

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

К 65

13-88-577

К.Р.Константинов, Б.Е.Корнеев, В.И.Ляшенко,  
М.Малы<sup>1</sup>, Э.Содномын, В.И.Травкин, Т.Тудор<sup>2</sup>,  
И.В.Фаломкин, Чань Ань Ву, Ю.А.Щербаков

СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА-МИШЕНЬ  
ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПИОНОВ С ЛЕГКИМИ ЯДРАМИ

Направлено в Оргкомитет Международного симпозиума  
"Мезоны и легкие ядра", сентябрь 1988 г., ЧССР

<sup>1</sup> Физический институт АН ЧССР, Прага

<sup>2</sup> Бухарестский государственный университет

## ВВЕДЕНИЕ

Для экспериментов с мезонными пучками на синхроциклотроне ЛЯП создана специальная установка с камерой с управляемыми тепловыми центрами. Физические принципы установки были заложены в 1973 г.<sup>1/</sup> и детально разработаны в ряде работ, последняя из которых<sup>2/</sup> дает описание оптической системы установки. Принцип действия камеры, представляющей собой газовую мишень с гелием, водородом или метаном, основывается на создании с помощью стримеров, образующихся на первичных электронах, тепловых центров в газе. Применение лазерной техники для освещения стримерной камеры позволяет наблюдать эти тепловые центры, вызывающие локальные изменения коэффициента преломления газа. Тепловые центры дают возможность детектировать следы приблизительно на порядок более точно, чем в стримерной камере, снимать их на малочувствительную пленку с высоким разрешением и успешно работать с такими газами, как водород и гелий при повышенном давлении.

На установке предполагается провести исследования двойной перезарядки пионов на He, на C и поиск ее в дейтерии и на водороде.

## ДВОЙНАЯ ПЕРЕЗАРЯДКА НА He И C

Теоретически двойная перезарядка на этих ядрах рассмотрена в работе<sup>3/</sup>. Этот вопрос вызывает пристальное внимание в связи с проявлением процессов, по которым идет двойная перезарядка. Особый интерес представляют расчеты, выполненные Вилкиным и Джермоном<sup>4/</sup>, которые указывают на значительную роль обменных мезонных токов в процессе двойной перезарядки. Эксперименты, выполненные в ЛАМПФ<sup>5/</sup>, как будто бы дают хорошее соответствие теории и эксперимента. Однако анализ, проведенный нами, показывает, что работы Перес-Мендеса связаны с значительными экспериментальными трудностями /систематические ошибки в 5 раз больше статистических, в узком диапазоне измерен энергетический спектр вторичных мезонов, неудовлетворительно сделаны оценки угловых распределений мезонов/. Не удивительно поэтому, что измерения при малых энергиях расходятся с результатами

