

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

3180/82

12/7-82

13-82-160

А.Будзьяк, Н.П.Боброва, К.Зелигер,<sup>1</sup>  
В.И.Ляшенко, Д.Б.Понтекорво, А.Г.Потехин,  
В.З.Сердюк, М.В.Стабников,<sup>2</sup> М.А.Томбак,<sup>2</sup>  
Д.Спореа,<sup>3</sup> И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков

ГЕЛИЕВАЯ СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА  
ПРИ ДАВЛЕНИИ ГАЗА ДО 5 АТМ  
С ЛАЗЕРНОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ СЛЕДОВ

---

<sup>1</sup> Центральный институт электронной физики  
АН ГДР, Берлин.

<sup>2</sup> Ленинградский институт ядерной физики  
им. Б.П.Константинова АН СССР.

<sup>3</sup> Институт физико-технической ядерной  
аппаратуры, Бухарест.

Направлено в журнал "Optica Applicata", ПНР

1982

Наполнение стримерной камеры гелием позволяет эффективно использовать ее в тех исследованиях, где рабочий газ камеры выступает не только в роли детектирующей среды, но и в роли "тонкой" мишени /1,2/. При этом повышение давления ведет к увеличению вероятности взаимодействия и тем самым к повышению эффективности работы камеры в пучках частиц, идущих от ускорителей. Особенно интересным является создание гелиевой стримерной камеры /ГСК/ повышенного давления с лазерной регистрацией треков. Как показано в ряде работ /3-8/, использование лазерной регистрации позволяет улучшить локализацию траекторий частиц, точнее определять положение вершины взаимодействия, выполнять ионизационные измерения.

К сожалению, вследствие относительно низкой величины рефракции  $n-1$  в гелии /  $n$  - показатель преломления / чувствительность метода лазерной регистрации в стримерной камере, наполненной этим газом, минимальна /9/. И в самом деле, при работе с чистым гелием не удается получить тенеграммы треков с удовлетворительным контрастом /4/.

Только введение в камеру добавок метана / $\geq 1\%$ / при давлении гелия 1 атм /6/ позволило получить тенеграммы треков хорошего качества.

Задачей данной работы является исследование оптимальных условий работы ГСК при повышенном давлении с лазерной регистрацией. Особое внимание обращено на задачу - добиться хорошего качества следов при введении минимального количества добавок с целью создания практически чистой гелиевой камеры - мишени.

## АППАРАТУРА

Блок-схема экспериментального стенда, который использовался в работе, показана на рис.1. Электроны из  $\beta$ -источника  $^{90}\text{Sr}$  проходят через стримерную камеру /1/ и попадают в сцинтилляционный счетчик /3/, который вырабатывает стартовый сигнал. Этот сигнал подается на электронную систему запуска /4/, с выхода которой он поступает на вход генератора импульсных напряжений /ГИН/ /5/. С первого каскада ГИН снимается сигнал для запуска импульсного азотного лазера /7/ через линию задержки /6/. Высоковольтный импульс с выхода ГИН подается на высоковольтный электрод стримерной камеры.

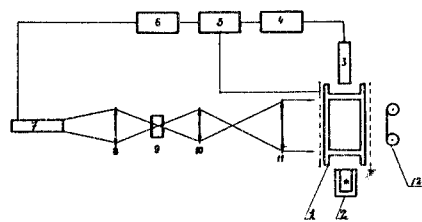


Рис.1. Блок-схема экспериментального стенда: 1 - стримерная камера; 2 - источник электронов; 3 - сцинтилляционный счетчик; 4 - электронная система запуска; 5 - ГИН; 6 - линия задержки; 7 - импульсный азотный лазер; 8 - кварцевая линза; 9 - кювета с родамином 6Ж; 10,11 - оптические линзы; 12 - фотопленка.

