

3556/96

ЛВЭ

ЛАБОРАТОРИЯ  
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ  
ФИЗИКИ  
ИМ. Н.Н.БОГОЛЮБОВА

ЛАБОРАТОРИЯ  
ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ЛАБОРАТОРИЯ  
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

# ОИЯИ

## 1995

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



# ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Основу научной программы ЛВЭ в настоящее время составляют исследования взаимодействий релятивистских ядер в энергетическом диапазоне от нескольких сот МэВ до нескольких ТэВ на нуклон для изучения кварковых и глюонных степеней свободы в ядрах, поиска асимптотических закономерностей в поведении ядерной материи при высоких энергиях столкновения, а также изучение спиновой структуры легких ядер.

Основным принципом, определяющим планирование ресурсов в лаборатории в условиях предельно урезанного бюджета, является обеспечение собственных возможностей для проведения экспериментов. Успешный опыт работы в 1992—1995 гг. показал оправданность объединения проектов развития ускорителя и экспериментальных установок в три темы первого приоритета в соответствии с основными научными интересами и запрашиваемыми типами ускоряемых частиц (ядра, поляризованные дейтроны). При этом налаживается сотрудничество физических групп и достигается оперативное маневрирование имеющимися ресурсами. Поэтому предполагается продление этих тем на ближайшую перспективу.

## РАБОТА НА НУКЛОТРОНЕ

В 1995 году проведено два сеанса работы с пучком общей продолжительностью всего 450 часов вместо планировавшихся 2000 часов (для сравнения: 1100 часов работы в 1994 году) из-за бюджетных ограничений. Основные усилия были сосредоточены на исследовании и совершенствовании динамики пучка и системы диагностики. Введен в действие новый пульт управления системами ускорителя.

С вводом в действие нуклотрона получены качественно новые возможности для изучения картины ядра на субнуклонном уровне [1]. Наиболее актуальной задачей для лаборатории является проведение сеансов работы нуклотрона для экспериментов на внутренней мишени [2], получение выведенного пучка и подготовка первоочередных экспериментов на его пучках [3].

Синхрофазотрон по-прежнему привлекает физиков со всего мира, заинтересованных в работе на его пучках [4]. Среди достижений последних лет — рекордные данные по спиновой структуре дейтрона на малых расстояниях, исследование когерентных эффектов в процессах перезарядки, новые данные по кумулятивным и подпороговым процессам и их спиновой зависимости, важный результат разности полных сечений взаимодействия поляризованных нуклонов.

Развитие международного научно-технического сотрудничества и проведение совместных экспериментов в других ускорительных центрах по релятивистской ядерной физике основывается на приоритетных достижениях ОИЯИ и остается тесно увязанным с продвижением исследований на собственной ускорительной базе.

Пучок дейтронов с энергией до 2 ГэВ/нуклон был предоставлен для экспериментов на внутренней мишени. Группы СФЕРА и ДЕЛЬТА продолжали набор статистики для изучения энергетической зависимости выхода кумулятивных адронов (рис. 1). Продолжалось изучение возможности использования двухплечевого электромагнитного калориметра в режиме совпадений в условиях внутренней мишени нуклотрона (рис. 2).



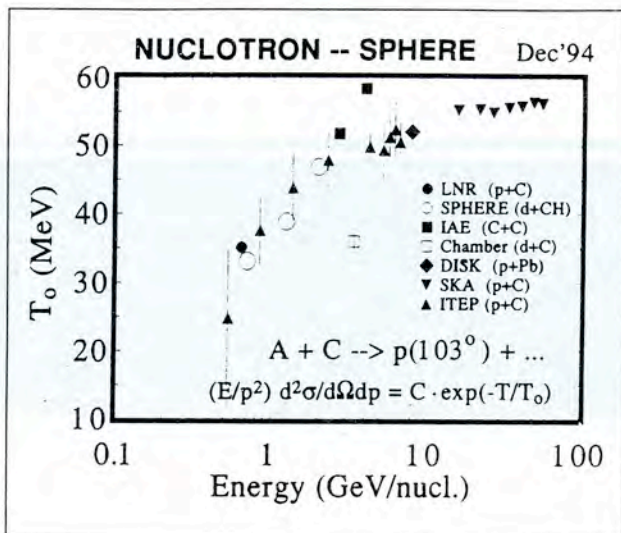


Рис.1. Результаты эксперимента на внутренней мишени нуклотрона по выходу спектров кумулятивных протонов на асимптотический режим (данные сотрудничества СФЕРА)

