

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



547700439

P13 - 9521

В.Г.Гребинник, В.Х.Додохов, В.А.Жуков,
А.Б.Лазарев, А.А.Ноздрин, А.Ф.Писарев,
В.А.Столупин, В.И.Травкин

ИССЛЕДОВАНИЕ
ДЕТЕКТИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СЧЕТЧИКА,
ЗАПОЛНЕННОГО ТВЕРДЫМ АРГОНОМ

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 аперриодическом 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, Р2-4985, Дубна, 1971.

P13 - 9521

В.Г.Гребинник, В.Х.Додохов, В.А.Жуков,
А.Б.Лазарев, А.А.Ноздрин, А.Ф.Писарев,
В.А.Столупин, В.И.Травкин

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ДЕТЕКТИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СЧЕТЧИКА,
ЗАПОЛНЕННОГО ТВЕРДЫМ АРГОНОМ**

Направлено в ЖЭТФ

Гребинник В.Г. и др.

P13 - 9521

Исследование детектирующих свойств счётчика, заполненного
твёрдым аргоном

Приводятся результаты исследования цилиндрического нитяного счётчика (диаметр нити 10 мкм), заполненного конденсированным аргоном. Установлено, что как для твёрдого, так и для жидкого аргона, характерен ионизационный режим работы. Для счётчика с твёрдым аргоном наблюдается усиление части импульсов до амплитуд, превышающих амплитуду ионизационных импульсов в ~100 раз. Вклад этих импульсов в полное амплитудное распределение зависит от условий опыта и времени экспозиции и не превышает 30%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Grebinnik V.G. et al.

P13 - 9521

РБФ. Study of the Detecting Properties of a Counter
Filled with Solid Argon been

The results are presented of the investigation of a cylindrical filament counter (the filament diameter being 10 μm) filled with condensed argon. It has been observed that the ionization mode of operation is characteristic of both solid and liquid argon. The increase of a part of pulses up to the amplitudes exceeding the ionization pulse amplitude by a factor of 100 has been observed for a ~~hard~~ argon counter. The contribution of these pulses to the total amplitude distribution depends on the experimental conditions and exposition time and does not exceed 30%.

~~The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.~~

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1976

1. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы многие лаборатории мира проводят исследования электронных методов регистрации частиц в конденсированных благородных газах^{/1-10/}. Создание детекторов на основе таких сред с высоким пространственным и временным разрешением необходимо для решения ряда физических задач, например, для быстрой регистрации нейтральных излучений и, в особенности, нейтрино^{/1,4/}. В большинстве исследований в качестве рабочих сред использовались жидкие аргон и ксенон. В ряде работ проводилось изучение детекторов на основе твердых аргона и ксенона^{/2,5,11,12/}.

В работе^{/5/} сообщалось о наблюдении размножения электронов /коэффициент усиления в пропорциональной области до 150/ вблизи нити в счетчике, заполненном кристаллическим аргоном, а также ксеноном. В настоящей статье приводятся результаты более детального исследования характеристик счетчика, описанного в работе^{/5/}. В качестве рабочей среды использовались жидкий и кристаллический аргон.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Экспериментальная установка включала в себя счетчик, систему очистки газа, систему термостатирования и регистрирующую электронику. Описание принципиальной схемы установки и конструкции счетчика приведено в работах^{/5/}. Напомним, что счетчик имел цилиндрический катод диаметром 6 мм, а анодом служила позолоченная вольфрамовая нить диаметром 10 мкм.

Блок-схема электронной аппаратуры, используемой в данных исследованиях, приведена на рис. 1. Сигнал

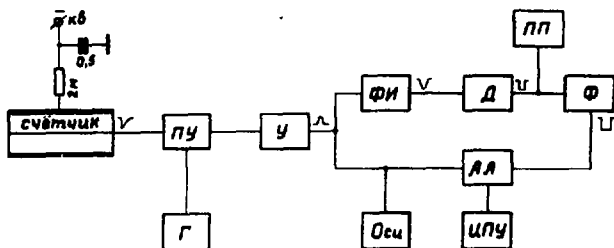


Рис. 1. Блок-схема электронной аппаратуры.