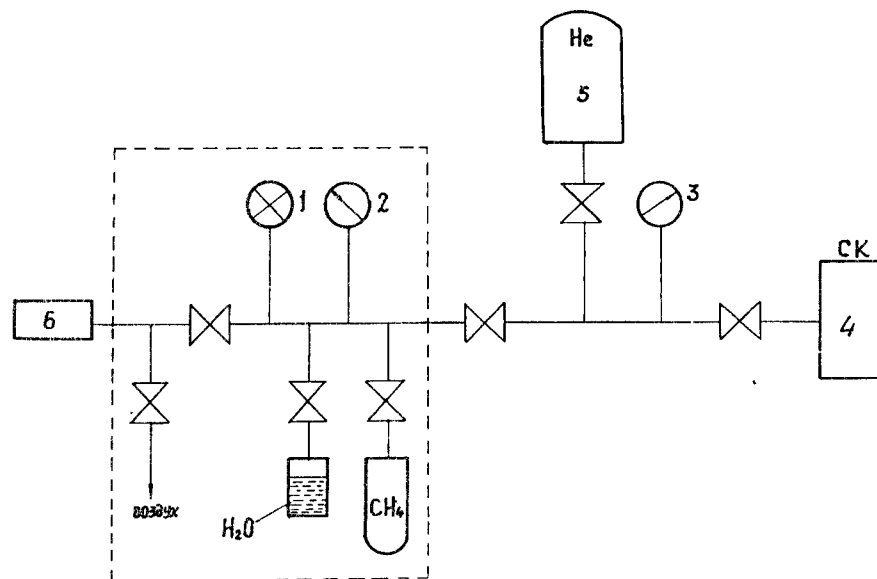


Рис.2. Вакуумная система: 1 - лампа; 2 - образцовый вакуумметр /300 делений/; 3 - манометр /до 10 атмосфер/; 4 - стримерная камера; 5 - баллон с гелием; 6 - насос.

Лазерный импульс света /  $\lambda = 337,1$  нм/ через кварцевую линзу /8/ попадает в кювету с родамином 6Ж<sup>8/</sup>, где он преобразуется в импульс видимой области спектра /  $\lambda \sim 600$  нм/ и формируется в параллельный пучок с помощью телескопа<sup>10,11/</sup>. Этот пучок света и освещает рабочий объем стримерной камеры.

Стримерная камера представляет собой цилиндр из плексигласа с внутренними размерами: диаметр 70 мм, высота 46 мм. С торцов цилиндр закрыт стеклянными окнами толщиной 12 мм. Конструкция

камеры позволила работать при давлении газа до 5 атм. Для прохождения электронов через камеру в ней предусмотрены два майларовых окна. Electrodes сделаны в виде системы параллельных проволок диаметром 100 мкм, расположенных друг от друга на расстоянии 3 мм и приложенных вплотную к стеклянным окнам камеры.

Генератор импульсных напряжений собран по стандартной схеме типа Аркадьева-Маркса, состоит из семи секций. Ударная емкость ГИН составляет 3000 пФ. Амплитуда высоковольтного импульса - около 120 кВ. Задержка выходного сигнала по отношению к стартовому сигналу с ФЭУ составляла 1 мкс. Лазер запускался сигналом с выхода первой секции ГИН через кабельную линию задержки. Время задержки сигнала менялось в процессе работы от 125 нс до 3 мкс. В ходе экспериментов применялся лазер с продольным разрядом длиной 1000 мм, изготовленный в Центральном институте электронной физики АН ГДР, его параметры приведены в работе<sup>6/</sup>.

Вакуумная система /рис.2/ позволяла производить наполнение стримерной камеры гелием и примесями метана и воды в необходимых пропорциях. Добавки контролировались с помощью вакуумметра. Начальный вакуум составлял около  $10^{-2}$  Тор. Для хорошей очистки камеры производилась ее откачка в течение длительного времени и промывание гелием. Хорошо очищенная гелиевая стримерная камера с лазерной регистрацией позволяет регистрировать на тенеграммах следы электронов при добавках метана  $0,1 \pm 1\%$ . Это делает ее практически чистой гелиевой мишенью, что важно для многих экспериментов, в которых изучаются взаимодействия частиц с гелием в стримерной камере.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящей работе получены тенеграммы следов электронов в ГСК при давлении гелия 1 атм и примесях метана, составляющих менее одного процента, с добавками паров воды в пределах  $0,1 \pm 0,8\%$ . Для успешной регистрации тенеграмм стримеров в гелии представляется существенным выполнение следующих условий:

а/ стримерная камера должна быть хорошо очищена от всех загрязнений;

б/ при малых примесях метана / <1% / в камеру необходимо вводить также пары воды /  $0,1 \pm 0,8\%$  /.

