

ЛАБОРАТОРИЯ  
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ  
ФИЗИКИ  
ИМ. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

ЛАБОРАТОРИЯ  
ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ЛАБОРАТОРИЯ  
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

# ОИЯИ

## 1998

ЛАБОРАТОРИЯ  
ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ  
ИМ. Г.Н.ФЛЕРОВА

ЛАБОРАТОРИЯ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ  
ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

ЛАБОРАТОРИЯ  
НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ  
ИМ. И.М.ФРАНКА

ЛАБОРАТОРИЯ  
СВЕРХВЫСОКИХ  
ЭНЕРГИЙ

ОТДЕЛЕНИЕ  
РАДИАЦИОННЫХ  
И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

УЧЕБНО-  
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

# ГОДОВОЙ ОТЧЕТ

## ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



# ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Основу научной программы ЛВЭ в настоящее время составляют исследования взаимодействий релятивистских ядер в области энергий от нескольких сот МэВ до нескольких ТэВ на нуклон. Эксперименты нацелены на поиск и изучение кварк-глюонных степеней свободы в ядрах и спиновых эффектов на

## РАЗВИТИЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В 1998 г. в Лаборатории высоких энергий достигнуты важные результаты в работе нуклотрона. Энергия пучка увеличена до 4,1 ГэВ на нуклон. Интенсивность ускоренного пучка дейтронов достигла  $2 \cdot 10^{10}$  частиц/цикл. Проведен эксперимент по резонансной раскочке ускоренного пучка с параметрами, необходимыми для осуществления медленного его вывода (см. рис.1). Система медленного вывода нуклотрона будет создана в 1999 г. В соответствии с утвержденным дирекцией ОИЯИ планом работы были проведены два сеанса работы нуклотрона общей продолжительностью 558 часов. Впервые были ускорены и использованы для набора данных пучки ядер гелия.

Продолжительность работы синхрофазотрона в 1998 г. составила 250 часов. Затраты компенсировались потребителями пучков. Основная часть сеанса была использована для проведения экспериментов с уникальными пучками поляризованных дейтронов. Пучки протонов и неполяризованных дейтронов в диапазоне энергий  $1 \div 5$  ГэВ также были предоставлены потребителям. Успешно решена задача формиро-

вания узкого пучка для облучения на синхрофазотроне протяженных мишеней малого диаметра ( $\varnothing 20$  мм). Основным условием работы синхрофазотрона является привлечение средств заинтересованных пользователей. Несмотря на непрерывное удорожание энергоресурсов, число его пользователей растет. Это прежде всего потребители пучков поляризованных дейтронов. По-прежнему имеется большой интерес у пользователей к традиционным пучкам легких релятивистских ядер.

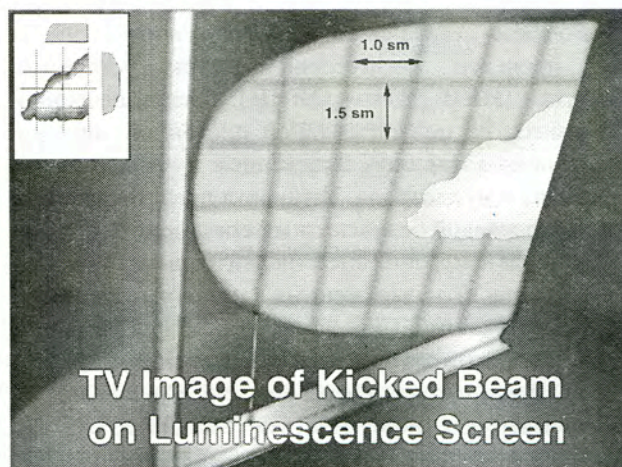


Рис.1. Светящийся след пучка на сцинтилляционном экране, установленном в камере ускорителя на расстоянии 2 см от ее оси

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВНУТРЕННЕМ ПУЧКЕ НУКЛОТРОНА

В рамках проекта СФЕРА продолжены исследования поперечных размеров области генерации кумулятивных частиц. Изучались корреляции протонов при малых относительных импульсах в реакциях  $dA \rightarrow ppX$  и  $\alpha A \rightarrow ppX$  в угловом интервале  $106^\circ \pm 112^\circ$  в лабораторной системе координат. Исследования проводились с ядрами C, Al и W. Получена предварительная информация о поперечных размерах области взаимодействия. Эксперимент выполнен с помощью сцинтилляционного двухплечевого спек-

трометра на внутреннем пучке нуклотрона при энергии 3 ГэВ/нуклон [1].

В марте и декабре 1998 г. были продолжены эксперименты на внутренних пучках нуклотрона по изучению рождения  $\pi^0$ - и  $\eta$ -мезонов. Цель этих экспериментов — изучение свойств сжатой и нагретой ядерной материи, образуемой в ядро-ядерных столкновениях. В экспериментах, проведенных на пучках дейтронов и  $\alpha$ -частиц при энергии 3 ГэВ/нуклон, зарегистрировано свыше 10 млн событий с рождением двух и более  $\gamma$ -квантов. Измерено отношение структурных функций  $G(X,A)$  ядер  $d$  и  ${}^4\text{He}$  в области  $0,2 < X < 0,6$ , где  $X$  — кумулятивное число. Получены предварительные оценки для вероятности образования 6-кварковых конфигураций («флуктонов») в ядрах  $d$  и  ${}^4\text{He}$  — соответственно  $\sim 1\%$  и  $\sim 5\%$ .

