

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

5235/2-80

3/41-80

13-80-464

Г. Айхнер, А. Н. Алеев, В. А. Арефьев,
В. П. Баландин, В. К. Бирулев, Л. Вайи*, И. Вереш*,
Т. С. Григалашвили, Б. Н. Гуськов, З. Кайчош*,
Д. А. Кириллов, И. Г. Косарев, Н. А. Кузьмин,
Б. А. Кулаков, М. Ф. Лихачев, Л. Лохоняи,
А. Н. Максимов, А. Монтваи*, А. Н. Морозов,
Я. Пазони*, Л. Сабо*

КОНСТРУКЦИЯ И СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ
ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
СПЕКТРОМЕТРА БИС-2

Направлено в ПТЭ

* Центральный институт физических исследований
ВАН, Будапешт, ВНР.

1980

Айхнер Г. и др.

13-80-464

Конструкция и стендовые испытания
пропорциональных камер спектрометра БИС-2

Методом магнитного спектрометра проводится поиск новых частиц на канале нейтральных частиц серпуховского ускорителя. Для спектрометра разработана конструкция и проведены исследования на стенде физических характеристик пропорциональных камер на линии с ЭВМ ТРА-1000i. Приводятся результаты исследований пропорциональных камер с различными газовыми смесями. Выбрана "рабочая" газовая смесь и приводятся характеристики пропорциональных камер с этой газовой смесью.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Eichner G. et al.

13-80-464

Design and Stand Test of Spectrometer
Proportional Chambers

1. ВВЕДЕНИЕ

Для поиска новых частиц в адрон-адронных взаимодействиях в пучке нейтральных частиц серпуховского ускорителя был создан бесфильмовый спектрометр БИС-2 ОИЯИ. Спектрометр работает на линии с ЭВМ ЕС-1040 и ТРА-1001i. БИС-2 состоит из спектрометрического магнита типа СП-40, 10 пропорциональных камер /ПК/, годоскопа из сцинтилляционных счетчиков, детектора гамма-квантов и электронов - годоскопа из 140 черенковских счетчиков полного поглощения /ЧСПП/, детектора мюонов /ДМ/, нейтронного монитора /м/ и соответствующей электронной аппаратуры. ПК до включения их в БИС-2 были испытаны на стенде. Ниже описывается конструкция и результаты стендовых испытаний ПК спектрометра БИС-2.

2. КОНСТРУКЦИЯ ПК

В спектрометр БИС-2 входят ПК с размерами рабочих областей от /400x300/ мм² до /1000x600/ мм². Все ПК спектрометра двухкоординатные за исключением одной /ПК1/. Размеры рабочих областей всех ПК, используемых в спектрометре, число сигнальных проволок и некоторые конструктивные параметры приведены в таблице, где L - расстояние между электродами, S - расстояние между сигнальными проволоками, S1 - расстояние между высоковольтными /в/в/ проволоками, X - горизонтальный размер ПК, Y - вертикальный размер ПК.

Все ПК разборные, содержат в одном газовом объеме 2 сигнальных электрода /плоскости/: "X" - плоскость - сигнальный электрод с вертикально расположенными проволоками, "Y" - плоскость - сигнальный электрод с горизонтально расположенными проволоками. Все ПК имеют в основном одинаковую конструкцию.

Стандартная ПК состоит из 7 одинаковых дизлектрических рам толщиной 6 мм, изготовленных методом литья из эпоксидного компаунда. Шесть рам несут на себе проволочные электроды, седьмая рама предназначена для газового обеспечения внутреннего объема ПК.

Диэлектрические рамы помещены между внешними алюминиевыми рамами, и все они стягиваются латунными шпильками. Окна рам закрыты майларовыми пленками толщиной 60 мкм. Все рамы с проволочными электродами имеют наклеенные печатные электроды,

Таблица

№ ПК	Размеры, мм		L мм		S мм		S ₁ мм		N ситн. пров.		∅ в/в пров., мкм	∅ ситн. пров., мкм	Примечание
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y			
1	400	300	8	-	2	-	2	-	160	-	100	20	
2	400	300	8	8	2	2	2	2	192	150	60	20	
3	400	300	8	8	2	2	2	2	192	150	60	20	
4	820	300	8	8	2	2	2	2	396	138	60	20	
5	820	300	8	8	2	2	2	2	396	138	60	20	
6	1000	600	6	6	2,16	2,16	1	1	456	456	100	20	угол намотки 22,5°
7	1000	600	8	8	2	2	1	1	480	288	60	20	
8	1000	600	6	6	2,16	2,16	1	1	456	456	100	20	угол намотки 22,5°
9	1000	600	8	8	2	2	1	1	480	288	60	20	
10	1000	600	8	8	2	2	1	1	480	288	60	20	

N - число сигнальных проволок, ∅ - диаметр в/в и сигнальной проволоки.

