

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



13 - 9449

807752640

Б.М.Головин, В.М.Королёв, Ф.Ш.Хамраев

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИИ

$pd\text{-}ppn$ ПРИ ЭНЕРГИИ 650 МЭВ

1976

Ранг публикаций Объединенного института ядерных исследований

Препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований /ОИЯИ/ являются самостоятельными публикациями. Они издаются в соответствии со ст. 4 Устава ОИЯИ. Отличие препринтов от сообщений заключается в том, что текст препринта будет впоследствии воспроизведен в каком-либо научном журнале или аperiodическом сборнике.

Индексация

Препринты, сообщения и депонированные публикации ОИЯИ имеют единую нарастающую порядковую нумерацию, составляющую последние 4 цифры индекса.

Первый знак индекса - буквенный - может быть представлен в 3 вариантах:

“Р” - издание на русском языке;

“Е” - издание на английском языке;

“Д” - работа публикуется на русском и английском языках.

Цифра, следующая за буквенным обозначением, определяет тематическую категорию данной публикации. Перечень тематических категорий изданий ОИЯИ периодически рассылается их получателям.

Индексы, описанные выше, проставляются в правом верхнем углу на обложке и титульном листе каждого издания.

Ссылки

В библиографических ссылках на препринты и сообщения ОИЯИ мы рекомендуем указывать: инициалы и фамилию автора, далее - сокращенное наименование института-издателя, индекс, место и год издания.

Пример библиографической ссылки:

И. Н. Иванов. ОИЯИ, Р2-1985, Дубна, 1971.

13 - 9449

Б.М.Головин, В.М.Королёв, Ф.Ш.Хамраев

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИИ
pd-ppn ПРИ ЭНЕРГИИ 650 МЭВ

ВВЕДЕНИЕ

Расчеты, описанные в работах ^{1-3/}, позволили установить, что в спектре вторичных протонов реакции $pd-pnp$ существуют области, где сечение формируется в основном двукратными NN-соударениями. Было также показано ^{4/}, что вид энергетического спектра протонов при некоторых кинематических условиях определяется взаимодействиями нуклонных пар в конечном состоянии /ВКС/ после двойного перерасеяния нуклонов.

В частности, при энергиях начального пучка 600-650 МэВ и углах вылета вторичных частиц $\theta_1 \approx \theta_2 \approx 50^\circ$ часть спектра, соответствующая энергии T_1 одного из вторичных протонов $100 \text{ МэВ} \leq T_1 \leq 200 \text{ МэВ}$, почти полностью определяется эффектами двукратных NN-соударений и ВКС после них. Пик однократного NN-рассеяния в этих условиях расположен вблизи $T_1 = 310 \text{ МэВ}$ и отделен от области двойного рассеяния четко выраженным провалом. Ожидаемая форма спектра протонов приведена на рис. 1 совместно с диаграммой рассеяния реакции $pd-pnp$.

Из рисунка видно, что в наиболее интересной для нас области пика двукратных NN-соударений при энергии одного из протонов $100 \text{ МэВ} \leq T_1 \leq 200 \text{ МэВ}$ энергия второго протона заключена в довольно узком интервале. Поэтому при изучении рассматриваемой части спектра исследуемая реакция будет достаточно четко идентифицироваться даже в том случае, если /при фиксированных углах вылета/ измерять лишь энергию первой частицы и проверять принадлежность энергии второй частицы заданному интервалу.