В декабрьском сеансе работы нуклотрона проведены первые испытания созданного в ЛВЭ ОИЯИ оборудования для сравнительного исследования вольфрамового и кремниевого кристаллических дефлекторов на пучках ускоренных ядер с энергией до 6 ГэВ/нуклон. На рис.2 представлена зависимость отношения счета рабочего телескопа к счету фонового телескопа от ориентации кристалла. Кривая 2 отвечает случаю, когда на совпадения к рабочему телескопу был дополнительно включен сцинтилляционный счетчик, расположенный в камере ускорителя за выходным торцом кристалла. Значительное увеличение счета по трассе вывода в узкой области углов ориентации кристалла вместе с резким ростом зависимости кривой 2 можно интерпретировать как эффект отклонения ускоренных дейтронов от орбиты нуклотрона изогнутым кристаллом.

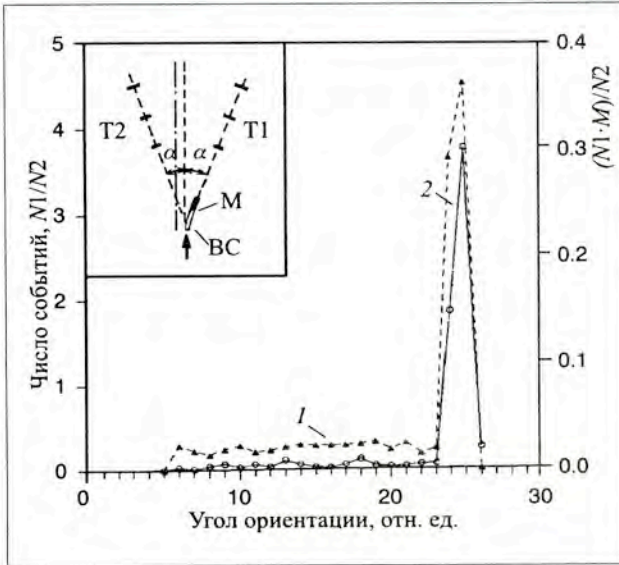


Рис.2. Зависимость отношения счета рабочего телескопа к счету фонового телескопа от ориентации кристалла. На вставке: фоновый T2 и рабочий T1 телескопы, сцинтиллятор M, расположенный в камере нуклотрона сразу за кристаллом BC

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВЫВЕДЕННЫХ ПУЧКАХ ЛВЭ

Во время сеанса синхрофазотрона в июне 1998 г. был проведен физический запуск установки «Дельта» (ИЯИ РАН — ОИЯИ), предназначенной для работы на поляризованной протонной мишени ЛВЭ с использованием выведенных пучков синхрофазотрона и нуклотрона. Установка представляет собой двухплечевой безмагнитный спектрометр для регистрации и измерения энергии нейтральных ( $\gamma$ -квантов и мезонов) и заряженных (мезонов, протонов, дейтронов) частиц. Для регистрации нейтральных мезонов и  $\gamma$ -квантов в диапазоне энергий от 100 МэВ до 10 ГэВ используется черенковский 300-канальный спектрометр на основе модулей свинцового стекла. Для одновременной регистрации вылетающих заряженных частиц с энергией до 400 МэВ применяется

$dE-E$ -метод с использованием детекторов на основе пластмассовых сцинтилляторов. Работы по запуску установки проводились на пучке нейтронов с применением углеродной и полиэтиленовой мишеней. При работе на пучке нейтронов синхрофазотрона с интенсивностью  $5 \cdot 10^6$  нейтронов за цикл и энергией 1,5 ГэВ было набрано около 2100 парных событий, соответствующих «калибровочной» реакции  $np \rightarrow \pi^0 d$  на полиэтиленовой мишени и около 700 событий на водородной мишени. Величина фона составила порядка 30% от водорода. На рис.3 приведен пример восстановленного спектра инвариантных масс для  $\pi^0$ -мезона, распадающегося на два  $\gamma$ -кванта. Результаты обрабатываются.

В рамках проекта **СФЕРА** на пучке поляризованных дейтронов ускорительного комплекса ЛВЭ были выполнены измерения тензорной анализирующей способности  $A_{yy}$  в реакциях  $d+A \rightarrow p(130 \text{ мрад})+X$  и  $d+A \rightarrow \pi(135 \text{ мрад})+X$  фрагментации тензорно-поляризованных дейтронов в протоны и кумулятивные пионы с большим поперечным импульсом. Данные измерения являются продолжением исследований, выполненных в лабораториях Сакле и ЛВЭ в предшествующих экспериментах с вылетом фрагментов дейтрона вперед, где в области больших внутренних импульсов были обнаружены значительные отклонения от предсказаний нуклонных моделей дейтрона, основанных на импульсном приближении. Описание структуры дейтрона на малых расстояниях на основе двухкомпонентной волновой функции является, по-видимому, несостоятельным, и необходимо введение дополнительных компонент, учитывающих ненуклонные степени свободы в дейтроне. Для выявления природы этих компонент и их относительной роли необходим расширенный набор экспериментальных данных, дающий в том числе информацию о зависимости спиновых наблюдаемых от поперечного импульса. Выполненные измерения при больших поперечных импульсах ( $P_T \approx 0,8 \text{ ГэВ/с}$ ) принесли неожиданные новые результаты. Так, в реакции  $d+A \rightarrow p(85 \text{ мрад})+X$ , где в рамках модели жестко-