к которым припаяны как сигнальные проволоки, так и входы усилителей. Печатные электроды изготовлены из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм и дополнительно увеличивают общую жесткость рам.

Для намотки сигнальных электродов во всех ПК использована проволока из золоченого вольфрама, а для высоковольтных в/в/электродов - проволока из бериллиевой бронзы. Перед намоткой проволочных электродов был проведен анализ устойчивости проволок при наличии электрического поля. Результаты этого анализа совпали с результатами работы ^{1/}. При намотке проволок были выбраны следующие натяжения: проволока из золоченого вольфрама диаметром 20 мкм натягивалась с усилием 60 г, бронзовая проволока диаметром 60 мкм - с усилием 90 г, бронзовая проволока диаметром 100 мкм - с усилием 100 г. Несколько проволок по краям в/в электродов во всех ПК имеют диаметр 100 мкм и натянуты с усилием в полтора раза больше, чем все остальные.

После намотки проволок их натяжения контролировались устройством, разработанным и изготовленным в ЦИФИ ВАН /Будапешт/. Точность контроля натяжений составляла не хуже 1%. Принцип измерения основан на определении частоты электрических колебаний в проволоке, возбужденной в магнитном поле. Разброс натяжений проволок в одной плоскости ПК не превышал 3÷4%.

2.1. Особенности конструкции больших ПК

ПК, начиная с размеров рабочей области 820x300 мм², имеют некоторые особенности в конструкции. При большом количестве проволок в ПК возможна деформация рамок и вследствие этого, провисание проволок и выход из строя ПК. Для исключения этого эффекта перед намоткой электродов рамки всех больших ПК деформировались на определенную величину Δl , которая для каждой ПК определялась экспериментально. Кроме того, угловые отверстия в рамах, а также отверстия в середине каждой из четырех сторон и соответствующие стягивающие шпильки были изготовлены с точностью $\pm 0,01$ мм.

Сигнальные проволоки "Y" - плоскостей в ПК с размерами рабочих областей /1000x600/ мм² и ортогональной намоткой проволок имеют поддерживающие линии. Последние выполнены в виде пары монтажных проводов, натянутых с обеих сторон сигнальной плоскости перпендикулярно проволокам с усилием 0,5 кг, и связаны между собой тонкими нейлоновыми нитями через 5÷6 см. На поддержки подается регулируемое по величине постоянное напряжение. Изоляция поддержек выдерживает напряжение до 1,5 кВ.

Сигнальные плоскости в ПК6, ПК8 намотаны под углом 45° относительно друг друга и под углом 22,5° относительно вертикали. Максимальная длина сигнальных проволок - 650 мм. В этих ПК всего 3 в/в плоскости, проволоки которых расположены горизонтально и на которые подается напряжение от одного источника.

Рамы для электродов ПК6 и ПК8 с "косой" намоткой проволок изготовлены из трех пластин стеклотекстолита толщиной 2 мм, склеенных между собой. Один из слоев несет печатные проводники. Все ПК спектрометра, кроме камер с "косой" намоткой, имеют "охранные кольца", окружающие сигнальные плоскости с обеих сторон.

2.2. Подключение электроники к ПК

Входы усилителей подсоединяются к одной из сторон проводников, к которым подпаяны сигнальные проволоки. Параллельно входам усилителей непосредственно к печатным электродам припаяны объемные резисторы типа ТВ0-0,125 величиной от 30 до 75 кОм, которые позволяют постоянно поддерживать сигнальные проволоки под потенциалом Земли вне зависимости от высоковольтного напряжения и подключения усилителей. Резисторы ТВ0 на работу усилителей не влияют.