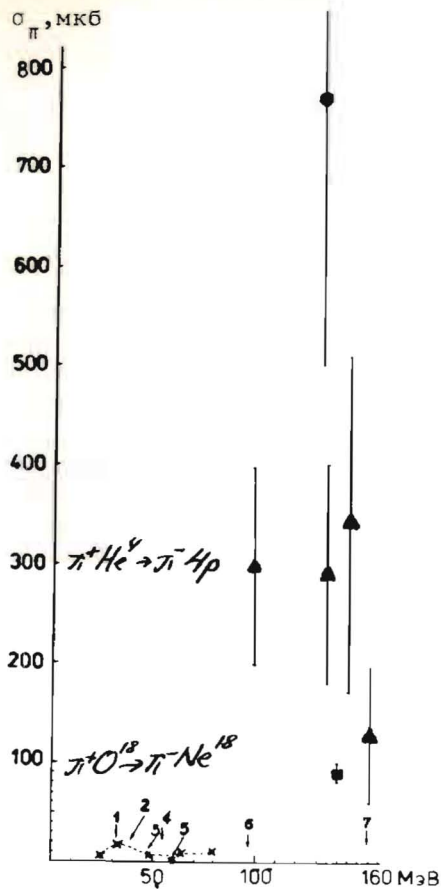


Рис.1. Зависимость полного сечения взаимодействия от энергии налетающего  $\pi$ -мезона.  $\bullet$  - Дж. Массю /1971/,  $\blacktriangle$  - Дубна /1976/,  $\blacksquare$  - А.Стец /1981/,  $\times$  - А.Альтман /1985/. 1 -  $B_2$  /1905/  $T=1$ ,  $J=1$ ; 2 - двойная перезарядка  $\pi O^{18}$ ; 3 - двойная перезарядка  $\pi C^{12}$ ; 4 -  $B_2$  /1935/  $T=0$ ,  $J=2$ ; 5 - М.Блок /1966/; 6 -  $B_2$  /1965/  $T=1$ ,  $J=2$ ;  $T=2$ ,  $J=1$ ; R/1025/ $T=2$ ,  $J=1/2$ ; 7 -  $B_2$  /2015/  $T=0$ ,  $J=2$ ;  $T=2$ ,  $J=2$ .

других работ/имея в виду данные, полученные нами ранее на стримерной камере<sup>6/</sup>.

На рис.1 показаны величины сечений реакции двойной перезарядки  $\pi^+ He^4 \rightarrow \pi^- 4p$ . Наши старые данные также имеют значительные ошибки и основываются не на прямом наблюдении этой реакции, а получены в результате извлечения полного сечения, сначала в измерениях на  $He^4$ , а затем вычитания из этих данных фона, измеренного в реакциях взаимодействия пиона с  $He^3$ , где двойная перезарядка запрещена по закону сохранения заряда.

В этой связи весьма целесообразно проведение эксперимента, в котором бы прямо в газе мишени наблюдался акт взаимодействия с регистрацией его вершины и вторичного отрицательно заряженного мезона.

Новые экспериментальные данные позволили бы обеспечить лучшую точность измерений в диапазоне энергий от 60 МэВ, для которого в работе<sup>7/</sup> наблюдался всего один случай взаимодействия. Нами планируется получение новых данных в диапазоне от 60 до 200 МэВ, что явилось бы основой для проверки модельных предствлений, рассмотренных в работе<sup>3/</sup>.

Что касается двойной перезарядки  $\pi^+$ -мезонов, то реакция  $\pi^+ C^{12} \rightarrow \pi^- 4p 2\alpha$  впервые наблюдалась авторами<sup>8/</sup> в 1971 г. Измерения были сделаны только в одной точке при энергии

137 МэВ, и величина сечения составила  $(0,77 \pm 0,27)$  мб. Измерения двойной перезарядки на углероде, которые мы предполагаем провести также в диапазоне энергий от 60 до 200 МэВ, позволили бы выяснить энергетический ход сечения и проверить удовлетворительность модели  $\alpha$ -частичного поглощения в процессе двойной перезарядки.

#### ВОЗМОЖНЫЙ ПОИСК ДИБАРИОННЫХ СОСТОЯНИЙ

Как указывалось в<sup>9/</sup>, исследование двойной перезарядки представляет значительный интерес с точки зрения поиска дибарионных состояний, особенно с массой меньше, чем  $(2m_p + m_\pi)$ . Как предсказывается в некоторых теоретических работах, такой дибарион может претерпевать не только электромагнитный, но и слабый распад, который в принципе может наблюдаться в газовой мишени. Согласно теоретическим оценкам, возможно наблюдение дибарионов с массами:

	Порог
$\pi^+ d \rightarrow \pi^- B_2^{++}$ (1965 МэВ)	
$\pi^- d \rightarrow \pi^+ B_2^-$ (1965 МэВ), $T_\pi = 97$ МэВ,	
$\pi^\pm d \rightarrow \pi^\mp B_2$ (1905 МэВ), $T_\pi = 31,8$ МэВ,	
$\pi^\pm d \rightarrow \pi^\mp B_2$ (1935 МэВ), $T_\pi = 64,7$ МэВ	
$\pi^\pm d \rightarrow \pi^\mp B_2$ (2015 МэВ), $T_\pi = 151,3$ МэВ.	