с анода счетчика поступал на зарядочувствительный предусилитель /ПУ/ [13] / коэффициент передачи $7 \cdot 10^{12} \text{ В} \cdot \text{к}^{-1}$ / , далее - на линейный усилитель /У/ /максимальный коэффициент усиления 2000/, где одновременно с усилением проводилось формирование сигнала /постоянные интегрирования и дифференцирования составляли $\tau_{\text{инт}} = \tau_{\text{дифф}} = 1 \text{ мкс}$ /. После усилителя сигнал разветвлялся: один импульс поступал непосредственно на вход амплитудного анализатора АИ-128, а другой - через линейный фазоинвертор /ФИ/, дискриминатор /Д/ и усилитель-формирователь /Ф/ - на запуск анализатора. Эта часть электроники предназначалась для уменьшения загрузки первых каналов анализатора шумовыми импульсами и импульсами малых амплитуд. Импульсы с выхода дискриминатора подавались на пересчетный прибор /ПП/. Наблюдение формы сигналов проводилось с помощью осциллографа /Осц./. Результаты с амплитудного анализатора выводились на цифропечатающее устройство /ЦПУ/.

Амплитудная калибровка электронного тракта проводилась через дозирующую емкость предусилителя от генератора /Г/. Сквозная нелинейность тракта /при изменении сигнала на входе анализатора в пределах $1 \div 15 \text{ В}$ / не превышала $\pm 1\%$. Энергетический эквивалент шумов по аргону при суммарной входной емкости 30 пФ составлял около 50 кэВ /полная ширина на полувысоте/.

Охлаждение счетчика производилось путем регулирования скорости потока паро-жидкостной азотной смеси через термостат. Контроль температуры осуществлялся с помощью термпарных и диодных датчиков, а также с помощью проволочного сопротивления, расположенного внутри счетчика. Процедура получения кристаллического аргона аналогична описанной в работе ^{15/}, однако в отдельных экспериментах, с целью получения более качественного кристалла, скорость охлаждения была уменьшена до 0,2 градуса в час.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследования проводились при облучении счетчика гамма-квантами от различных источников: ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{137}Cs , ^{113}Sn . Скорость счета составляла $\sim 1 \div 100 \text{ с}^{-1}$ в зависимости от активности источников и геометрии облучения. На рис. 2 и 3 приведены типичные

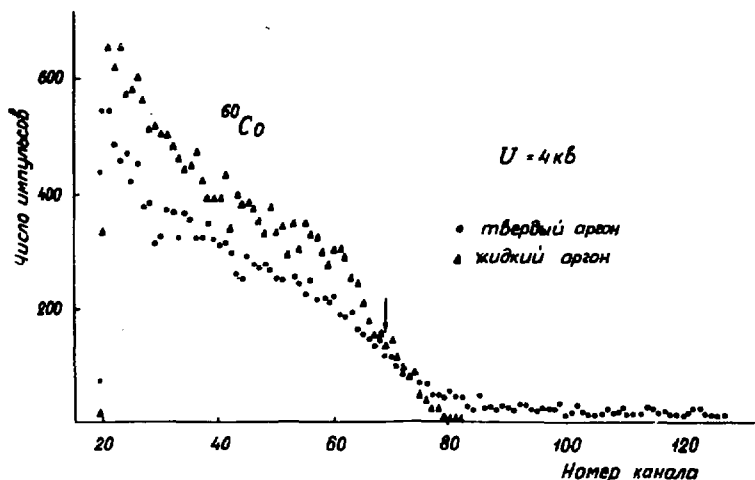


Рис. 2. Амплитудные распределения импульсов от гамма-квантов ^{60}Co для счетчика, заполненного жидким и твердым аргоном /напряжение на катоде $U = 4 \text{ кВ}$ /.

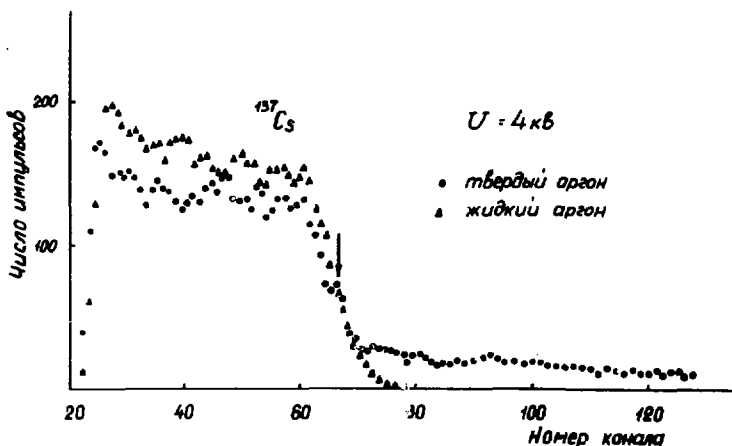


Рис. 3. Амплитудные распределения импульсов от гамма-квантов ^{137}Cs для счетчика, заполненного жидким и твердым аргонем /напряжение на катоде $U = 4 \text{ кВ}$ /.