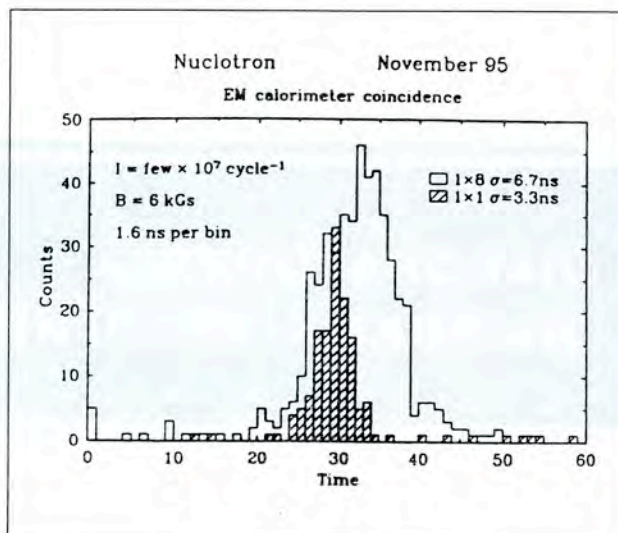


Рис.2. Спектр временных совпадений срабатывания двух-плечевого многоканального калориметра на свинцовом стекле при минимальном пороге (данные сотрудничества СФЕРА)

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ВЫВЕДЕННЫХ ПУЧКАХ

Одной из замечательных особенностей ускорительного комплекса синхрофазотрон — нуклотрон является наличие интенсивного пучка дейтронов с высокой степенью поляризации и импульсом от 3 до 9 ГэВ/с. В реакции развала поляризованных дейтронов возможно получение вторичных пучков квазимонотонических поляризованных протонов и нейтронов. Это дает возможность провести серию уникальных экспериментов на поляризованной мишени [5—8].

Использование поляризованных дейтронов для генерации поляризованных нейтронов значительно эффективнее при любой энергии по сравнению с генерацией протонами, т.к. в последнем случае получаемые интенсивности на несколько порядков ниже. Более того, поляризация дейтронов остается постоянной до 11 ГэВ, тогда как ускорение поляризованных протонов требует сложной системы коррекции.

**Первый эксперимент на поляризованной мишени.** В течение короткого времени, с 24 февраля по 1 марта 1995 г., коллаборация лабораторий России, Украины и Франции выполнила первые измерения разности полных сечений взаимодействий  $\Delta\sigma_L(np)$  при значениях кинетической энергии нейтронов 1,2, 2,5, 3,6 ГэВ. Эта наблюдаемая величина измерялась при пропускании продольно-поляризованных нейтронов через продольно-поляризованную протонную мишень с параллельными и антипараллельными направлениями

поляризации. Был использован пучок нейтронов, которые образовывались в реакции развала поляризованных дейтронов, ускоренных на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ. Поляризованная мишень, длиной 20 см и диаметром 3 см, была предоставлена DAPNIA (Сакле, Франция) и Аргоннской национальной лабораторией (США) и собрана в Дубне в модификации, хорошо приспособленной для транспортировки (передвижная поляризованная мишень — ППМ).