Если будут наблюдены такие реакции, а самые новые указания на то, что они существуют, получены в<sup>10/</sup>/см.рис.2/ измерения выполнены при 252 и 256 МэВ под углами  $35^\circ$  и  $55^\circ$ , то это будет убедительной демонстрацией существования дибариона. Оценки и величины сечений показывают, что полное сечение несколько меньше чем 1 мкб, т.е. речь идет не только о возможном наблюдении частиц с зарядом 3 и  $T=2$ , но и отрицательно заряженного дибариона.

По нашим кинематическим оценкам, вероятность регистрации  $\beta$ -распада дибариона на  $2p e^+ \nu$  может составлять в камере от 1 до 10%. /Время жизни  $10^{-3} \div 10^{-5}$  с/. Как показывает анализ кинематики, дибарион до точки распада может иметь большую ионизацию, до 9-кратной от минимальной, и пробег при 5 атм от 1 до 20 см. Это объясняет, почему он не мог быть ранее зарегистрирован в экспериментах в жидкодейтериевой камере /малая статистика и малый пробег от 40 мкм до 1 мм/.

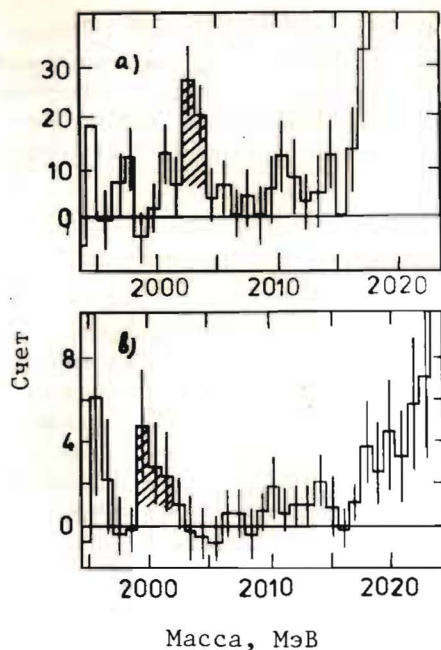


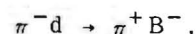
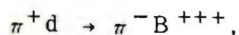
Рис.2. Измерения двойной перезарядки на дейтерии, полученные Эшер и др. в ЛАМПФ. а/  $T_{\pi^+} = 252$  МэВ,  $M_{x^{+++}} = 2,003$  ГэВ, б/  $T_{\pi^-} = 256$  МэВ,  $M_{x^-} = 2,001$  ГэВ.

В этой связи эксперименты по двойной перезарядке будут представлять значительный интерес, т.к. они укажут на то, что двойная перезарядка не чистый ядерный процесс, а скорее элементарный. Конечно, наблюдение дибарионов будет возможно не только на дейтерии, но и на  $He^3$ , например, в реакции  $\pi^+ He^3 \rightarrow \pi^- V^{+++} p$ ,

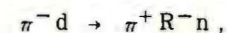
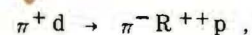
аналогичная реакция возможна и на  $He^4$ .