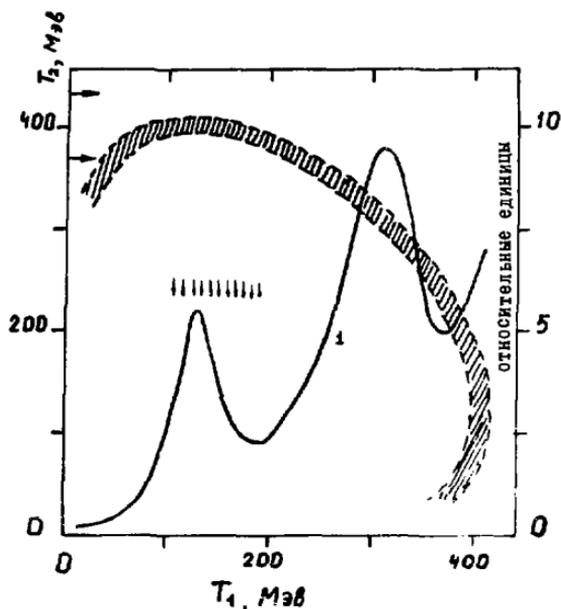


Рис. 1. Спектр протонов /кривая 1/ и диаграмма рассеяния /заштрихованная область/ реакции $p-d \rightarrow p-pn$ для $T_0 = 650$ МэВ, $48^\circ \leq \theta_1 \leq 53^\circ$, $48,5 \leq \theta_2 \leq 51,5^\circ$.

В настоящей работе описывается экспериментальная установка, созданная с целью измерения спектра частиц - продуктов исследуемой реакции на пучке протонов синхротрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ с энергией около 650 МэВ.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Установка имеет две поворотные штанги, на которых расположены сцинтилляционные счетчики и проволочные искровые камеры. Схема установки приведена на рис. 2.

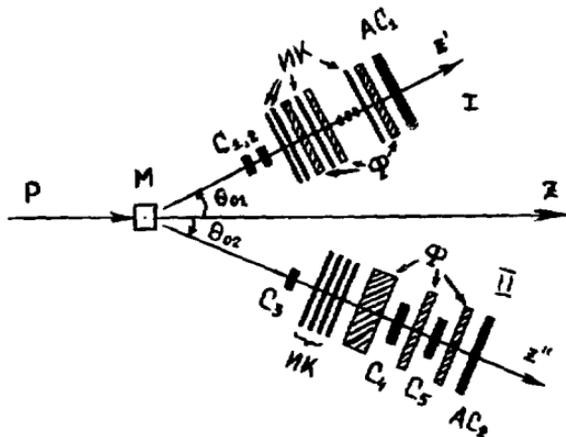


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: $C_1 \div C_5$, AC_1 , AC_2 - сцинтилляционные счетчики, ИК - искровые проволочные камеры, Φ - фильтры /алюминий, медь/, M - мишень.

Пучок протонов, интенсивность которого контролировалась монитором из двух сцинтилляционных счетчиков, падает на мишень / M /. в качестве которой использовались дейтерополиэтилен / CD_2 / и графит / C /. Коррелированные пары заряженных частиц, вылетающих из мишени, регистрировались двумя телескопами сцинтилляционных счетчиков / C_1-C_2 , C_3-C_4 / , устанавливаемых под заданными углами относительно пучка протонов. Между искровыми камерами первого направления могли устанавливаться фильтры из алюминия или меди, длина пробега частиц в которых использовалась для определения их энергии. На втором направлении искровые камеры использовались лишь для определения углов вылета частиц из мишени, энергия которых превышала минимальное значение, определяемое толщиной медного фильтра перед счетчиком C_4 . Подбором толщин фильтров между счетчиками C_4-AC_2 выделялись частицы, пробег которых соответствовал заданному интервалу. Счетчики антисовпадения AC_1 и AC_2 исключали регистрацию частиц, энергия

которых превышала заданные по обоим направлениям максимальные значения.

С целью уменьшения загрузки камер фоновыми частицами, летящими, в основном, с направления выведенного протонного пучка, перед установкой была сооружена защита с коллимирующим каналом, диаметр которого мог меняться от 8 до 50 мм. Минимальный диаметр канала использовался для определения юстировочных поправок искровых камер, при этом штанга с камерами устанавливалась под 0° относительно падающего пучка. Положение мишеней на пучке проверялось с помощью специально изготовленной из полиэтилена подложной мишени 5x5x20 мм³, которая могла перемещаться в плоскости поперечного сечения пучка с шагом 5 мм. Протоны от упругого pp-рассеяния при различных положениях подвижной мишени регистрировались двумя телескопами, телесные углы которых при этом практически не изменялись.