Пучковый канал для измерений  $\Delta\sigma_L(np)$  был оборудован бериллиевой мишенью для развала дейтронов, коллиматором и магнитом для поворота спина, чтобы ориентировать спин нейтрона вдоль направления пучка (рис.3). Лаборатория DAPNIA (Сакле) сделала важный вклад в виде детекторов и электроники. Физики из Гатчины создали новый пучковый поляриметр в дополнение к существующему поляриметру дейтронного пучка, который обеспечивает непрерывный контроль относительной величины поляризации дейтронов. Установка и связанные с ней электроника и система сбора данных прошли испытания в начале февраля. Пучок интенсивностью  $2,1 \cdot 10^9$  дейтронов в цикл давал  $10^6$  поляризованных нейтронов при  $T_{kin} = 3,6$  ГэВ и в 15 раз меньше при 1,2 ГэВ. Поляризация нейтронного пучка составляла 52%.

Предварительные результаты по  $\Delta\sigma_L(np)$  показывают, что эта величина с ростом энергии



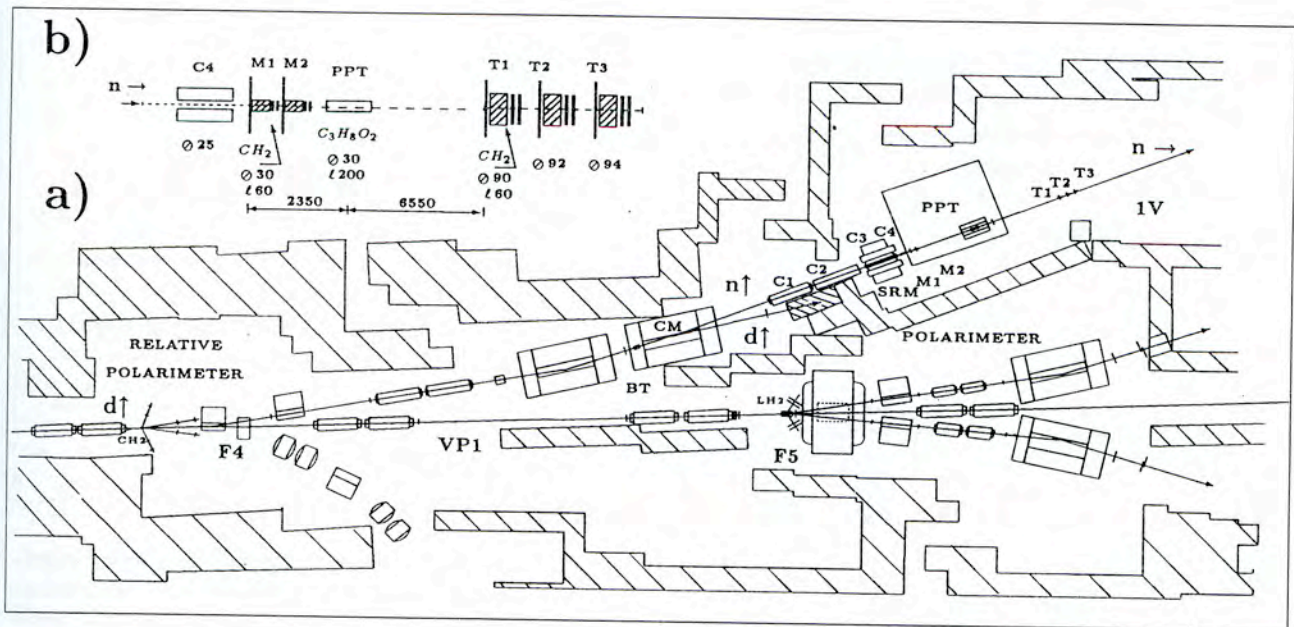


Рис.3. Комплекс экспериментального оборудования для измерений  $\Delta\sigma_{L,T}(n,p)$ . а) Схема размещения оборудования в корпусе 205: VP1 — канал пучка поляризованных дейтронов; 1V — канал пучка поляризованных нейтронов; BT — бериллиевая мишень для генерации нейтронов; CM — очищающий магнит; C1—C4 — набор коллиматоров нейтронного пучка; SRM — дипольный магнит для поворота спина; PPT — поляризованная протонная мишень. б) Схема детекторов: M1, M2 — детекторы мониторингирования нейтронов; T1—T3 — детекторы трансмиссионных измерений нейтронов