Вся электроника, размещенная на ПК, смонтирована в дюралюминиевых кожухах. В них размещены промежуточные разъемы для

подсоединения усилителей, выходные разъемы типа 2РМ для подключения кабелей, связывающих усилители с регистрирующей электроникой в домиках экспериментаторов ^{1/2/}, схемы "ИЛИ" для формирования сигналов запуска БИС-2^{3/}. Так как на одной ПК размещается до 1000 каналов, то электрический монтаж довольно сложен и осуществлен с помощью специального печатного "кросса". Для устойчивой работы усилителей используются независимые заземления цепей входных и выходных сигналов. В кожухах предусмотрена естественная и принудительная вентиляция, обеспечивающая для электроники нормальный рабочий температурный режим.

3. ИСПЫТАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПК

После изготовления ПК прошли испытания на стенде для выявления их главных характеристик: эффективности регистрации заряженных частиц в зависимости от высоковольтного напряжения, шумовых свойств на участке "плато" кривой "эффективность - напряжение", зависимости характеристик ПК от состава газа, их долговременной стабильности, влияния "поддержек" и др.

3.1. Условия испытаний ПК

Испытания проводились на стенде, который состоял из:

- "координатора" - механического устройства, позволяющего проводить измерения в любой точке рабочей области ПК с точностью $\pm 0,5$ мм;
- монитора из двух ФЭУ, собирающих свет с одного сцинтиллятора;
- системы коллиматоров с радиоактивным источником ⁹⁰Sr;
- набора электронных блоков для запуска системы и регистрации информации с ПК ^{1/2/};
- ЭВМ типа ТРА-1001i.

Исследуемая ПК устанавливалась на "координаторе". Одна сигнальная плоскость камеры исследовалась, другая - включалась на совпадение с монитором, что позволило уменьшить число случайных запусков до величины $< 1\%$.

Схема включения электроники позволяла одновременно измерять эффективность по суммарным сигналам "быстрое ИЛИ" ^{1/3/} и по данным, поступающим с каждой сигнальной проволоки в ФЭУ.

Число шумовых импульсов измерялось непосредственно по суммарным сигналам "быстрое ИЛИ", а также косвенным образом - поканально, по числу случайных совпадений в отсутствие ⁹⁰Sr, когда вместо импульсов монитора для запуска использовались импульсы генератора с известной частотой.

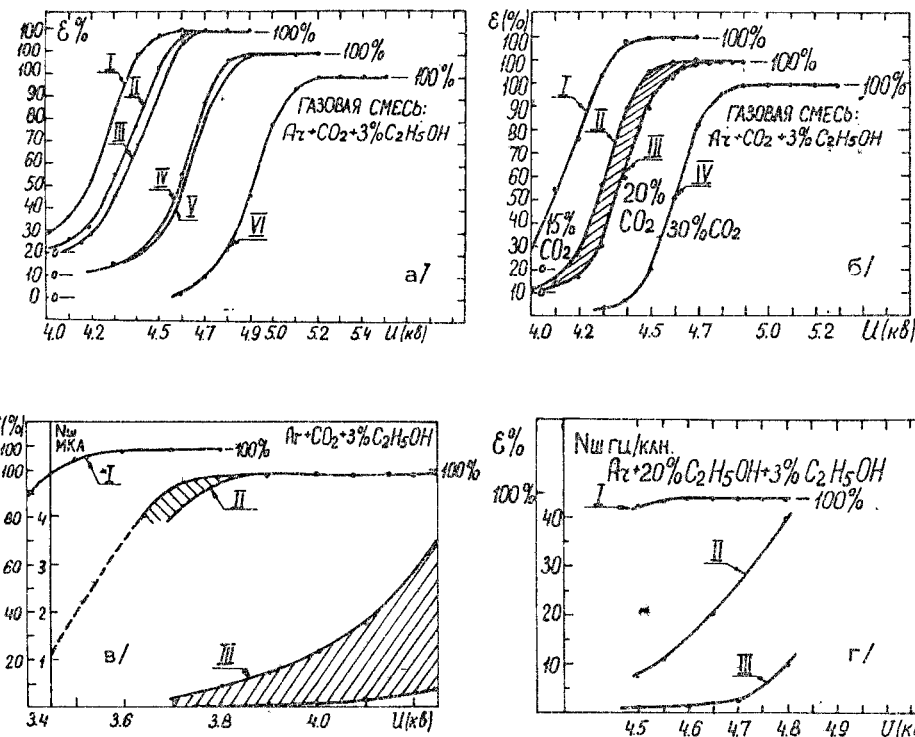
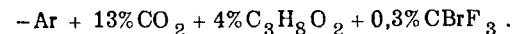
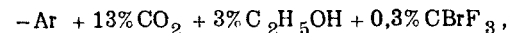
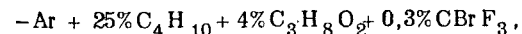
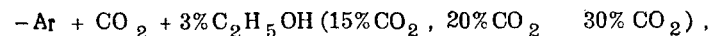