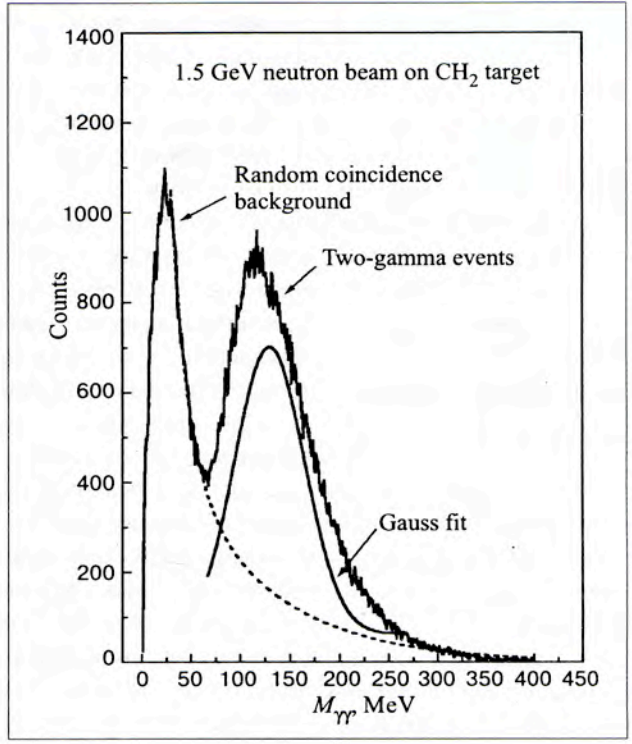


Рис.3. Пример восстановленного спектра инвариантных масс для  $\pi^0$ -мезона, распадающегося на два  $\gamma$ -кванта. Сплошная линия — результат фитирования функцией Гаусса. Разрешение спектрометра по массе около 10%

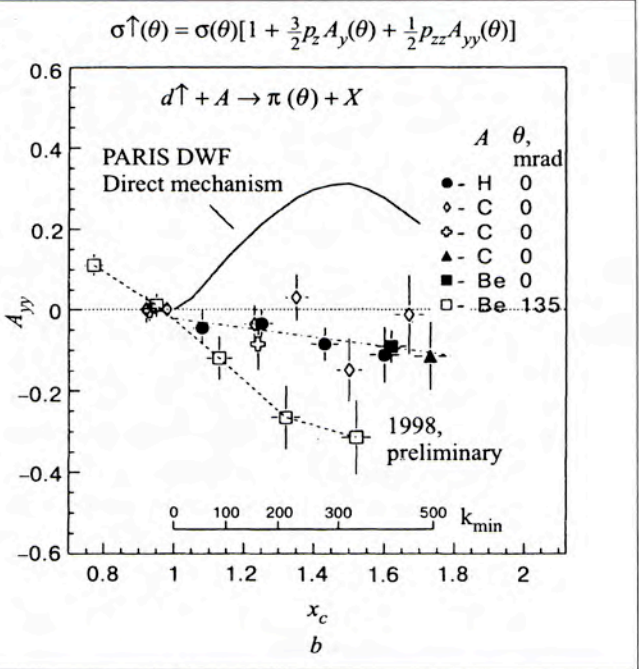
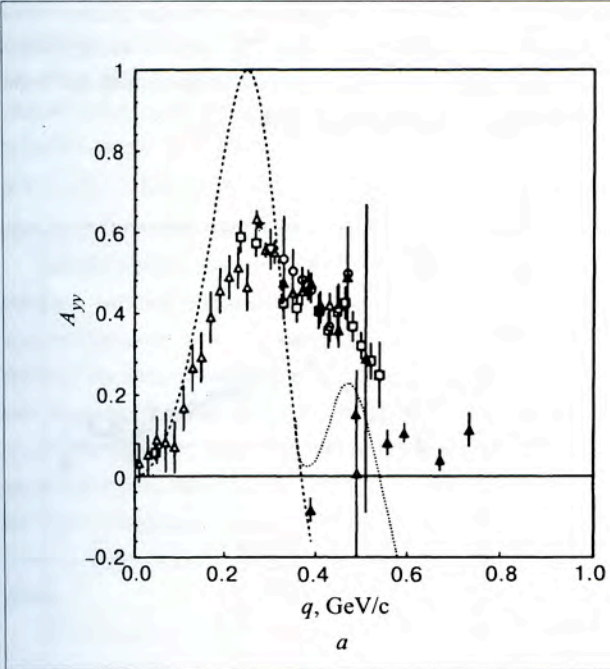