ДЕТЕКТОРЫ

В состав детекторов установки входят сцинтилляционные счетчики и проволочные искровые камеры с памятью на ферритовых кольцах.

Сцинтилляционные счетчики телескопов служат для регистрации факта прохождения коррелированных пар заряженных частиц в заданных телесных углах / $\Delta\Omega_1 = 0,0044$ стер, $\Delta\Omega_2 = 0,0025$ стер/. Сцинтилляторы счетчиков имели размеры: $C_1 = C_3 = 50 \times 50 \times 5$ мм³, $C_2 = C_4 = C_5 = 100 \times 100 \times 5$ мм³, $AC_1 = AC_2 = 260 \times 260 \times 10$ мм³. Во всех счетчиках использовались фотоумножители типа ФЭУ-30. С целью улучшения загрузочных характеристик счетчиков использовались делители напряжения питания динодов с развязывающими емкостями.

Контроль эффективности счетчиков осуществлялся на протонах от упругого pp-рассеяния, при этом эффективность их регистрации равнялась 98-99%.

Модули проволочных искровых камер, используемые в установке, имели рабочие размеры 256 x 256 мм². Рамки камер изготовлены из стеклопластика. Оба электрода мо-

дуля образованы 256 параллельными медными проволочками диаметром 0,1 мм, натянутыми с шагом 1 мм. Проволочки заземленного и высоковольтного электродов расположены перпендикулярно друг другу. Расстояние между электродами в рабочей области равно 8 мм, а на краях для уменьшения краевых эффектов увеличено до 10 мм.

Каждый электрод был присоединен к матрице с ферритовыми кольцами, таким образом каждая камера давала информацию о двух координатах искрового пробоя. Матрица содержит 8 групп по 32 ферритовых кольца типа О,7 ВТ с внешним диаметром 3 мм.

Испытание модулей искровых камер было проведено на пучке заряженных частиц, выведенном из синхротронного ЛЯП⁵. Камеры продувались чистым неоном без добавки спирта. Эффективность регистрации (ϵ), средние числа перемагниченных колец (\bar{n}) и точность (σ) определения координат прохождения частицы через 8 последовательно расположенных друг за другом модулей камер приведены в табл. 1.

В экспериментальной установке использовалось до 12 модулей искровых камер на первом направлении и 4 модуля на втором. На рис. 3 показано расположение модулей камер на штанге первого направления.

ЭЛЕКТРОНИКА

Электронная аппаратура установки функционально делится на три части: быструю электронику, систему импульсного питания искровых камер и систему считывания информации с ферритовых матриц камер. Блок-схема электроники приведена на рис. 4.

Быстрая электроника состоит, в основном, из стандартных блоков, разработанных в ЛЯП ОИЯИ⁶. Сигналы со счетчиков, сформированные по амплитуде и длительности, поступают на схему совпадений с разрешающим временем $2\tau = 24$ нс, которая вырабатывает мастер-импульс для запуска генератора высоковольтных импульсов /ГВИ/ и электронного устройства считывания информации /ЭУС/.

Таблица 1

№ модуля	заземленный электрод			высоковольтный электрод		
	ϵ	\bar{n}	σ	ϵ	\bar{n}	σ
1	97,4	1,69	0,44	99,7	1,08	0,48
2	99,5	1,77	0,34	99,2	1,17	0,44
3	96,4	1,48	0,42	96,0	1,27	0,48
4	98,8	1,59	0,46	100,0	1,15	0,59
5	99,0	1,81	0,50	99,2	1,29	0,62
6	93,6	1,62	0,44	98,9	1,21	0,58
7	97,1	1,48	0,33	98,7	1,29	0,44
8	99,2	1,94	0,46	99,2	1,50	0,59