Рис.1. Зависимость эффективности ПК от приложенного высоковольтного напряжения для разных газовых смесей. а/ (I, II, III) - 15% CO₂, (IV-V) - 20% CO₂, VI - 30% CO₂; I - "X"-плоскости ПК /4÷5/, порог усилителя 1 мкА, II - "Y"-плоскости ПК /4÷5/, порог усилителя 1 мкА, III - "X"-плоскость ПК1, порог усилителя 1 мкА, IV - "X"-плоскости ПК /4÷5/, порог усилителя 2 мкА, V - "X"-плоскости ПК /2÷3/, порог усилителя 2 мкА, VI - "X"-плоскости ПК /4÷5/, порог усилителя 2 мкА; б/ (I, II, IV) - "X"-плоскости ПК7, ПК9, ПК10; III - "Y"-плоскости ПК7, ПК9, ПК10; в/ ПК с "косой" намоткой; I - для газовой смеси с 20% CO₂ /для одной ПК/, II - область изменения эффективности для двух ПК с 30% CO₂ в газовой смеси, III - область изменения шумов для двух ПК с 30% CO₂ в газовой смеси; г/ изменение шумов со временем в области "плато" по эффективности для большой ПК /1000x600/ мм²; I - ε(%) = f(U_{кВ}), II - кривая шумов в пределах "плато", III - кривая шумов через трое суток непрерывной работы.

Радиоактивный источник обеспечивал загрузку до 10^5 частиц в секунду на проволоку. Система коллиматоров позволяла изменять размеры пучка электронов по горизонтали и вертикали в пределах от 1 до 5 мм. Измерения проводились с чувствительностью усилителей 1 и 2 мкА.

Исследования ПК выполнялись со следующими газовыми смесями:



3.2. Исследование эффективности и шумовых свойств ПК

Исследование характеристик ПК с газовой смесью аргон-углекислота-спирт позволяло выявить закономерности поведения ПК, обусловленные их конструкцией.

На рис. 1а представлено семейство кривых "эффективность-напряжение" для ПК1-ПК5, снятых для трех газовых смесей. На этом же рисунке показаны результаты сравнительных измерений при различных порогах усилителей.

На рис. 1б изображены зависимости эффективности от напряжения ПК с размерами рабочей области 1000×600 мм² и ортогональной намоткой сигнальных электродов для этих же трех газовых смесей. Все кривые на этом рисунке и далее сняты с чувствительностью усилителей 2 мкА.

Зависимость эффективности от напряжения, приложенного к ПК, и область изменения шумов для двух ПК с "косой" намоткой сигнальных проволок показаны на рис. 1в.

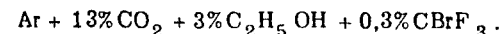
Шумы всех ПК с ортогональной намоткой сигнальных электродов не сильно отличались друг от друга, поэтому на рис. 1г приведены кривые шумов в зависимости от напряжения для одной из больших ПК в области "плато" по эффективности непосредственно после включения /кривая II / и через трое суток непрерывной работы /кривая III /. Представленные на рис. 1 кривые показывают нормальную работу ПК разных размеров и с различной добавкой CO_2 . Однако после длительных измерений /до двух-трех недель/ с газовой смесью аргон-углекислота-спирт появлялась нестабильность в работе ПК, выражающаяся в увеличении числа шумовых импульсов и, в отдельных случаях, в искрообразовании. При ис-

следовании этих явлений было обнаружено стойкое отложение углерода на высоковольтных проволоках. В связи с этим были предприняты исследования с другими газовыми смесями. Исследования проводились с ПК с размером рабочей области 1000×600 мм².