амплитудные распределения, полученные при облучении счетчика, заполненного жидким и твердым аргонем, гамма-квантами от источников ^{60}Co и ^{137}Cs /напряжение на катоде составляло $U = 4 \text{ кВ}$ /. Как видно из рисунков, амплитудное распределение, соответствующее жидкому аргону, имеет характерную ступенчатую структуру, присущую спектру комптоновских электронов, производимых гамма-квантами в объеме счетчика. Для твердого аргона основная часть распределения имеет такой же вид, однако в спектре отчетливо виден протяженный "хвост" импульсов больших амплитуд. Стрелками на рисунках показаны точки спектров /точки перегиба/, значения амплитуд для которых мы принимали за наиболее вероятные значения амплитуд, соответствующих краям спектров комптоновских электронов. На рис. 4 представлены зависимости этих амплитуд от напряжения на счетчике /амплитудные характеристики/, полученные в результате обработки спектров, снятых при различных напряжениях. Амплитудные характеристики, соответствующие жидкому и твер-

дому аргону, практически совпадают. Из анализа рис. 4 следует, что как для жидкой, так и для твердой фаз характерен ионизационный режим работы. Для напряжений больше 4 кВ амплитуда ионизационных импульсов слабо зависит от величины напряжения /практически кривая выходит на насыщение/. При напряжении около 6 кВ в жидком аргоне происходил пробой, а для твердого аргона пробой не наблюдался вплоть до 10 кВ.

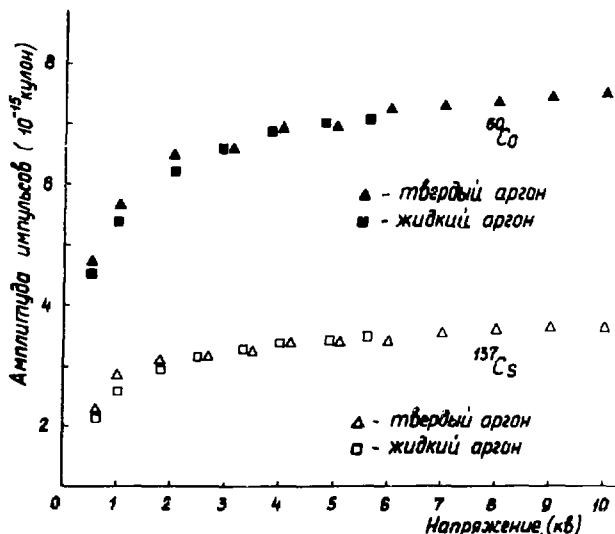


Рис. 4. Амплитудные характеристики счетчика, заполненного жидким и твердым аргонном, полученные при облучении гамма-квантами ^{60}Co и ^{137}Cs .

На рис. 5 приведена зависимость амплитуды ионизационных импульсов для жидкого и твердого аргона от энергии гамма-квантов, полученная при облучении счетчика гамма-квантами от источников ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{137}Cs и ^{113}Sn /напряжение на счетчике $U = 4$ кВ/. Видно, что с хорошей степенью точности эта зависимость линейна.

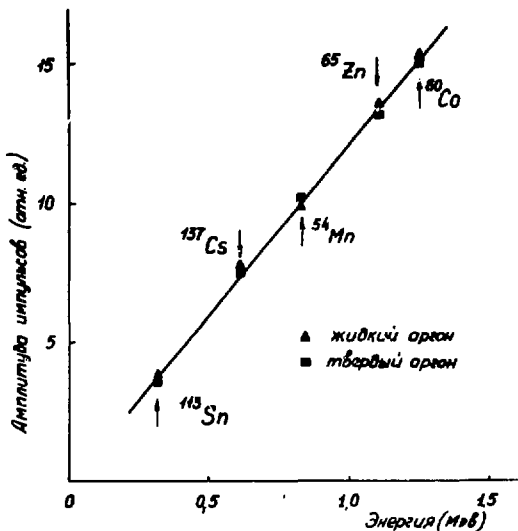


Рис. 5. Зависимость амплитуды ионизационных импульсов для жидкого и твердого аргона от энергии гамма-квантов, полученная при облучении счетчика гамма-квантами от источников ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{137}Cs , ^{113}Sn /напряжение на катоде $U = 4 \text{ кВ}$./