Рис.4. а) Данные по  $A_{yy}$  для реакции развала дейтрона ( $\blacktriangle$ ) в сравнении с данными, полученными под углом  $0^\circ$  на углеродной мишени. Значения  $A_{yy}$  показаны в зависимости от импульса протона в системе покоя дейтрона. Пунктирная и штриховая линии — результаты расчета на основе парижской DWF для углов эмиссии протонов  $0$  и  $85$  мрад соответственно; б)  $A_{yy}$  для реакции  $dA \rightarrow \pi(\theta)X$  при фрагментации дейтронов  $9 \text{ ГэВ}$  на H-, Be- и C-мишенях в сравнении с расчетами модели прямого рождения (парижская DWF). Значения  $A_{yy}$  показаны в зависимости от кумулятивной переменной  $x_c$  и внутреннего импульса в дейтроне  $k_{\min}$

го рассеяния ожидалось улучшение степени согласия с IA-расчетами в связи с уменьшением роли пионных диаграмм, обнаружено резкое рассогласование с моделью, нарастающее с увеличением поперечного импульса протонов (рис.4,а). Полученные в сеансе 1998 г. новые данные при 130 мрад позволят проследить эволюцию  $A_{yy}$  с ростом поперечного импульса. В реакции  $d+A \rightarrow \pi(135 \text{ мрад})+X$  обнаружен рост величины тензорной анализирующей способности с увеличением поперечного импульса кумулятивных пионов (рис.4,б), конфликтующей по знаку с предсказанием модели, основанной на прямом механизме рождения кумулятивных мезонов, опирающемся на гипотезу высокоимпульсной нуклонной компоненты в дейтроне. Исследование спиновых эффектов в кумулятивном мезообразовании проведено впервые. Эти уникальные данные получены благодаря наличию высокоимпульсных поляризованных пучков дейтронов в ЛВЭ [2–5]. Исследования должны быть продолжены с целью получения аналогичной информации по векторной анализирующей способности в реакции фрагментации векторно-поляризованных дейтронов в кумулятивные пионы. Наблюдение роста анализирующей способности с ростом поперечного импульса кумулятивных частиц может быть сопоставлено с обнаружением значительных спиновых эффектов в жестком рассеянии адронов при больших переданных импульсах, которые не были предсказаны в рамках пертурбативной КХД.

В сеансах на ускорительном комплексе ЛВЭ испытаны прототипы детекторов системы диагностики и мониторинга. Завершена работа по созданию и вводу в эксплуатацию новой системы диагностики циркулирующего пучка нуклотрона на основе микроканальных пластин. Профилометр прошел успешные испытания в четырех ускорительных сеансах. Изготовлены и испытаны сцинтилляторы и световоды для времяпролетных годоскопов установки МАРУСЯ. Изготовлены и ополитрованы сцинтилляторы и световоды для детектора множественности. Подготовлены и испытаны черенковские детекторы на основе монокристаллов кварца. Создан и введен в эксплуатацию переносной вакуумный стенд для испытания детекторов.

### Теоретические исследования, интерпретация экспериментальных данных

На основе принципов симметрии и подобия найдено явное аналитическое выражение для инклюзивных сечений образования частиц, ядерных фрагментов и антиядер при столкновении релятивистских ядер в центральной области быстрот ( $y=0$ ). Результат

согласуется с имеющимися экспериментальными данными. Показано, что эффективное число нуклонов, участвующих в столкновении ядер, с ростом энергии уменьшается, а сечение стремится к постоянной величине, равной для частиц и античастиц. Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что надежды на получение плотной и горячей материи при столкновении тяжелых ультрарелятивистских ядер не оправдаются [6].

Проведен анализ спиновых корреляций при регистрации нефакторизуемых двухчастичных спиновых состояний. Появление таких корреляций связано с общим квантово-механическим эффектом, предсказанным Эйнштейном, Подольским и Розеном. Показано, что при наличии спиновых корреляций упругое рассеяние одной из двух неполяризованных конечных частиц приводит к поляризации другой, нерассеянной частицы. Это делает в принципе возможным создание пучков частиц с контролируемой спиновой поляризацией без прямого силового воздействия на поляризуемые частицы. Рассмотрены особенности корреляций в синглетном и триплетном состояниях двух частиц со спином 1/2; проанализированы корреляции плоскостей рассеяния двух частиц со спином 1/2 на бесспиновой или неполяризованной мишени. Показано, что спины двух тождественных нуклонов (протонов, нейтронов) с малыми относительными импульсами, образующихся в ядерных столкновениях, сильно скоррелированы. Проведено исследование нейтрон-протонных спиновых корреляций при периферическом развале дейтрона [7].