Эксперименты на  $He^4$  будут также нацелены на поиск таких

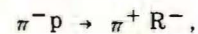
аномалий, как указывалось в работе<sup>/9/</sup>. Исследование двойной перезарядки интересно с точки зрения поиска реакций



и наконец, реакции двойной перезарядки прямо на водороде. Порог реакции с рождением R-частицы /тяжелый протон/, с массой 1025 МэВ,  $J = 1/2$ ,  $T = 3/4$ , существование которой предсказывается в работе<sup>/11/</sup>, составляет около 97 МэВ. Поэтому при энергии, меньшей 97 МэВ, наблюдение двойной перезарядки будет связано с рождением чистых дибарионов, а при  $E_{\pi} > 97$  МэВ возможна примесь реакций с рождением R-частиц, например, могут иметь место и следующие реакции:



и наконец,



Предсказание R-частиц с зарядами  $R^{++}$ ,  $R^-$ ,  $R^0$  может быть органически связано с наблюдающимися резонансами  $N = 1340$

и  $\lambda = 1330$ , положение которых предсказывается на основе использованной автором<sup>/11/</sup> модели.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

На рис.3 показан разрез камеры с управляемыми тепловыми центрами. Сама камера представляет собой сосуд из майлара с верхней и нижней крышками из стекла, размещенный между сет-

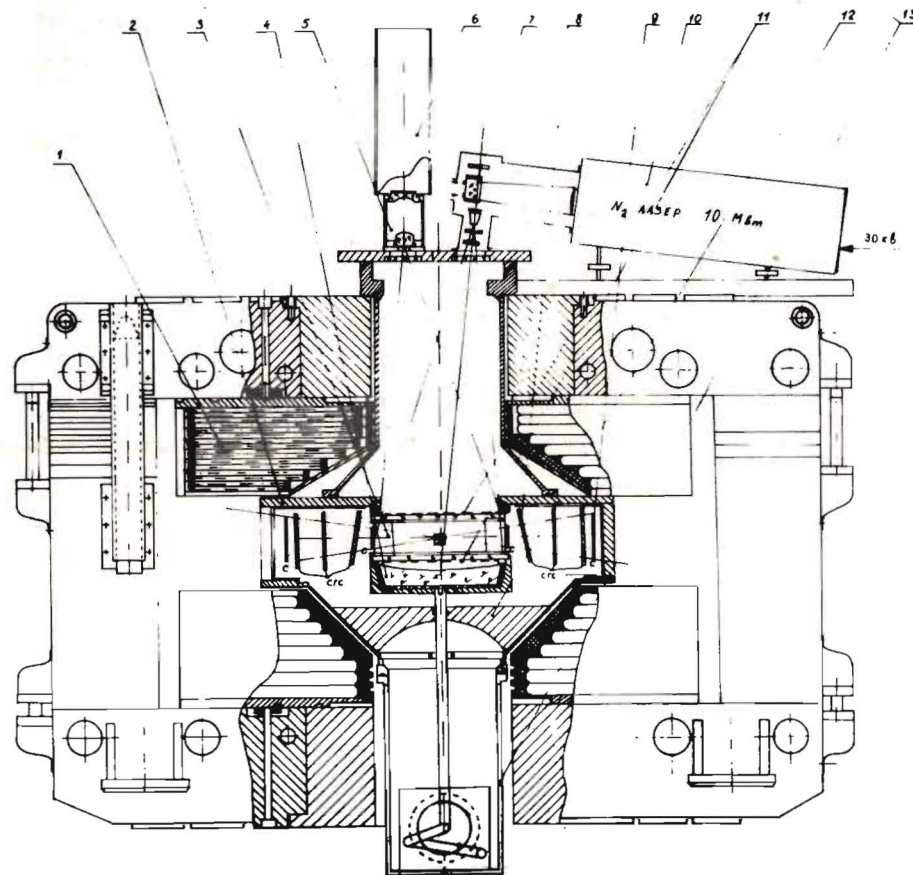
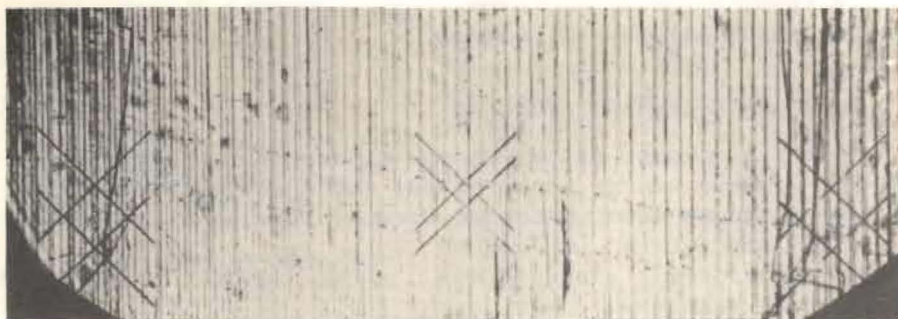