На рис. 2а приведена зависимость эффективности и шума ПК от в/в напряжения для "магической" газовой смеси: аргон, 25% изобутана, 4% метилала, 0,3% фреона-13Б1. Аргон продувался через метилаль, помещенный в термостат при 0 °С. Хотя величина "плато" по эффективности, приведенная на рис. 2а, больше, чем для газовых смесей с углекислотой, практически использование ПК с "магической" смесью было крайне затруднено из-за следующих факторов: 1/ для газового обеспечения ПК необходимо применять специальные трубки, не растворимые метилалем; 2/ изобутан - горючий и токсичный газ, требующий вывода отработанной газовой смеси в атмосферу; 3/ промышленный метилаль содержит кислотные добавки, ликвидировать которые можно методом перегонки, однако контроль оставшейся после перегонки кислотной примеси - сложная процедура; использование метилала без специального контроля оставшейся кислотной примеси может привести при длительной эксплуатации ПК /в течение нескольких тысяч часов/ к разрушению проволок; 4/ метилаль не препятствует полностью полимеризации изобутана, и через некоторое время на проволоках образуется налет серого цвета, а "плато" сдвигается в сторону больших напряжений.

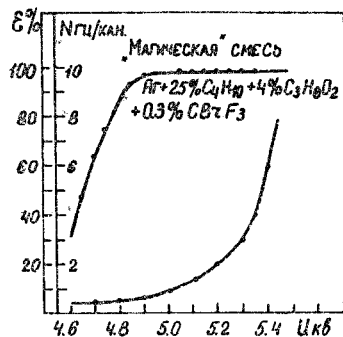
Отложение углерода на проволоках и ухудшение эксплуатационных свойств ПК происходит, вероятно, из-за образования коронных разрядов внутри ПК. Необходимо было "подавить" эти разряды, не изменяя других характеристик ПК.

С этой целью в газовую смесь аргон-углекислота-спирт была введена электроотрицательная добавка в виде фреона-13Б1 (CBrF_3). Добавление фреона смещает "плато" эффективности в сторону более высоких напряжений. Это смещение было скомпенсировано уменьшением количества CO_2 . В результате была подобрана газовая смесь:

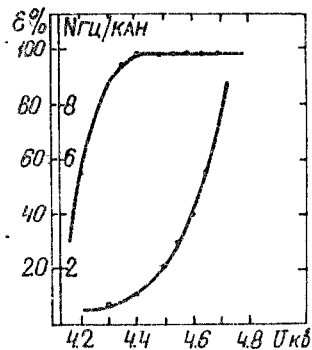


Зависимость эффективности и шума от высоковольтного напряжения для этой смеси в одной из больших ПК приведена на рис. 2б. Длительная работа на этой смеси показала высокую стабильность ПК. Данная газовая смесь была выбрана в качестве "рабочей".

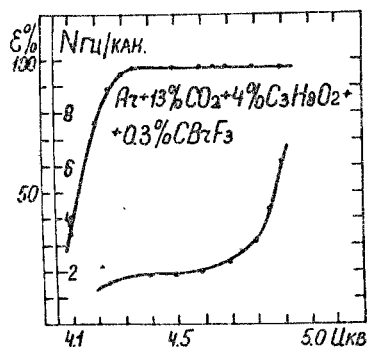
Исследовалась также аналогичная смесь, в которую вместо этилового спирта было введено 4% метилала. Характеристики ПК для этой смеси показаны на рис. 2в. Как видно из рисунка, использование метилала дает лучшие результаты. Однако применение метилала в "рабочей" газовой смеси было нами отвергнуто из-за приведенных выше причин.



а/



б/



в/

Рис. 2. Зависимость эффективности и шума от высоковольтного напряжения для одной из больших ПК:
 а/ с "магической" газовой смесью: $Ar + 25\% C_4H_{10} + 4\% C_3H_8O_2 + 0.3\% CBrF_3$;
 б/ с выбранной "рабочей" газовой смесью: $Ar + 13\% CO_2 + 3\% C_2H_5OH + 0.3\% CBrF_3$; в/ с добавкой в газовую смесь метилала и фреона-13Б1: $Ar + 13\% CO_2 + 4\% C_3H_8O_2 + 0.3\% CBrF_3$.