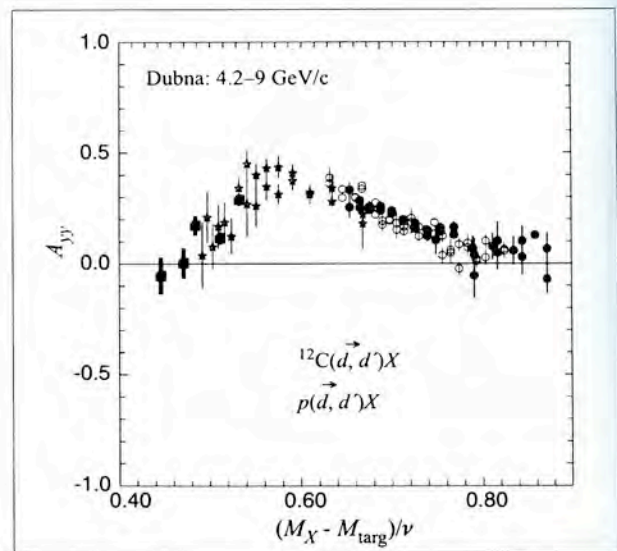


Рис.5.  $A_{yy}(X)$  для  $p(\vec{d}, d')X$  и  $^{12}\text{C}(\vec{d}, d')X$  неупругого рассеяния [2,8]:  $\circ$  — 4,2–4,5 ГэВ/с;  $\bullet$  — 5,53 ГэВ/с; все для угла рассеяния  $\theta^\circ$  в лабораторной системе;  $\blacksquare$  — 9 ГэВ/с при угле рассеяния в л.с. 85 мрад (углеродная мишень [2])

Для случая неупругого рассеяния  $(a, a')X$  рассмотрена безразмерная релятивистски-инвариантная переменная  $\mathfrak{R}$ , которую можно интерпретировать как отношение энергии возбуждения  $X$ -системы к переданной энергии  $E_a - E_{a'}$  в системе покоя мишени; такая величина может являться «мерой неупругости»:

$$\mathfrak{R} = \frac{\Delta m_X}{v}, \quad v = \frac{1}{m_t} P_t (P_a - P_{a'}) = m_a u_t (u_a - u_{a'}).$$

Здесь  $P_a, P_{a'}$  и  $P_t$  — 4-импульсы соответственно налетающей и регистрируемой частиц, а также мишени;  $u_a, u_{a'}$  и  $u_t$  — 4-скорости соответствующих фрагментов;  $\Delta m_X = m_X - m_t$  — разность масс нерегистрируемой системы ( $m_X$ ) в конечном состоянии и мишени ( $m_t$ ) в начальном. Данные по тензорной анализирующей способности  $A_{yy}$  в неупругом рассеянии  $(d, d')X$ , полученные в ЛВЭ ОИЯИ, рассмотрены в зависимости от этой переменной. Обнаружено, что  $A_{yy}(\mathfrak{R})$  не зависит от энергии падающих дейтронов и угла рассеяния вплоть до  $\theta_{cm} \approx 30^\circ$ ; не наблюдается также заметных различий между результатами,

полученными на протонной мишени и углеродной (см. рис.5) [9].

### Анализ информации с пузырьковых камер

В событиях из реакции  $np \rightarrow n p \pi^+ \pi^-$  при импульсе налетающего нейтрона  $P_n = (5,20 \pm 0,16 \text{ МэВ/с})$ , выбранных с условием  $\cos \theta_p^* > 0$ , наблюдается особенность в спектре эффективных масс  $\pi^+ \pi^-$ -комбинаций при значении  $M_{\pi^+ \pi^-} = (759 \pm 5) \text{ МэВ/с}^2$ , превышающая фон на 6,12 стандартных отклонений. Сечение наблюдаемого эффекта  $\sigma = (38 \pm 9) \text{ мкб}$ . Полная экспериментальная ширина особенности  $\Gamma = (35 \pm 12) \text{ МэВ/с}^2$ , изотопический спин  $I = 0$ , наиболее вероятное значение спина  $J = 0$ . Данная особенность может быть интерпретирована как  $\sigma$ -мезон с квантовыми числами  $I^G(J^{PC}) = 0^+(0^{++})$  [10]. Эти результаты находятся в хорошем согласии с данными других работ.

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во время работы синхрофазотрона коллаборацией физиков из университетов и институтов Германии, Франции, России, Греции, Белоруссии, Индии и Китая были продолжены исследования [11,12] по генерации нейтронов в мишенях из свинца и урана и трансмутации долгоживущих радиоактивных отходов ( $^{129}\text{I}$ ,  $^{237}\text{Np}$  и  $^{241}\text{Am}$ ) на протонном пучке синхрофазотрона при энергиях 0,5, 1,0 и 1,5 ГэВ.

С помощью калориметрической методики на основе малоинерционных высокочувствительных микротермопар исследовано пространственно-временное распределение температурных полей в объеме свинцовой мишени ( $50 \times 50 \times 80 \text{ см}$ ) при ее облучении протонным пучком с энергией 5 ГэВ. Работы по калориметрии, начатые в 1998 г., выполнялись совместно с сотрудниками ВНИИАтомэнергомаш и Института прикладной математики им. Келдыша (Москва).