стремится к нулю (рис. 4) в соответствии с предсказанием модели на основе непертурбативной КХД для спиновых эффектов, где кварковые взаимодействия вызываются вакуумными глюонными полями, инстантонами, давая основной вклад в наблюдаемую величину  $\Delta\sigma_L(np)$ . Быстрый спад  $\Delta\sigma_L(np)$ , наблюдавшийся впервые, предполагает, что это предсказание справедливо для изоспиновых состояний  $I=0$  и  $I=1$ . Представляется крайне интересным измерить разность полных сечений  $\Delta\sigma_L(np)$  при поперечной ориентации пучка и мишени. В соответствии с указаниями упомянутой выше модели эта величина должна иметь поведение, отличное от  $\Delta\sigma_L(np)$  при высоких энергиях.

После возврата поляризующего сверхпроводящего соленоида в Майнц для ППМ требуется новый соленоид. Работы по его изготовлению активно ведутся в криогенном отделе ЛВЭ.

**СФЕРА.** В рамках проекта СФЕРА 2—8 марта проведен эксперимент по изучению тензорной анализирующей способности реакции рождения кумулятивных пионов при вариации направления выстроенности спина дейтронов (по оси реакции и в перпендикулярном направлении) [9—12]. В качестве спектрометра используется канал транспортировки пучка длиной 70 метров, включающий пять отклоняющих магнитов, а также магнитный спектрометр СФЕРА, расположенные в основном экспе-

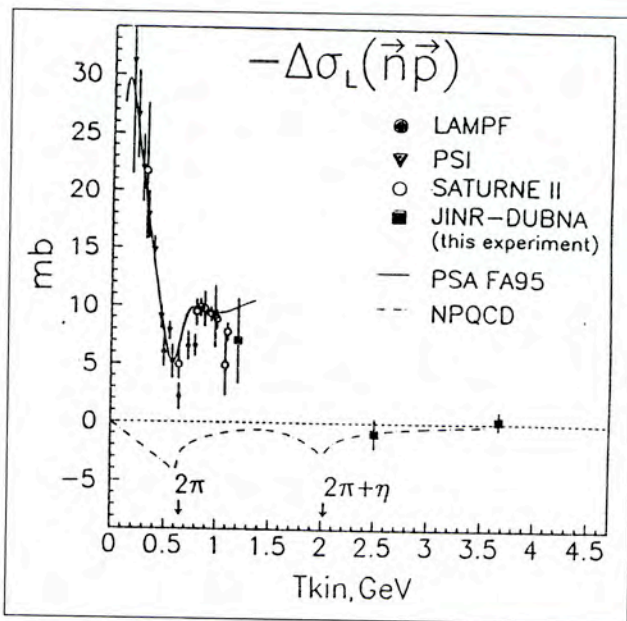


Рис.4. Предварительные данные по  $\Delta\sigma_L(n,p)$ , полученные на пучке поляризованных нейтронов. Приведены также известные результаты LAMPF, PSI и Сакле

риментальном зале ускорительного комплекса ЛВЭ. Предварительные результаты указывают на отсутствие изменения тензорной анализирующей способности  $T_{20}$  для реакции  $d+C \rightarrow \pi^- + X$  в



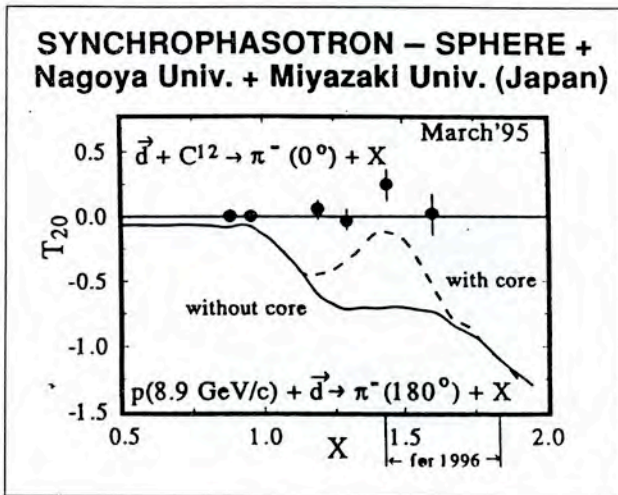


Рис.5. Экспериментальные данные сотрудничества СФЕРА по тензорной анализирующей способности реакции фрагментации релятивистских дейтронов в кумулятивные пионы