На рис.3 представлена тенеграмма следа, полученная в гелии при давлении 1 атм, примесь метана составляла 0,1%, добавка паров воды - 0,3%. Возможность лазерной регистрации треков в ГСК изучалась при давлениях 2,3,4 и 5 атм. Напряженность электрического поля в камере при всех давлениях составляла 20 кВ/см. Эта напряженность электрического поля в 2 раза пре-

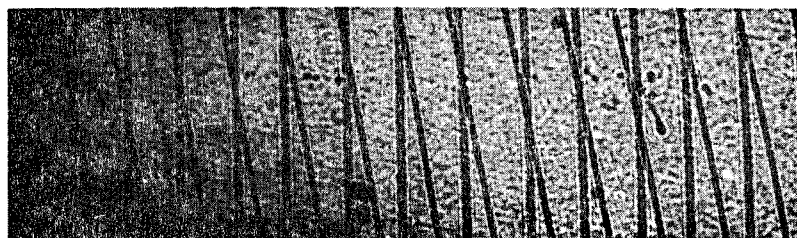
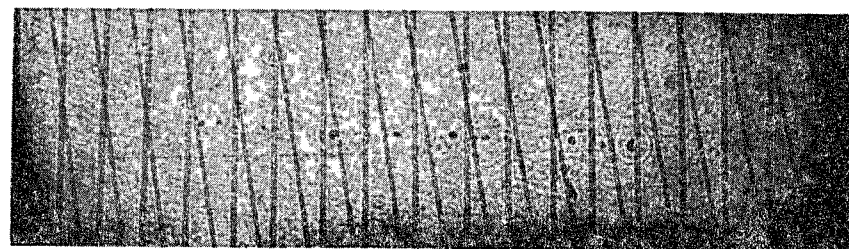


Рис.3. Тенеграмма следа, полученная в гелии при давлении 1 атм, примесь метана составляла 0,1%, добавка паров воды - 0,3%, задержка лазерного импульса - 950 нс.

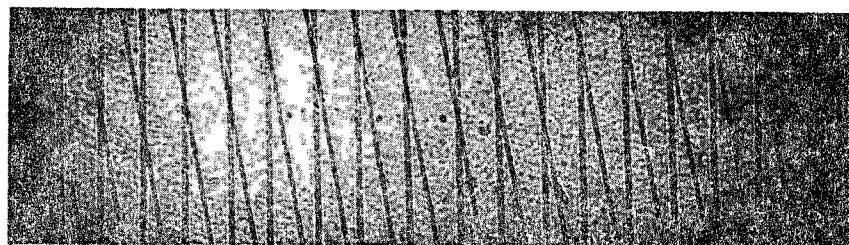
вышала напряженность электрического поля, которая использовалась в работе/6/. Соответствующие тенеграммы с различными количествами метана и паров воды представлены на рис.4-7.

Мы изучали работу камеры при различных примесях метана и паров воды. Минимальная концентрация примесей составляла  $0,3 \pm 0,6\%$  при 5 атм. При этом, как видно из рис.7, мы наблюдали следы удовлетворительного качества. По полученным тенеграммам были проведены измерения плотности стримеров в следах электронов в зависимости от давления в камере и от задержки лазерного импульса. Результаты представлены в таблице и на рис.8.

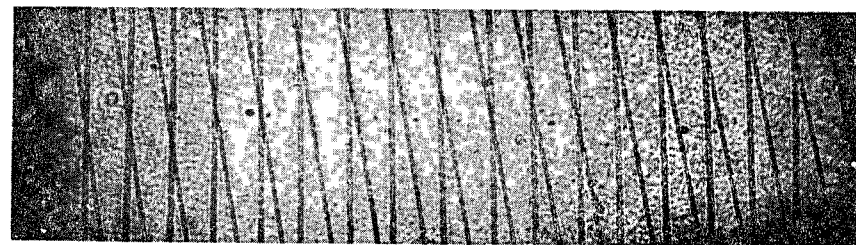
Как видно из графика на рис.8, плотность стримеров увеличивается с задержкой при малых ее значениях /до 1-2 мкс/ и остается практически постоянной при больших значениях задержки. Аналогичный эффект отмечался в работе/10/ для стримерной камеры, заполненной смесью: 70% He + 30% CH<sub>4</sub>. Причина этого явления может заключаться в следующем. При работе стримерной камеры в режиме самозатухания энергия электрического поля распределяется между стримерами неравномерно. Это, по-видимому, связано с флуктуацией начального числа электронов в лавинах, из которых развиваются стримеры, что может, соответственно, привести к разбросу во времени развития стримеров. Как показано в работе/11/, контрастность тенеграмм стримеров в значительной мере определяется величиной энерговыделения в них. При малых задержках лазерного импульса размеры теней стримеров значительно меньше, чем при больших. В этих условиях изображения стримеров с минимальным энерговыделением имеют контрастность, недостаточную для наблюдения на тенеграммах, в то время как при больших задержках они также могут "проявиться". Причиной этого могут быть также флуктуации во времени, необходимым для установления равновесной температуры внутри канала стримера, то есть во времени передачи энергии от нагретого