Рис.3. Установка с камерой с управляемыми тепловыми центрами в разрезе: 1 - обмотка магнита, 2 - корпус из нержавеющей стали, 3 - камера с управляемыми тепловыми центрами, 4 - сферическое зеркало, 5 - фотообъектив, 6 - фотоаппарат, 7 - кювета с родамином 6Ж, 8 - пропорциональные камеры, 9 - сцинтилляционные счетчики, 10 - азотный лазер, 11 - электроды высоковольтного питания, 12 - изолятор, 13 - объем нижнего фидера, ведущий к ГИНУ.



а



б

Рис.4. Фотографии трека электрона /каждый трек имеет две проекции/, снятые /наполнение камеры  $\text{He} + 20\% \text{CH}_4$ /: а/ методом светлого поля, б/ методом темного поля.

ками высоковольтного электрического поля. Размеры камеры  $650 \times 450 \times 86$  мм.

Наружная оболочка камеры из нержавеющей стали и заполняется азотом до 5 атм. Внутренняя камера также наполняется до 5 атм водородом или гелием. Импульсное напряжение 500 кВ от ГИНа подводится по фидеру снизу камеры. Под камерой размещается сферическое зеркало. Камера освещается азотным ультрафиолетовым лазером с  $\lambda = 337$  нм. Ультрафиолетовое излучение /средняя мощность 10 мВт, импульсная мощность до 10 МВт/ преобразуется в видимый свет  $\lambda = 580$  нм и направляется в стримерную камеру. Два изображения /действительное и мнимое/, получающиеся в камере, проецируются на пленку. Рис.4 - фотографии трека, сделанные методом светлого и темного поля. Видно, что тепловые центры имеют малые размеры  $\sim 0,2 \div 0,3$  мм. При малых величинах задержек импульса от лазера ударная волна не успе-

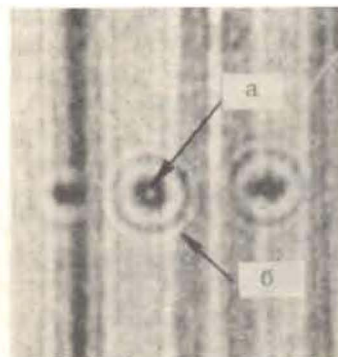
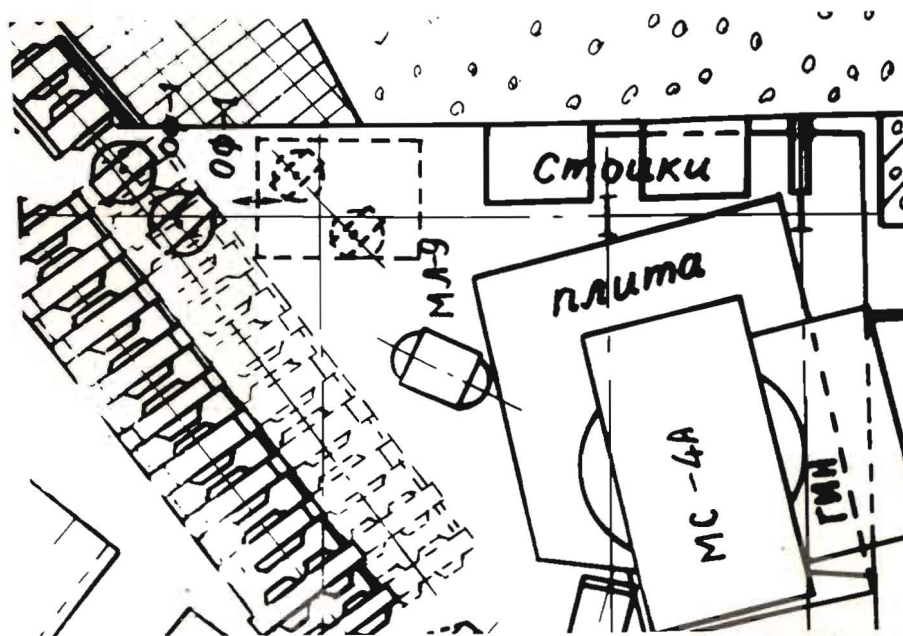