Измерения долговременной стабильности значений эффективностей всех ПК, проведенные в течение трех суток непрерывной работы, показали, что максимальное среднеквадратичное отклонение от среднего значения составляет 1,2%.

3.3. Влияние поддерживающих линий

С целью выяснения влияния поддерживающих линий была измерена зависимость эффективности ПК от расстояния между треком прошедшей частицы и поддерживающей линией.

Кривые, приведенные на рис. 3а, показывают, что с помощью потенциала, поданного на поддерживающие линии, удается достаточно хорошо скомпенсировать уменьшение эффективности, вызванное размещением "поддержек" внутри ПК.

Выбор необходимого потенциала иллюстрируется кривой /рис. 3б/ эффективности, полученной непосредственно в месте расположения поддержки /измерения проводились с электронным пучком шириной 1 мм/.

3.4. Временные свойства ПК

Временные характеристики исследуемых ПК практически совпадают

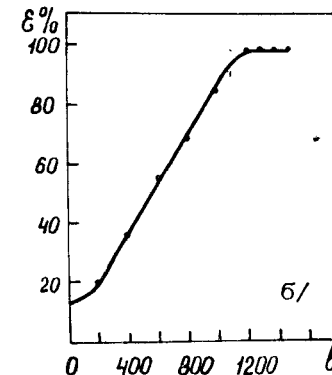
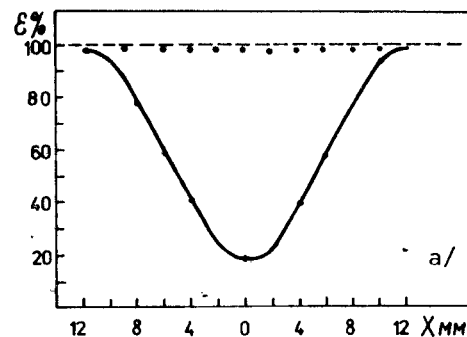
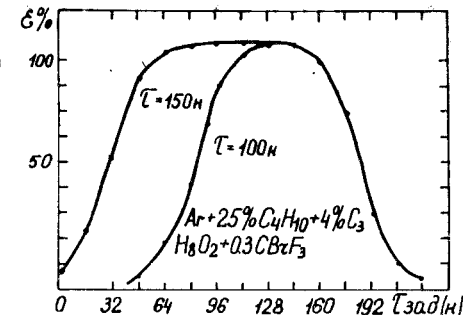


Рис. 3. Эффективность ПК в области "поддержек".
 а/ сплошная кривая при отсутствии напряжения на "поддержке", вверху /точки/ - при напряжении на поддержке 1,3 кВ; б/ в зависимости от приложенного к "поддержке" напряжения.

Рис. 4. Кривые задержанных совпадений для большой ПК /1000x600/ мм с "магической" газовой смесью /для двух значений длительности строб-сигнала.



с известными характеристиками подобных камер, имеющих конструктивные параметры, аналогичные параметрам, приведенным в таблице. Для иллюстрации в работе /3/ приведен временной спектр, типичный для описываемых ПК.

Временное разрешение, характерное для съема данных с сигнальных проволок ПК, иллюстрируется рис. 4 и определяется в основном длительностью строба записи.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краткий итог данной работы заключается в следующем:

а/ разработаны и созданы пропорциональные камеры разных размеров для использования их в спектрометре БИС-2 ОИАИ;

б/ проведены подробные испытания ПК с целью выяснения их характеристик;

в/ выбраны смеси, пригодные для длительной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тельнов В.И. ПТЭ, 1974, №5, с.46.
2. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 13-10524, Дубна, 1977.
3. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 13-80-161, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 июля 1980 года.

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

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

Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	2 р. 05 к.
P1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	2 р. 60 к.
Д6-8846	XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1975.	1 р. 90 к.
Д13-9164	Международное совещание по методике проволочных камер. Дубна, 1975.	4 р. 20 к.
Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна 1978. /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна 1978.	5 р. 00 к.
P18-12147	Труды III совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач.	2 р. 20 к.

Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
P2-12462	Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979.	2 р. 25 к.
Д-12831	Труды Международного симпозиума по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики. Дубна, 1979.	4 р. 00 к.
Д-12965	Труды Международной школы молодых ученых по проблемам ускорителей заряженных частиц. Минск, 1979.	3 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1979.	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	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