С целью оптимизации геометрических размеров уран-свинцовой сборки, которая создается в ЛВЭ, проведено измерение пространственно-энергетического распределения нейтронов в свинцовом блоке при энергии протонов 1,5 ГэВ. С помощью томографического метода с применением активационных детекторов из золота (с кадмиевыми экранами и без экранов) было просканировано нейтронное поле вну-

три сплошной свинцовой мишени и оценены вклады тепловых, резонансных и быстрых нейтронов в полный нейтронный спектр, а также получены данные, необходимые для выбора продольных и поперечных размеров уранового бланкета и свинцового нейтронно-генерирующего конвертора U/Pb-сборки [13].

В экспериментах 1998 г. выполнены активационная и трековая томография и калориметрия многосекционной мишени-конвертора с размерами ( $\varnothing 10 \text{ см} \times 50 \text{ см}$ ), выбранными на основе результатов вышеупомянутых экспериментов. Измерения температуры в этой свинцовой мишени и урановом образце ( $\varnothing 36 \text{ мм} \times 104 \text{ мм}$ ) за счет продуктов ядерных реакций и радиоактивных распадов, а также ионизационных потерь энергии пучка проводились с использованием датчиков на основе кварцевых резонаторов и платиновых термометров сопротивления. Созданы и успешно опробованы прецизионные методики измерения температуры. Впервые в Объединенном институте появилась возможность измерения температуры с точностью 2–3 мК [13]. Эти методики пригодны для применения в различных видах калориметрических исследований для регистрации тонких эффектов, сопровождающихся выделением тепла. Полученные экспериментальные результаты необходимы для проектирования полномасштабных электроядерных установок.

В эксперименте, проведенном в Сакле (Франция) в 1997 г. (EXP278C), изучалось неупругое рассеяние поляризованных дейтронов с импульсом 3,73 ГэВ/с на протонах в области возбуждения роверовского резонанса и  $\Delta$ -изобары. Получены первые (предварительные) данные на части статистики: тензорная анализирующая способность реакции неупругого  $p(d, d')X$ -рассеяния (рис.6) и тензорная анализирующая способность упругого  $p(d, p)d$ -рассеяния назад в системе центра масс (рис.7). В реакции  $p(d, p)d$  регистрировались в совпадении обе частицы: рассеянный протон и дейтрон отдачи. Идентификация каждой частицы ( $d$  и  $p$ ) основывалась на измерениях импульсов, времени пролета и энергетических потерь в сцинтилляторах. Измерение тензорной анализирующей способности реакции упругого рассеяния назад в с.ц.м. при энергиях выше 1 ГэВ впервые проведено в кинематически переопределенном опыте, когда обе частицы регистрируются.

Проект WASA нацелен на дальнейшие исследования порогового рождения легких мезонов и новые исследования редких распадов мезонов с помощью  $4\pi$ -установки WASA на накопительном кольце CELSIUS в Уппсале (Швеция).

Получено экспериментальное свидетельство анизотропии в угловых распределениях продуктов реакции  $pp \rightarrow pp\eta$  вблизи порога [16]. Знак угловой асимметрии  $\eta$ -мезонов чувствителен к основному механизму их рождения. Все существующие теоретиче-

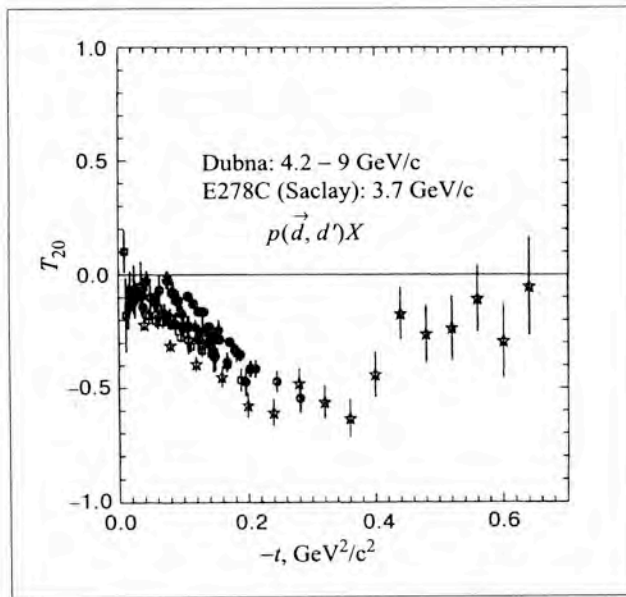


Рис. 6. Данные по  $T_{20}$  для неупругого  $p(d, d')X$ -рассеяния под углом  $0^\circ$  из [8]:  $\star$  — 9 ГэВ/с;  $\square$  — 5,532 ГэВ/с;  $\circ$  — 4,495 ГэВ/с;  $\bullet$  — данные из [9] для импульса  $4,24 \div 6,55$  ГэВ/с

ские модели, описывающие  $\eta$ -рождение в  $pp$ -взаимодействии, различаются в основном выбором мезонного обмена в возбуждении нуклонной изобары. Полученные данные указывают на более важный вклад  $\rho$ -мезонного обмена по сравнению с  $\pi$ -мезонным обменом в этом процессе.

Выполнен анализ данных WASA/PROMICE по тормозному излучению в  $pp$ -взаимодействии с целью исследования дибарионов в области масс от 1900 до 1960 МэВ/с<sup>2</sup> [17]. В результате получен верхний предел сечения для дибарионов (на 95% -м уровне достоверности), который составляет 10 нб для 200 МэВ протонов и 3 нб для 310 МэВ.