Рассмотрим более подробно амплитудные распределения сигналов /см. рис. 2 и 3/. Как мы уже отмечали, в отличие от жидкого аргона, для твердого аргона наряду со спектром ионизационных импульсов наблюдается протяженный "хвост" импульсов больших амплитуд. Импульсы, соответствующие "хвостовой" части спектра, появляются при напряжении на счетчике около 1 кВ. При дальнейшем увеличении напряжения амплитуда и интенсивность этих импульсов заметно возрастают. Максимальная амплитуда импульсов, наблюдаемая при самых высоких напряжениях, достигала 10^{-12} Кл. Вклад "хвостовой" части спектра в амплитудное распределение небольшой, зависит от условий опыта /см. ниже/ и не превышает 30%. Интенсивность импульсов, превышающих

ионизационные, и их амплитуда с течением времени заметно уменьшались, в то время как основной спектр ионизационных импульсов не претерпевал никаких изменений за время облучения счетчика, находящегося под определенным напряжением в течение нескольких часов.

На рис. 6 приведены счетные характеристики, полученные при облучении счетчика, заполненного жидким и твердым аргоном, гамма-квантами от источника ^{60}Co .

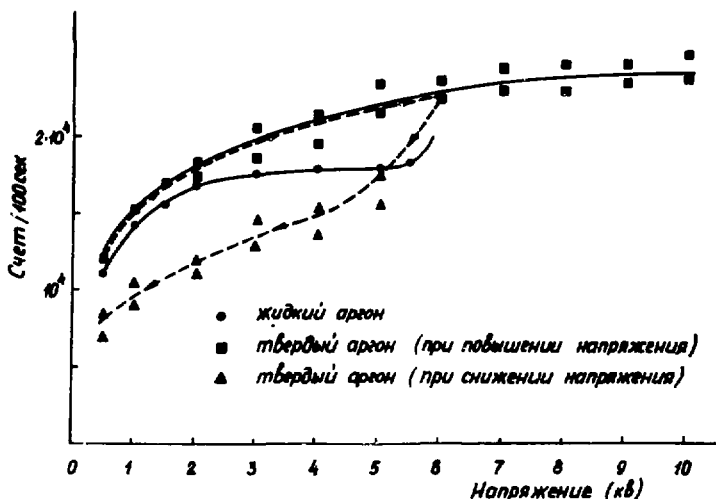


Рис. 6. Счетные характеристики счетчика, заполненного жидким и твердым аргоном, полученные при облучении гамма-квантами ^{60}Co /см. текст/.

Как видно из этого рисунка, счетные кривые для твердого аргона имеют ряд особенностей. В частности, при повышении напряжения на счетчике скорость счета при каждом значении напряжения падает со временем. Так, на рис. 6 каждая пара вертикальных точек, относящихся к верхней кривой, получена с интервалом времени около минуты /каждая нижняя точка снята позже верхней/. При снижении напряжения счетная кривая проходит ниже кривой, полученной при повышении напряжения /каждая верхняя точка снята позже нижней/. Пунктирной линией показаны

кривые, снятые при увеличении напряжения от 0,5 до 6 кВ /верхняя кривая/ и последующим его уменьшением от 6 до 0,5 кВ /нижняя кривая/. Несовпадение этих кривых, как мы обнаружили, связано с тем, что при уменьшении напряжения на счетчике интенсивность импульсов "хвостовой" части спектра резко падает, а также наблюдается некоторое смещение спектра ионизационных импульсов в сторону меньших амплитуд. Систематический сдвиг точек во времени для каждого значения напряжения для верхней кривой связан с уменьшением интенсивности импульсов "хвостовой" части спектра, а для нижней кривой - с некоторым восстановлением спектра ионизационных импульсов.

Фронты ионизационных импульсов, измеренные без формирования интегро-дифференцирующей цепью, составляли $\sim 0,5$ мкс для жидкого аргона и $\sim 0,25$ мкс - для твердого, что согласуется с известными данными о подвижности электронов^{16/}. Фронт импульсов, соответствующих "хвосту" спектра для твердого аргона, имел длительность $\sim 0,5$ мкс. Спад импульса определялся постоянной времени цепи счетчика и предусилителя и был равен ~ 300 мкс.

В специальном опыте проверялась эффективность регистрации гамма-квантов различными участками нити. Коллимированным пучком гамма-квантов ^{60}Co облучались области нити размером ~ 5 мм по длине. Мы не обнаружили изменения эффективности регистрации при перемещении пучка гамма-квантов вдоль счетчика.