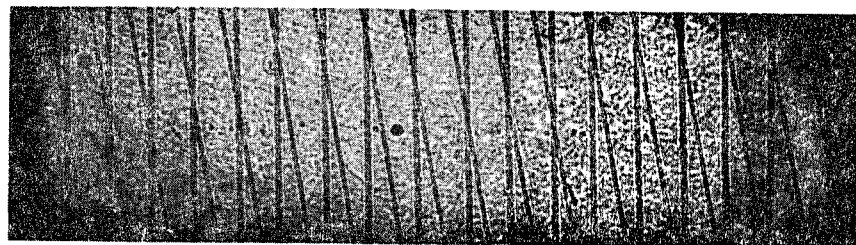
а



б

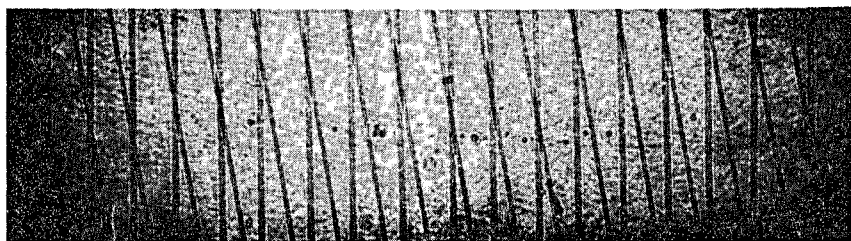


в



г

Рис.4. Тенеграммы следов, полученные в гелии при давлении 2 атм: а/ примесь метана - 3,85%, задержка лазерного импульса 600 нс; б/ примесь метана - 5%, задержка лазерного импульса 400 нс; в/ примесь метана - 6,5%, задержка лазерного импульса 950 нс; г/ примесь метана - 10%, задержка лазерного импульса 3 мкс.