В 1998 г. были установлены и протестированы система корпускулярной мишени и новые элементы центрального детектора, такие как сверхпроводящий соленоид с магнитопроводом, полный CsI(Na)-электромагнитный калориметр, мини-дрейфовая камера, сцинтилляционная пластиковая «бочка» и бериллиевый ионопровод. Полномасштабную  $4\pi$ -установку предполагается ввести в эксплуатацию к концу 1999 г.

В рамках сотрудничества EMU01/12 получены экспериментальные данные о мультифрагментации ядер золота во взаимодействиях с ядрами фотоэмульсии при энергии 10,6 А ГэВ, проведено системати-

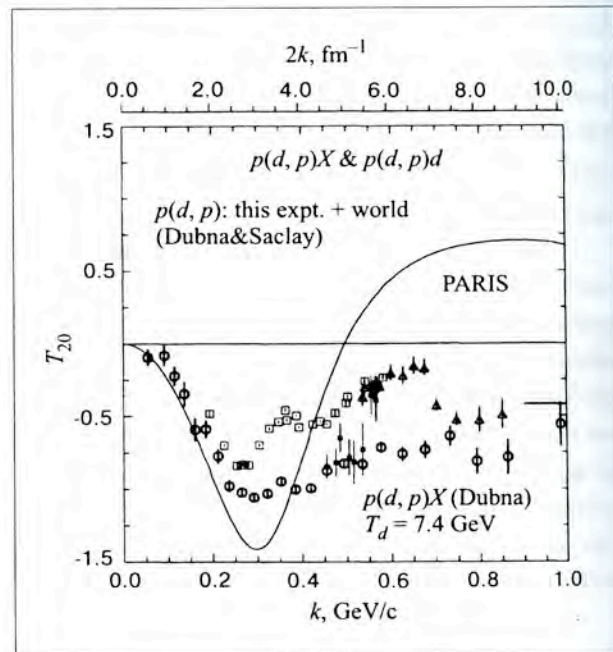


Рис. 7. Данные по  $T_{20}$  для упругого  $p(d, p)d$ -рассеяния назад ( $\square$  и  $\Delta$ ) из [9, 14] и для  $p(d, p)X$ -развала дейтрона под углом  $0^\circ$  при энергии  $T_d = 7,4$  ГэВ/с из [15] ( $\circ$ ); данные для  $p(d, p)d$  при  $\theta_{cm} = 180^\circ$ , когда обе конечные частицы детектируются в совпадении ( $\bullet$ ); данные для  $p(d, p)pn$  при  $\theta_{cm} = 180^\circ$  ( $\blacksquare$ )



ческое сравнение экспериментальных данных с данными других коллабораций. При регистрации фрагментов сделан вывод о меньшей множественности фрагментов промежуточных масс при высоких энергиях по сравнению с промежуточными энергиями; при высоких энергиях заряд тяжелого фрагмента в событии больше, чем при промежуточных энергиях.

В ЛВЭ завершена разработка нового многоканального усилителя-дискриминатора AD16-H1 для дрейфовых камер установки **HADES**, создаваемой в GSI (Дармштадт) в рамках коллаборации 19 институтов из 9 стран.

К характеристикам усилителя-дискриминатора предъявляются очень жесткие требования: малая потребляемая мощность, низкие шумы, высокое быстродействие для обеспечения пространственного разрешения лучше 100 мкм. Задача особенно осложнялась требованием обеспечить высокую плотность размещения каналов (~2,5 см<sup>2</sup>/канал). Основные параметры AD16-H1: число каналов 16, потребляемая мощность 30 мВт/канал, передний фронт сигнала с усилителя 8 нс, шумы 0,3 фКл, разрешение пары импульсов лучше 100 нс, размер многослойной платы 9×4 см<sup>2</sup>. С помощью 8-канальной электроники такого типа были проведены испытания полномасштабного прототипа дрейфовой камеры, разработанной в ЛВЭ ОИЯИ, на пучке протонов в GSI и достигнуто пространственное разрешение 50 мкм. Первые опытные образцы нового усилителя-дискриминатора изготовлены в ОП ОИЯИ.

В ЛВЭ созданы две первые дрейфовые камеры MDC-2 центральной части спектрометра **HADES**. Испытание многослойной дрейфовой камеры MDC-2 с полным комплектом считывающей электроники будет проведено в феврале 1999 г. После испытаний на пучке дрейфовых камер с новой электроникой планируется начать массовое производство 27 тыс. каналов.

**STAR.** Основной целью проекта является участие в создании 4π-детектора STAR для ускорителя RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL). Группа сотрудников ЛВЭ вместе со специалистами IUCF (Индиана) и BNL принимает участие в проектировании и создании детектора максимума ливня (SMD) для ЕЕМС-калориметра. ЕЕМС является важной частью детектора STAR для изучения поляризации на RHIC. Спроектирован, изготовлен и протестирован на радиоактивном источнике и космических мюонах прототип сцинтиллятора детектора максимума ливня с системой сбора света, основанной на российских фотоумножителях. Закончено проектирование 30°-модуля газового детектора максимума ливня. Прототип SMD был изготовлен в ОИЯИ и протестирован на Alternating Gradient Synchrotron (AGS). Результаты этого тестирования были представлены на совещании коллаборации STAR.