Рис.5. Фотография отдельного стримера. а/ центр стримера. Давление  $p \approx 10$  атм; б/ ударная волна. Скорость порядка 3М.

Рис.6. Схема магнитного тракта.



вает отходить от области поднятия давления, и центр представляет собой практически круглую точку /см. рис.5/.

Принятая стереоскопическая система освещения <sup>12/</sup> позволяет измерять с точностью 0,5 мм глубинную координату в камере.

Оболочка с камерой размещается в реконструированном магните, который дает поле напряженностью 7 кЭ с неоднородностью  $\pm 1,5\%$  в чувствительном объеме.

Установка размещается на пучке  $\pi$ -мезонов, получаемых от мишени мезонного канала, в котором для улучшения состава пучка

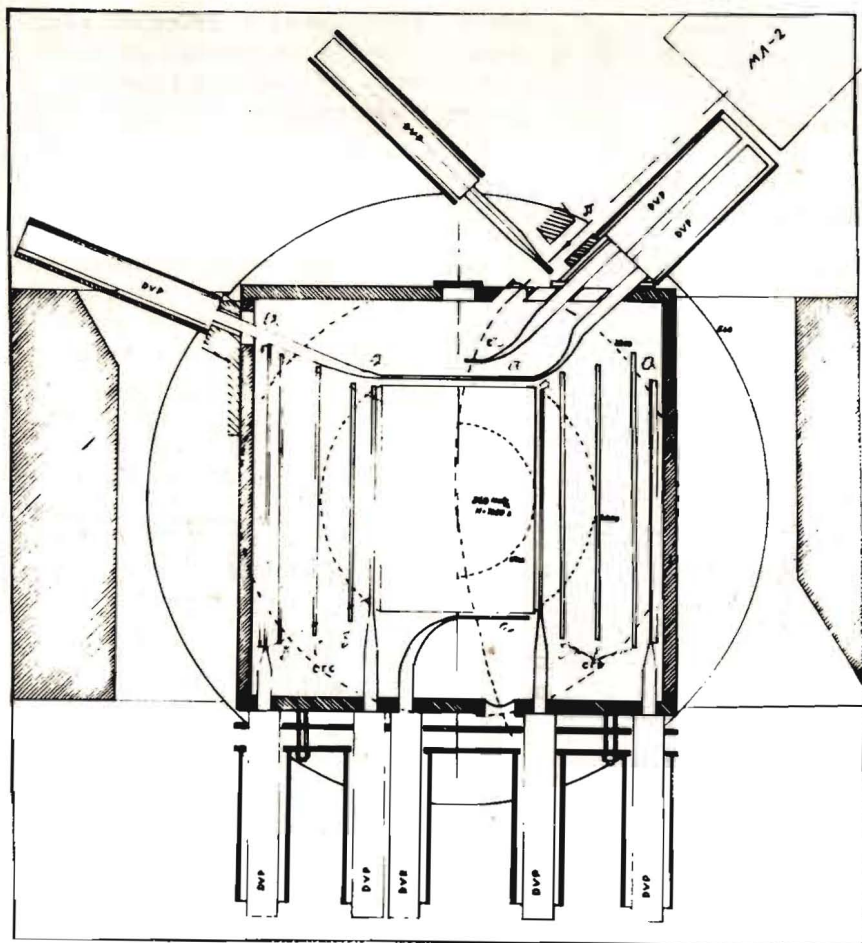


Рис.7. Система триггера для камеры с управляемыми тепловыми центрами: а/ сцинтилляционные счетчики, б/ пропорциональные /СГС/ камеры на 1500 каналов.

выключена часть линз и введена дополнительная отклоняющая линза /рис.6/.

Для управления камерой вокруг нее размещаются сцинтилляционные счетчики по 2 шт. с каждой стороны, а также счетчики совпадений и антисовпадений на входе и выходе из камеры /рис.7/.

Для детектирования  $\pi^-$ -мезонов от процесса двойной перезарядки с каждой стороны камеры размещается по 3 одномерные

камеры на 256 нитей, работающих в режиме СГС /13/. Эти камеры вместе со специальными процессорами позволяют проводить детектирование  $\pi^-$ -мезонов на уровне большого фона  $\pi^+$ -мезонов.

Специальная электроника триггера управляется от ЭВМ КМ-001 и СМ-3.