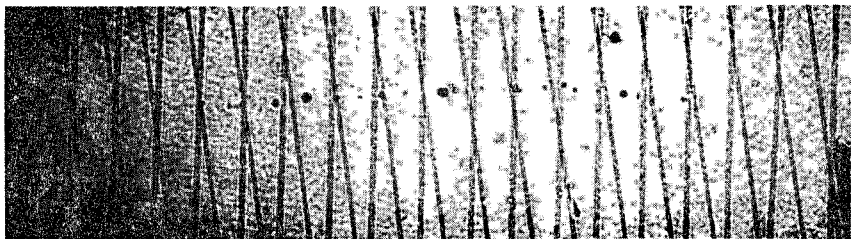
а



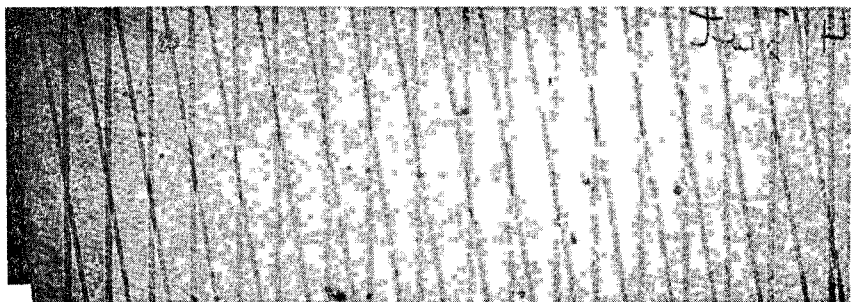
б



в

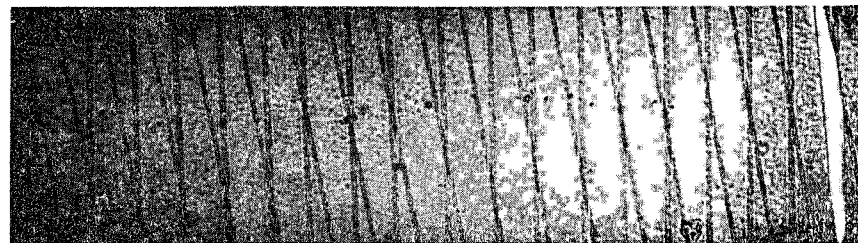


г

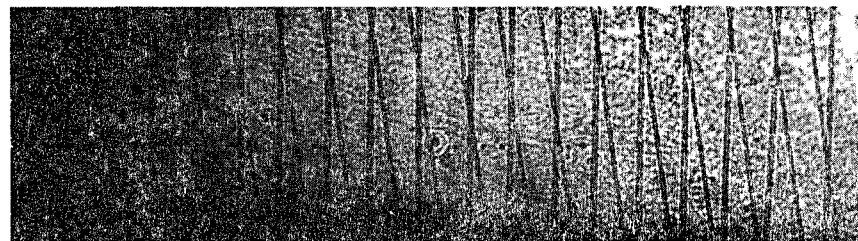


д

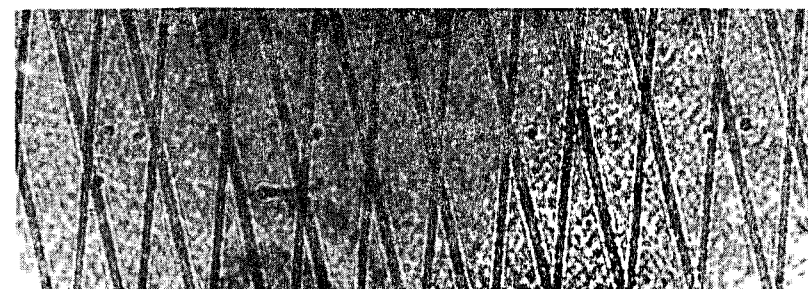
Рис.5. Тенеграммы следов, полученные в гелии при давлении 3 атм: а/ примесь метана - 1,92%, задержка лазерного импульса 600 нс; б/ примесь метана - 1,25%, задержка лазерного импульса 950 нс; в/ примесь метана - 2,5%, задержка лазерного импульса 1725 нс; г/ примесь метана - 5%, задержка лазерного импульса 3 мкс; д/ примесь метана - 0,25%, задержка лазерного импульса 950 нс.



а



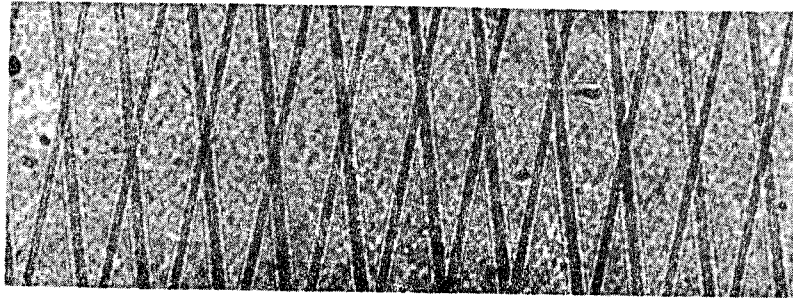
б



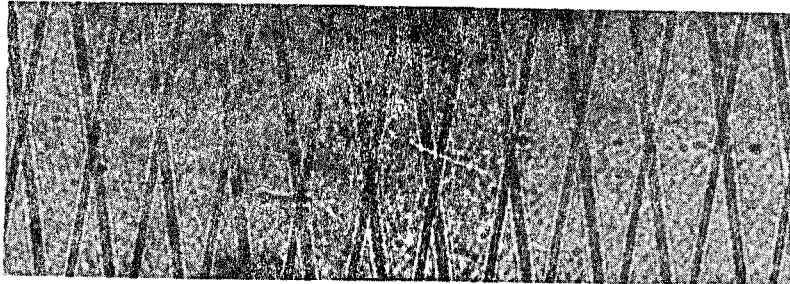
в

Рис.6. Тенеграммы следов, полученные в гелии при давлении 4 атм: а/ примесь метана - 5%, задержка лазерного импульса 950 нс; б/ примесь метана - 0,95%, задержка лазерного импульса 600 нс; в/ примесь метана - 0,6%, задержка лазерного импульса 1700 нс.





а



б

Рис.7. Тенеграммы следов, полученные в гелии при давлении 5 атм: а/ примесь метана - 0,6%, задержка лазерного импульса 2 мкс; б/ примесь метана - 0,6%, задержка лазерного импульса 1,7 мкс.