Следует отметить, что в различных опытах в зависимости от времени замораживания жидкого аргона получался кристаллический аргон различной степени прозрачности: от очень прозрачного /время кристаллизации ~ 30 ч/, до совершенно непрозрачного /время кристаллизации - 1 ч/. При этом существенных различий в характеристиках счетчика в этих опытах не было замечено.

В заключение рассмотрим важный вопрос оценки чистоты используемого нами аргона. Как видно из рис. 4, для жидкого аргона максимальный заряд, собираемый на аноде, при облучении счетчика гамма-квантами ^{60}Co , равен $\sim 7 \cdot 10^{-15}$ Кл, что составляет около 90% от ожн-

даемой величины, рассчитываемой по формуле $Q = \frac{E}{U}$,

где E - энергия гамма-кванта, поглощаемого в счетчике \bar{E} (^{60}Co) = 1,25 МэВ, U - средняя энергия образования пары электрон-ион, равная для жидкого аргона ~25 эВ. Неполный сбор обусловлен, по-видимому, прилипанием электронов к электроотрицательным примесям /в основном, молекулам кислорода/.

В работах /14,15/ изучалась зависимость коэффициента прилипания от напряженности электрического поля. Было найдено, что коэффициент прилипания $\eta \text{ см}^{-1}$ равен

$\frac{A P_0}{E}$, где E - напряженность поля в В/см, P_0 -

концентрация примесей в единицах концентрации, равных 10^{-6} относительных частей, A - постоянная, равная для жидкого аргона $8 \cdot 10^3$. Доля электронов, теряемых за счет прилипания к примесям, равна:

$$\frac{Q}{Q_0} = \exp \left\{ - \int_{r_a}^r \eta(r) dr \right\},$$

где r_a - радиус анода, r - радиальная координата комптон-электрона.

Из этих данных можно оценить степень чистоты используемого нами аргона, которая оказалась равной $\sim 10^{-7}$ относительных частей. Полученное значение согласуется с экспериментальными результатами работы /1/, где приведена зависимость амплитуды ионизационных импульсов, соответствующих гамма-квантам ^{65}Zn , от концентрации примеси кислорода в жидком аргоне при геометрии счетчика, сходной с нашей.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Обнаруженное для твердого аргона усиление части импульсов до амплитуд $\sim 10^{-12}$ Кл наводит на мысль о существовании вблизи нити микрообластей, в которых происходит размножение электронов. Это могут быть либо микрокристаллические области, в которых возможно

размножение электронов, либо микротрещины, а также микропузыри /их существование в жидком аргоне предполагается в работе /1/ /, куда выходят электроны из твердого аргона с последующим размножением в газовой фазе. Ниже приводится качественное объяснение описанных нами явлений, приемлемое для любого из этих предположений.

Подвижность положительных ионов в кристаллическом аргоне в электрических полях напряженностью до 10^5 В/см не обнаружена /16/. По-видимому, она крайне мала, поэтому при размножении электронов в микрообластях образуется экранирующий положительный пространственный заряд, что приводит к уменьшению интенсивности усиленных импульсов со временем. Наблюдаемый нами эффект своеобразного гистерезиса счетной характеристики /см. рис. 6/ можно также объяснить тем, что при снижении напряжения на счетчике напряженность электрического поля в заряженной пространственным зарядом микрообласти становится недостаточной для развития электронной лавины, вследствие чего число усиленных импульсов уменьшается.

Факт размножения лишь части первичных электронов может быть связан также с наличием на поверхности проволочки микроострий, в окрестности которых формируется высокая напряженность электрического поля, сильно отличающаяся от средней величины поля у поверхности нити. Микровыступы особенно сильно влияют на характер развития разряда именно в случае очень тонких нитей, когда область размножения электронов мала и становится соизмеримой с областью неоднородного поля у микровыступов. Для дальнейших исследований будет, по-видимому, целесообразно тонкие нити подвергать специальной дополнительной обработке, при которой будут убираться микровыступы.

Ввиду того, что в работе /5/ не проводился амплитудный анализ и в опыте использовалась электронная аппаратура с порогом регистрации в несколько раз более высоким, чем в настоящей работе, усиленная часть спектра импульсов в случае твердого аргона не могла быть отделена от ионизационной части спектра, и размножение

электронов было принято за эффект, относящийся ко всему спектру.