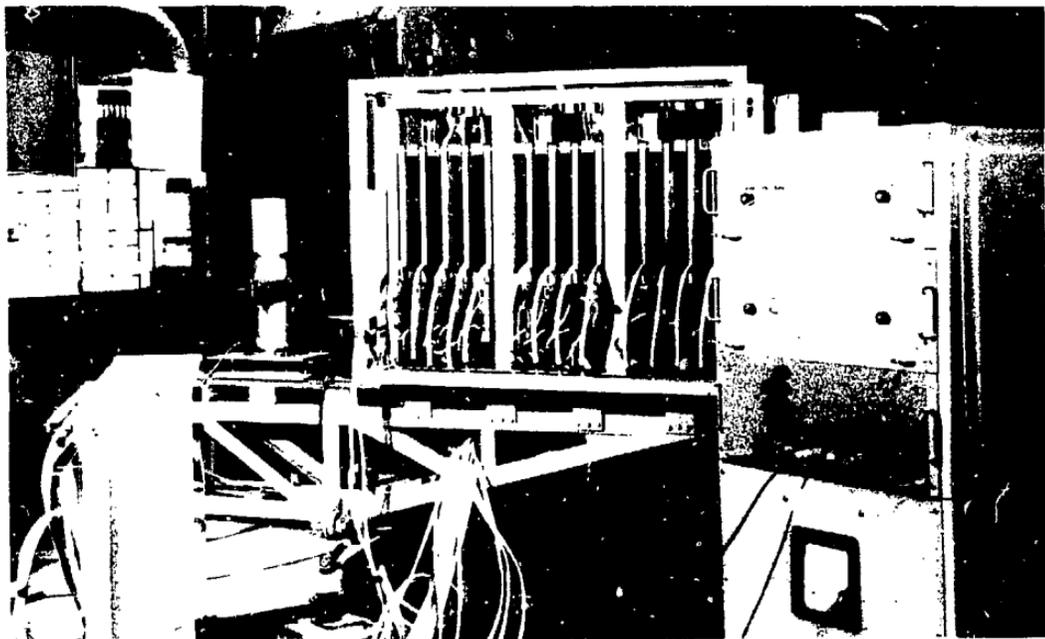


Рис. 3. Общий вид установки с искровыми камерами.

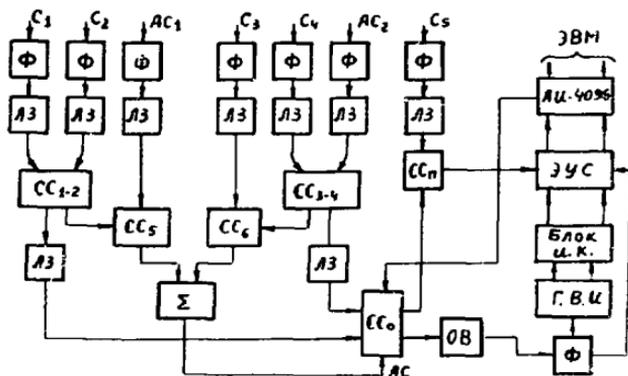


Рис. 4. Блок-схема электроники: Ф - формирователи, ЛЗ - линии задержки, СС - схемы совпадений, ОБ - одно-вибратор, Г.В.И. - генератор высоковольтных импульсов.

Генератор высоковольтных импульсов ⁷ управляет разрядным устройством, собранным на разрядниках ВИР-14 и формирует высоковольтные импульсы с передним фронтом $\tau_{\text{ф}} = 25$ нс и экспоненциальным спадом с постоянной времени $\tau_c = 300$ нс. На камере высоковольтные импульсы подавались по коаксиальным кабелям РК-75-16 через ограничивающие сопротивления 40 Ом. Полная задержка подачи высоковольтных импульсов /с момента прохождения заряженной частицы/ на искровые камеры не превышала $\tau_3 = 130$ нс. Малые величины задержки и длительности высоковольтных импульсов позволили заметно уменьшить число фоновых искр в камерах и повысить эффективность регистрации трека для всех камер до 98%.