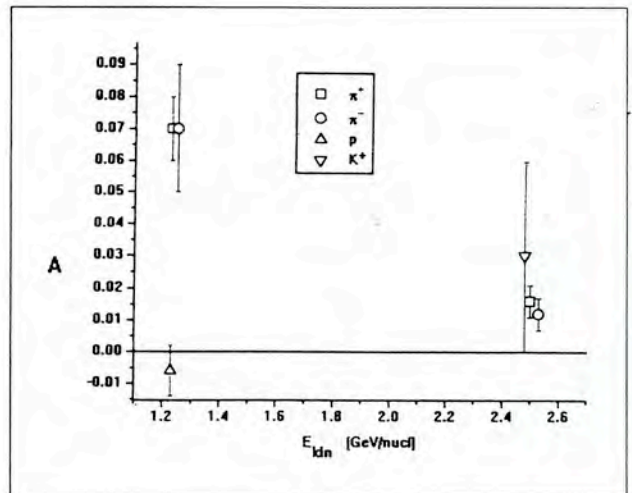


Рис.6. Зависимость асимметрии рождения пионов, протонов и каонов с импульсом 0,8 ГэВ/с от кинетической энергии налетающих дейтронов (спектрометр КАСПИЙ)

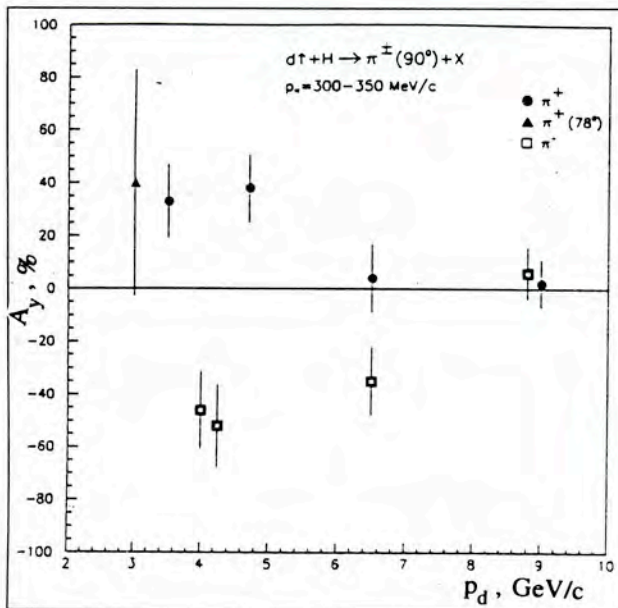


Рис.7. Зависимость асимметрии положительно и отрицательно заряженных пионов от импульса первичных дейтронов (спектрометр ДИСК)

зависимости от величины кумулятивного числа  $X$  (рис. 5), что противоречит предсказаниям расчетов, выполненных в рамках нуклонной модели. Результаты эксперимента позволят установить связь между наличием мультикварковых состояний в ядрах и спиновой структурой высокоимпульсной части волновой функции дейтрона.

Кроме того, проведены исследования выхода кумулятивных  $K^-$ -мезонов при фрагментации непо-

ляризованных дейтронов для подготовки эксперимента по измерению  $T_{20}$  реакции  $d + C \rightarrow K + X$  и получены новые данные по фрагментации дейтронов в кумулятивные пионы до кумулятивного числа  $X = 1,95$ .