Представляется интересным проведение дополнительного исследования работы счетчика, заполненного твердым аргонем при максимально низких нагрузках. Возможно, что в силу очень слабой подвижности положительных зарядов в твердом аргоне при резком уменьшении нагрузки счетчика доля усматриваемых импульсов соответственно возрастет.

В заключение авторам приятно поблагодарить Б.М.Понтекорво за неизменный интерес кданной проблеме и поддержку в работе, а также Е.Н.Русакова за помощь при монтаже аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. S.E.Derenzo et al. Preprint UCRL-20118, 1970.
2. Л.Б. Голованов, В.Д.Рябцов, Е.А.Силаев, А.П.Цвинева. Сообщение ОИЯИ, P13-5404, Дубна, 1970.
3. R.A.Muller et al. Phys.Rev.Lett., 27, 532 (1971).
4. Б.А.Долгошеин и др. Препринт ОИЯИ, P1-6245, Дубна, 1972.
5. А.Ф.Писарев и др. ЖЭТФ, 63, 6, 1562 /1972/; препринты ОИЯИ, P13-6449, P13-6450, Дубна, 1972.
6. S.E.Derenzo et al. Phys.Rev. A, 9, 2582 (1974).
7. J.Prunier et al. Nucl.Instr. and Meth., 109, 257(1973).
8. S.E.Derenzo et al. Nucl.Instr. and Meth., 122, 319 (1974).
9. W.J.Willis, V.Radeka. Nucl.Instr. and Meth., 120, 221 (1974).
10. G.Knies, D.Neuffer. Nucl.Instr. and Meth., 120, 1(1974).
11. А.В.Абрамов и др. Письма в ЖЭТФ, 21, вып. 1, 82-85.
12. G.W.Hutchinson. Nature, 162, 6.0 (1948).
13. Р.Арльт и др. Материалы у симпозиума по ядерной электронике, Дубна, 103, 1968.
14. D.W.Swan. Proc.Phys.Soc., 82, 74 (1963).
15. D.У.Swan. Proc.Phys.Soc., 83, 659 (1964).
16. L.S.Muller, S.Howe, W.E.Spear. Phys.Rev., 106, 871 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел
6 февраля 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

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

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

16-4888	Дозиметрия излучений и физика защиты ускорителей заряженных частиц. Дубна, 1969.	250 стр.	2 р. 64 к.
Д10-6142	Труды Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. Дубна, 1971.	564 стр.	6 р. 14 к.
Д13-6210	Труды VI Международного симпозиума по ядерной электронике. Варшава, 1971.	372 стр.	3 р. 67 к.
Д1-6349	Труды IV Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра. Дубна, 1971.	670 стр.	6 р. 95 к.
P2-6762	Р.М. Мурадян. Автомодельность в инклюзивных реакциях. Лекция, прочитанная на Школе молодых ученых по физике высоких энергий. Сухуми, 1972.	111 стр.	1 р. 10 к.
Д-6840	Материалы II Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Штрбске Плесо, ЧССР, 1972.	398 стр.	3 р. 96 к.
13-7154	Пропорциональные камеры. Дубна, 1973.	173 стр.	2 р. 20 к.
Д2-7161	Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля. Алушта, 1973.	280 стр.	2 р. 75 к.
Д1,2-7411	Глубоконеупругие и множественные процессы. Дубна, 1973.	507 стр.	5 р. 66 к.
Д13-7616	Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. Будапешт, 1973.	372 стр.	3 р. 65 к.
P1,2-7642	Труды Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973.	623 стр.	7 р. 15 к.
Д10-7707	Совещание по программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1973.	564 стр.	5 р. 57 к.
Д1,2-7781	Труды III Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Сивая, 1973.	478 стр.	4 р. 78 к.

Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	376 стр	2 р. 05 к.
Д3-7991	Труды II Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1974.	552 стр.	2 р. 50 к.
Д10,11-8450	Труды Международной школы по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях. Ташкент, 1974.	465 стр.	2 р. 46 к.
Р1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	582 стр.	2 р. 60 к.
Д6-8846	XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1975.	180 стр.	1 р. 90 к.
Д13-9164	Международное совещание по методике проволочных камер. Дубна, 1975.	344 стр.	4 р. 20 к.
Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	307 стр.	3 р. 60 к.
Д13-9287	Труды VIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1975	469 стр.	5 р. 00 к.
Д1,2-9342	Труды V Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варшава, 1975.	338 стр.	5 р. 00 к.

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



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 21132. Тираж 540. Уч.-изд. листов 0,69.
Редактор О.С.Виноградова Подписано к печати 23.3.76 г.
Корректор Н.А.Кураева