Основой системы считывания информации с искровых камер является устройство, описанное в работе ⁸. В процессе наладки экспериментальной установки была проведена частичная модернизация системы считывания, позволявшая обеспечить более высокую надежность ее работы в условиях экспериментального зала синхротрона ЛЯП.

Система считывания запускается мастер-импульсом, задержанным на время срабатывания искровых камер. Считывание производится последовательно с групп, содержащих по 32 ферритовых кольца. Для опроса 16 модулей камер в устройстве используется 32 формирователя тока считывания и 8 токовых ключей. Последовательность работы формирователей тока и токовых ключей определяется восьмиразрядным счетчиком с дешифратором. Импульсы, возникающие на сигнальных шинах ферритовых матриц при перемагничивании колец, проходят через усилители и поступают на 32-разрядный приемный регистр. Схема управления считыванием формирует сигнал опроса приемного регистра и информация с него через шифратор передается в накопительное устройство одного из анализаторов АИ-4096, входящего в состав центра накопления и обработки информации ЛЯП⁹. Одновременно с этим в анализатор передается информация с 8-разрядного счетчика групп. Вся информация о координатах искр в камерах передается в виде 13-разрядных слов. Кроме этого, в анализатор передается 15 разряд, являющийся признаком /"1"/ начала события и разделяющий зарегистрированные события друг от друга. Для передачи дополнительной информации, характеризующей "номер зоны" энергетического интервала, выделяемого на втором направлении с помощью фильтров, расположенных перед и после синхронизирующего счетчика C_5 , используется 14 разряд. Сигнал этого счетчика формируется схемой "признак события" и передается в накопительное устройство одновременно с признаком начала события. В устройстве считывания имеется также возможность кодирования и передачи информации о числе соседних перемагниченных колец⁸.

С целью обеспечения оперативного контроля работы системы считывания была разработана схема ячейки с клавишным коммутатором, с помощью которой стало возможным записывать в режиме проверки информацию на любую отдельную матрицу и считывать ее с любой отдельной группы.

Электронная схема запуска установки блокируется на время работы системы считывания. Блокирование схемы запуска производилось также сигналом, поступающим из измерительного центра по окончании заполнения объема

памяти АИ-4096 и передачи информации из анализатора в ЭВМ.

✓ СВЯЗЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ЭВМ

Блок-схема передачи информации с искровых камер на ЭВМ приведена на рис. 5.

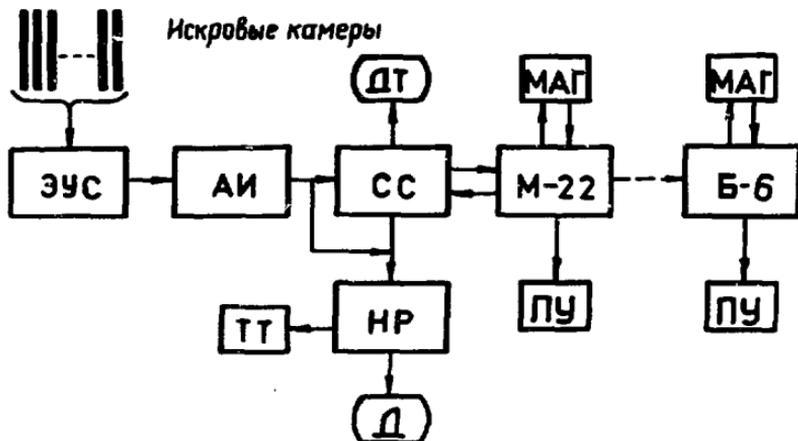


Рис. 5. Блок-схема связи экспериментальной установки с ЭВМ: ЭУС - электронное устройство считывания, АИ - анализатор АИ-4096, СС - стойка связи, ТТ - телетайп, Д - дисплей, НР - ЭВМ НР-2116С, М-22 - ЭВМ Минск-22, ПУ - пульт управления, МАГ - магнитофон, Б-6 - ЭВМ БЭСМ-6.