Через камеру направляется пучок интенсивностью  $\sim 10^5$  пионов, и мы надеемся получить до 3600 событий на уровне 300 мкБ за 100 ч. / $\sim 10$  событий на 1 мкБ/. Для наблюдения В или R частиц предполагается поднять интенсивность на порядок и увеличить время экспозиции до 500 ч, что даст  $\sim 1$  событие на 1 нБ. Скорость срабатывания фотоаппарата составит около 1 кадра в секунду.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе описана физическая программа по исследованию двойной перезарядки и дибарионных систем, намечаемая в ЛЯП. Предложен принципиально новый тип установки - камера с управляемыми тепловыми центрами, которую предполагается использовать в данной серии экспериментов.

В подготовке этих экспериментов и разработке аппаратуры принимали участие специалисты ГДР, КНДР, МНР, ПНР, СРВ, СРР, ЧССР и ОИЯИ, которым мы выражаем благодарность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кулюкин М.М. и др. Препринт ЛИЯФ, 36, Л., 1973.
2. Содномын Э. и др. Сообщение ОИЯИ, 13-87-312, Дубна, 1987.
3. Джибути Р.П., Кезерашвили Р.Я. - ЭЧАЯ, 1985, т.16, вып.6, с.1173.
4. Germond J.-F., Wilkin C. - Lett.Nuovo Cimento, 1975, v.13, p.605.
5. Kaufman L., Perez-Mendez V., Sperinde J. - Phys.Rev., 1965, v.175, p.1358.
6. Ляшенко В.И. и др. Препринт ОИЯИ P1-9591, Дубна, 1976.
7. Block M.M. et al. - Proc. Williamsburg Conf. on intermediate energy physics, 1966.
8. Massuè J.-P., Sakamoto Y., Batusov Yu.A., Güer P. - Nucl. Phys., 1971, v.B29, p.515.
9. Nichitiu F., Scherbakov Yu.A., Falomkin I.V. Preprint JINR D2-87-314, Dubna, 1987.
10. Asherie M. et al. - Contribution to IX International Seminar on High Energy Physics, Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics, 14-19 June, Dubna, 1988.

11. Nichitiu F. - Rev.Roum.Phys., 1986, 31, p. 441.
12. Ульман П. и др. Препринт ОИЯИ 13-81-321, Дубна, 1981.
13. Алексеев Г.Д. и др. Препринт ОИЯИ P13-11017, Дубна, 1977.

**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

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 июля 1988 года.