реакции $^{27}\text{Al}(\alpha, \alpha 2p n)^{24}\text{Na}$ при энергии α -частиц $T = 14,3$ ГэВ, измерен вместе с калибровочным гамма-источником ^{152}Eu . Реакция $^{27}\text{Al}(\alpha, X)^{24}\text{Na}$ используется нами для мониторинга интенсивности пучка синхрофазотрона ЛВЭ.

Авторы искренне благодарны А.М.Балдину, Л.Г.Макарову, Б.А.Кулакову за интерес к работе и поддержку, А.Н.Синаеву, Н.К.Журавлеву, В.А.Антохову, В.Я.Мигалене, В.Т.Шевченко, В.С.Мирошнику за полезные обсуждения и помощь при создании установки ГАММА на линии с ЭВМ НР-2116В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Porile N.T., Cole G.D., Rudy C.R. Phys.Rev., 1979, C19, No.6, p.2288.
2. Crespo V.P., Alexander J.M., Hyde E.K. Phys.Rev., 1963, 131, p.1765.
3. Loveland W. et al. Phys.Lett., 1977, 69B, No.3, p.284.
4. Kaufmann S.B. et al. Phys.Rev., 1980, C22, p.1897.
5. Cumming J.B. et al. Phys.Rev., 1974, C10, p.739.
6. Morrissey D.J. et al. Phys.Rev., 1980, C21, No.5, p.1783.
7. Cumming J.B. et al. Phys.Rev., 1978, C17, No.5, p.1632.
8. Бутцев В.С. и др. ОИЯИ, Р1-84-455, Дубна, 1984.
9. Вылов Ц., Осипенко Б.П., Чумин В.Г. ЭЧАЯ, 1978, т.9, вып.6, с.1350.
10. Morrissey D.J. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1979, 158, p.499.
11. Акимов Ю.К. et al. Nucl.Sci., 1972, NS-19, No.3, p.404.
12. Антохов В.А. и др. ОИЯИ, 10-80-650, Дубна, 1980.
13. Антохов В.А., Журавлев Н.И., Синаев А.Н. ОИЯИ, Р10-80-312, Дубна, 1980.
14. Колпаков И.Ф. и др. ОИЯИ, Р13-7616, Дубна, 1974.
15. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-9479, Дубна, 1976.
16. Антохов В.А. и др. ОИЯИ, 10-10576, Дубна, 1977.
17. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1977.
18. Басиладзе С.Г., Ким Ю Зем, Крячко А.П. ОИЯИ, 10-9520, Дубна, 1976.
19. Real-Time Executive Software System. Operating and Programming Manual, hp, 1971.
20. Смирнов В.А., Черных Е.В. ОИЯИ, 10-8333, Дубна, 1974.
21. Аврамов С.Р. и др. ОИЯИ, 10-9095, Дубна, 1975.

22. Фромм В.Д. ОИЯИ, 10-9094, Дубна, 1975.
 23. Koskelo M.J., Aarnio P.A., Routti J.T. Nucl.Instr. and Meth., 1981, 190, p.89.
 24. Routti J.T. UCRL-17672. Nucl.Instr. and Meth., 1969, 72, p.125.

Вниманию организаций и лиц, заинтересованных в получении публикаций Объединенного института ядерных исследований

Принимается подписка на препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований.

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

ИНДЕКС	ТЕМАТИКА	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	10 р. 80 коп.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	17 р. 80 коп.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	4 р. 80 коп.
4.	Теоретическая физика низких энергий	8 р. 80 коп.
5.	Математика	4 р. 80 коп.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	4 р. 80 коп.
7.	Физика тяжелых ионов	2 р. 85 коп.
8.	Криогеника	2 р. 85 коп.
9.	Ускорители	7 р. 80 коп.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	7 р. 80 коп.
11.	Вычислительная математика и техника	6 р. 80 коп.
12.	Химия	1 р. 70 коп.
13.	Техника физического эксперимента	8 р. 80 коп.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	1 р. 70 коп.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	1 р. 50 коп.
16.	Дозиметрия и физика защиты	1 р. 90 коп.
17.	Теория конденсированного состояния	6 р. 80 коп.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	2 р. 35 коп.
19.	Биофизика	1 р. 20 коп.

Подписка может быть оформлена с любого месяца текущего года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 июня 1985 года.