Данные о зарегистрированных событиях считываются с матриц искровых камер электронным устройством считывания /ЭУС/ и записываются в накопительное устройство многоканального анализатора АИ-4096. По-разрядная структура заносимой в анализатор информации имеет вид:

- разряды - $1 \div 8$ - номер проволоочки /ферритового кольца/
в искровой камере;
- 9,10 - номер искровой камеры в четверке;
 - 11 - номер электрода искровой камеры;
 - 12,13 - номер четверки искровых камер;
 - 14 - номер зоны энергетического интервала по второму направлению, в которой остановилась заряженная частица;
 - 15 - признак начала события;
 - 16,17 - число соседних перемагниченных колец.

С анализатора АИ-4096 информация через стойку связи /СС/ могла быть передана на ЭВМ Минск-22 или НР-2116С, где она подвергалась первичной обработке в режиме on-line и записывалась на магнитную ленту для дальнейшего анализа.

При передаче информации на ЭВМ Минск-22 две ячейки АИ-4096 /18 разрядов/ полностью уместаются в одной ячейке Минска-22 /37 разрядов/. При передаче данных на ЭВМ НР-2116С встречаются затруднения, связанные с тем, что слово НР-2116С /16 разрядов/ короче слова АИ-4096. Поэтому при передаче информации на НР-2116С теряется информация, записанная в 17-м разряде. В связи с этим при работе экспериментальной установки на линии с ЭВМ НР-2116С приходится отказываться от возможности сокращенной записи информации о событии.

Математическое обеспечение экспериментального исследования реакции $pd-p\bar{p}n$, ориентированное на ЭВМ Минск-22, НР-2116С, БЭСМ-6, описано в работах^{10,11/}. Его использование обеспечивает возможность определения эффективности искровых камер, их пространственного разрешения, геометрических погрешностей, возникающих при монтаже системы. Производится визуализация треков частиц на экране осциллографической трубки АИ-4096 или дисплея НР-2116С. Пример визуализации треков приведен на рис. 6. При обработке полученного экспериментального материала определяются углы вылета зарегистрированных частиц, их пробеги, принадлежность обеих частиц к одному акту взаимодействия.

Результаты экспериментов, выполненных с помощью разработанной в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и

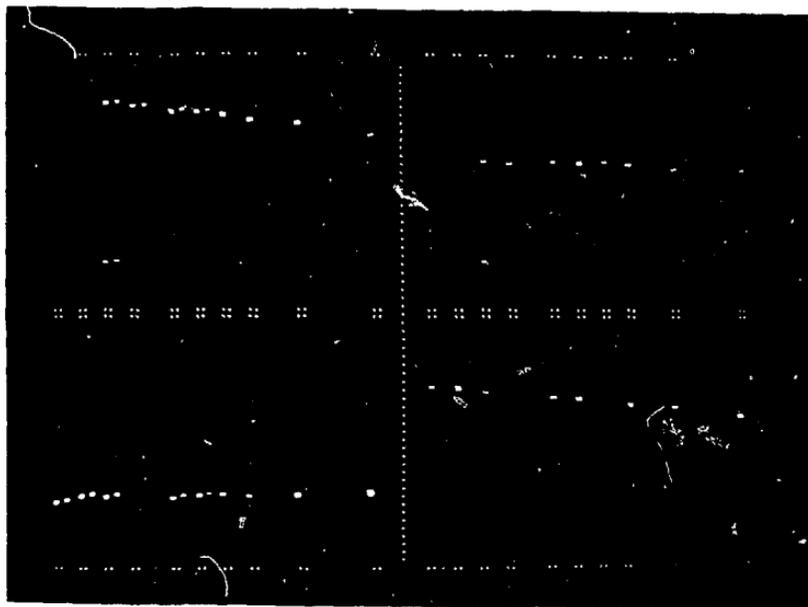


Рис. 6. Фотография треков в искровых камерах, снятая с экрана дисплея ЭВМ ИР-2116С.