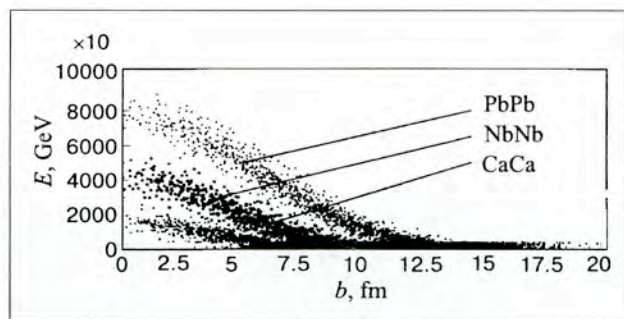


Рис. 8. Корреляция между полным потоком энергии  $E$  в калориметре малых углов и прицельным параметром соударения. Сверху вниз: 10 000 событий с минимальным обзором типа Pb-Pb, Nb-Nb, Ca-Ca при энергии столкновения 5 ТэВ/нуклон

**Тяжелые ионы в CMS.** Выполнено исследование (моделирование) глобального отклика калориметров CMS к полному потоку поперечной энергии, рожденному в ядро-ядерных соударениях. Сделаны выводы о том, что:

- калориметр малых углов установки CMS (HF) может обеспечить адекватную оценку прицельного параметра соударения при минимальной зависимости от деталей динамики в центральной области по псевдобыстроте (см. рис.8) [18];
- разрешение калориметрической системы CMS позволяет наблюдать проявление эффекта гашения струй в плотной ядерной материи непосредственно в дифференциальных распределениях по полной поперечной энергии [19,20];
- для отбора неупругих ядро-ядерных соударений может быть использовано быстрое триггерное решение: основная идея состоит в использовании временного совпадения сигналов с двух противоположных плеч калориметра малых углов.

**ALICE.** Завершено конструирование дипольного магнита для мюонного спектрометра. Ведется изготовление полномасштабного прототипа обмотки. Начаты работы по созданию прототипа ядра. Выполнено предварительное конструирование сверхпроводящего магнитного экрана (экран Мейснера), который будет обеспечивать отсутствие магнитного поля вокруг вакуумной камеры ускорителя.

Проведены испытания на пучке плоскопараллельных камер, выбранных в качестве детекторов для этой системы. Предложен новый тип газовой смеси. Изготовлена и отправлена в ЦЕРН передвижная подставка для двумерного сканирования детекторов на пучке.

**WA98.** В 1998 г. было завершено создание лент суммарных результатов по данным, полученным в Pb-Pb-сеансе на ускорителе SPS (ЦЕРН) при энергии пучка 158 АГэВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов Ю.С. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 5[91]-98, с.25.
2. Афанасьев С.В. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 2[88]-98, с.5.
3. Золин Л.С. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 2[88]-98, с.27.
4. Afanasiev S.V. et al. — *Phys. Lett.*, 1998, v.B434, p.21.
5. Afanasiev S.V. et al. — *Phys. Lett.*, 1998, v.B445, p.14.
6. Балдин А.М., Малахов А.И. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 1[87]-98, p.5.
7. Lyuboshitz V.L. — *JINR Preprint E2-98-274, Dubna, 1998.*
8. Azhgirey L.S. et al. — *JINR Rapid Communications, 1998, No.2[88]-98, p.17.*
9. Ажгирей Л.С. и др. — *ЯФ*, 1998, т.61, с.494.
10. Троян Ю.А. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1998, № 5[91]-98, с.33.
11. Brandt R. et al. — *Kerntechnik*, 1998, v.63, p.167.
12. Ochs M. et al. — *JINR Preprint E1-99-1, Dubna, 1999; submitted to «Nucl. Inst. and Meth.».*
13. Кривоустов М.И., Чултэм Д. — *Новости ОИЯИ*, 1998, №3, с.27.
14. Punjabi V. et al. — *Phys. Lett.*, 1995, v.B350, p.178.
15. Azhgirey L.S. et al. — *Phys. Lett.*, 1996, v.B387, p.37.
16. Bilger R. et al. — *Higher partial waves in  $pp \rightarrow pp\eta$  near threshold. TSL/ISV-98-0198; submitted to «Phys. Lett. B».*
17. Calen H. et al. — *Phys. Lett.*, 1998, v.B427, p.248.
18. Krasnov V.A., Malakhov A.I., Shmatov S.V. and Zarubin P.I. — *JINR Rapid Communications, 1998, No. 1[87]-98, p.39.*
19. Savina M.V., Shmatov S.V., Slavin N.V. and Zarubin P.I. — *JINR Rapid Communications, 1998, No.1[87]-98, p.45.*
20. Vogt R. — *CMS Note 1998/061, Preprint LBNL 42040, October 1998.*