в разряде электронного газа тяжелым компонентам газа. Это согласуется с тем, что если задержка лазерного луча меньше некоторой минимальной величины, то тенеграммы стримеров вообще не наблюдаются <sup>/6,9/</sup>, то есть не могут "проявиться". Рассматривая влияние примесей на улучшение чувствительности метода лазерной регистрации для ГСК, необходимо отметить связь этого явления с локализирующим действием газовых добавок, изучавшимся ранее <sup>/12,13/</sup>. Введение таких примесей, как метан и вода, уменьшает фотоионизацию в объеме камеры. Вследствие этого стримеры в гелии становятся менее диффузными, их поперечное сечение уменьшается и, соответственно, энерговыделение в них растет. Как отмечалось выше, это приводит к улучшению контраста тенеграмм отдельных стримеров.

Таблица

P атм	CH <sub>4</sub> %	τ нс	n с.м. <sup>-1</sup>
2	0.2	950	4.07
2	0.5	950	3.29
2	2.5	950	3.61
2	5	125	2.80
2	5	400	3.26
2	5	600	3.79
2	5	950	4.33
2	5	1725	5.15
2	5	3000	5.25
2	10	950	3.33
3	0.25	950	3.33
3	0.4	2820	1.78
3	2.5	400	1.96
3	2.5	600	3.55
3	2.5	950	4.70
3	2.5	1725	4.28
3	5	950	4.89
4	0.6	1750	3.81
4	0.6	2675	4.88
4	0.8	725	5.00
4	0.9	600	3.45
4	1.2	400	2.33
4	2.5	950	4.38
5	0.3	725	3.54
5	0.4	2150	3.36
5	0.5	2150	4.35
5	0.6	2150	3.76

#### ВЫВОДЫ

Показано, что лазерная регистрация следов заряженных частиц в ГСК может успешно выполняться при давлениях гелия до 5 атм при условии введения в камеру незначительных примесей метана и паров воды.

Авторы благодарны члену-корреспонденту АН СССР В.П.Джелепову за интерес к работе.

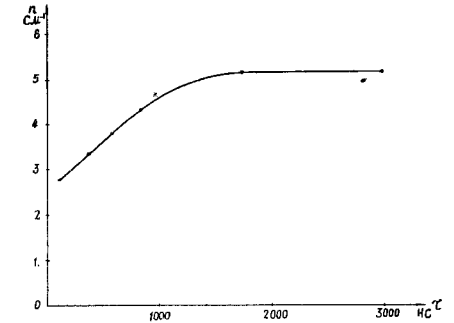


Рис.8. Плотность стримеров в зависимости от задержки лазерного импульса при давлении 2 атм и примеси метана 5%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Falomkin I.V. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1967, 53, p.226.
2. Shcherbakov Yu.A. et al. Nuovo Cim., 1976, 31A, p.249,262.
3. Kulyukin M.M. et al. Proc.Int.Conf.Instr. for High En. Phys., Frascati, 1973, p.235.
4. Kozlov V.S. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1977, 140, p.125.
5. Калимов А.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, 30, с.460.
6. Ульман П. и др. ОИЯИ, 13-81-323, Дубна, 1981.
7. Kalimov A.G. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1981, 185, p.81.
8. Будзьяк А. и др. ОИЯИ, 1-80-299, Дубна, 1980.
9. Стабников М.В., Томбак М.А. Препринт ЛИЯФ, 497, Л., 1979.
10. Калимов А.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1977, 3, с.1057.
11. Томбак М.А. Препринт ЛИЯФ, 499, Л., 1979.
12. Понтекорво Д.Б. ОИЯИ, 1-9849, Дубна, 1976.
13. Буссо Л. и др. ЖЭТФ, 1976, 70, с.785.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

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.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 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 в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 февраля 1982 года.

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

**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

Будзьяк А. и др. 13-82-160  
Гелиевая стримерная камера при давлении газа до 5 атм с лазерной регистрацией следов

Показано, что лазерная регистрация следов заряженных частиц в гелиевой стримерной камере может успешно выполняться при давлениях гелия до 5 атм при условии введения в камеру незначительных примесей метана и паров воды.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Budziak A. et al. 13-82-160  
Helium Streamer Chamber with Laser Track Registration at Gas Pressures of up to 5 atm

The paper shows that particle track detection with a laser can be successfully performed in a helium streamer chamber at helium pressure of up to 5 atm if some insignificant admixture of methane and water vapours is let into the chamber.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.