описанной здесь установки, приведены в работе^{/12/}.

Авторы выражают свою искреннюю благодарность В.П.Джелепову за постоянный интерес к работе и помощь при ее выполнении.

Мы глубоко благодарны Н.И.Солнцеву, В.П.Симонову, Л.В.Черкасовой за значительный вклад, внесенный ими при создании экспериментальной установки. Авторы благодарны Б.П.Осипенко, А.Н.Синаеву, В.В.Вишнякову, Н.И.Журавлеву, А.Г.Грачеву, Кан Гван Вону за разработку отдельных узлов установки и за помощь при ее наладке.

Литература

1. Б.М.Головин, Г.И.Лыкасов, А.М.Розонова, А.В.Тарасов. ЯФ, 16, 1096 /1972/.
2. Б.М.Головин, Г.И.Лыкасов, А.М.Розонова, Ф.Ш.Хамраев. ЯФ, 18, 333 /1973/.
3. Б.М.Головин, И.К.Кулиджанов, Г.И.Лыкасов, Ф.Ш.Хамраев. ЯФ, 19, 320 /1974/.
4. Б.М.Головин, Г.И.Лыкасов, Ф.Ш.Хамраев. ЯФ, 22, 312 /1975/.
5. В.В.Вишняков, Б.М.Головин, Н.И.Журавлев, В.М.Королев, Б.П.Осипенко, А.Н.Синаев, Ф.Ш.Хамраев. ОИЯИ, 13-6045, Дубна, 1971.
6. В.Ф.Борейко, Ю.Г.Будяшов, Ю.М.Валуев, В.М.Гребенюк, В.Г.Зинов, Б.С.Краснобородов. ОИЯИ, 13-6396, Дубна, 1972.
7. В.М.Королев. ОИЯИ, 10-6007, Дубна, 1971.
8. В.В.Вишняков, А.Г.Грачев, Н.И.Журавлев, Кан Гван Вон, А.Н.Синаев. ОИЯИ, 10-5804, Дубна, 1971.
9. С.В.Медведь, В.В.Моисеева, А.Н.Синаев, Г.Ю.Цахер, Н.А.Чистов. ПТЭ, 1970, №4, 109.
10. Б.М.Головин, М.Б.Голубева, В.М.Королев, Л.А.Пермякова, Ф.Ш.Хамраев. ОИЯИ, Б1-10-8259, Дубна, 1974.
11. Б.М.Головин, М.Б.Голубева, В.М.Королев, Л.А.Пермякова, Ф.Ш.Хамраев. ОИЯИ, Б1-10-8260, Дубна, 1974.
12. Б.М.Головин, В.М.Королев, Ф.Ш.Хамраев. ОИЯИ, Г1-9402, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 января 1976 года.

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

Условия обмена

Препринты и сообщения ОИЯИ рассылаются бесплатно, на основе взаимного обмена, университетам, институтам, лабораториям, библиотекам и научным группам более 50 стран.

Помимо регулярной рассылки в порядке обмена, издательский отдел ежегодно выполняет около 4000 отдельных запросов на высылку препринтов и сообщений ОИЯИ. В таких запросах следует обязательно указывать индекс запрашиваемого издания.

Адреса

Письма по всем вопросам обмена публикациями, а также запросы на отдельные издания следует направлять по адресу:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79,
Издательский отдел
Объединенного института
ядерных исследований.*

Адрес для посылки всех публикаций в порядке обмена, а также для бесплатной подписки на научные журналы:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Научно-техническая библиотека
Объединенного института
ядерных исследований.*

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 20818. Тираж 365. Уч.-изд. листов 0,90.
Редактор О.С.Виноградова Подписано к печати 3.2.76 г.
Корректор Н.А.Кураева