В работе на пучке приняла участие группа из восьми физиков из университетов Нагояи и Миядзаки. Японские физики участвовали не только в разработке программы исследований, но и предоставили ценное экспериментальное оборудование (детекторы, электронику), а также предусмотрели финансовое участие в расходах, связанных с работой синхрофазотрона.

**Спектрометр КАСПИЙ.** Получены новые экспериментальные данные по асимметрии рождения адронов в реакции  $d + {}^{12}\text{C} \rightarrow (\pi, K, p) + X$  на пучках векторно-поляризованных дейтронов с энергиями 1,23 и 2,5 ГэВ/нуклон. Вторичные частицы регистрировались под углом  $24^\circ$  с импульсами 0,8 и 1 ГэВ/с [13]. Наблюдается уменьшение асимметрии с увеличением энергии дейтронов, а также с увеличением импульса вторичных частиц (рис. 6).

В настоящее время не существует законченной теории поляризационных явлений в адрон-ядерных взаимодействиях. Изучение спиновых явлений в области переходного режима только начинается. Поэтому проведенные измерения поляризационных эффектов необходимы для проверки и создания различных теоретических подходов.

**Спектрометр ДИСК.** Измерена векторная анализирующая способность, включая кумулятивную область, в реакции взаимодействия поляризованных релятивистских дейтронов с ядрами водорода и углерода [14,15]. Измерена величина



и знак асимметрии рождения  $\pi^+$ -мезонов (рис.7). Моделирование показало, что образование пионов при распадах резонансов играет важную роль в кинематических областях, где односпиновые пионные асимметрии имеют значительную величину.

**Стримерная камера ГИБС.** На стримерной камере спектрометра ГИБС исследовалась зарядово-обменная реакция  $A(t, {}^3\text{He})$  при импульсе пучка трития 9 ГэВ/с [16—18]. Внутри камеры устанавливались магниевая и углеродная мишени, поэтому все частицы, рождающиеся во взаимодействии, регистрировались и измерялись практически в 4 $\pi$ -геометрии. Кинематические характеристики анализировались только в том случае, когда наблюдался единственный отрицательный пион. Как ожидалось, эти пионы должны были генерироваться в распадах  $\Delta^-$ -изобары, возбуждаемой на квазисвободном нейтроне в ядре-мишени. Такой сценарий ожидался при вполне естественном предположении, что зарядово-обменная реакция происходит на квазисвободных нуклонах периферии ядра и что в процессе доминирует однопионный обмен.

Спектр пионов, измеренный в эксперименте, сравнивался с расчетными при различных предположениях. Было обнаружено, что только 60—70% пионов происходит от возбуждений изобары на квазисвободном нуклоне мишени. Анализ кинематических особенностей пионов вне спектров, обусловленных возбуждением изобары, показал, что эти пионы уносят основную часть импульса отдачи в

процессе перезарядки (70%), а импульс частицы отдачи (мишени) менее 150—180 МэВ/с. Такие характеристики должны получаться в случае возбуждения изобары в налетающем ядре и при когерентном механизме образования пионов.

Для улучшения кинематического анализа спектрометр дополнен системой измерения времени пролета пучковых ядер трития. Анализ первых данных показал, что достигается точность измерения импульса около 20 МэВ/с при импульсе 6 ГэВ/с.

### Анализ информации с пузырьковых камер

**Водородная камера.** Продолжались обработка и анализ результатов по взаимодействиям легких ядер с протонами [19—22]. Получены инвариантные сечения нуклонов в  ${}^4\text{He}$ -столкновениях. В  $dp$ -,  ${}^3\text{He}$ - и  ${}^4\text{He}$ -взаимодействиях анализировались пространственные корреляции, связанные с взаимодействием в конечном состоянии. Показана принципиальная возможность получения в рамках импульсного приближения вероятности  $D$ -волны в дейтроне при использовании пучка векторно-поляризованных дейтронов. На основе экспериментального изучения кислород-протонных взаимодействий показано, что одним из основных источников обильного выхода  $\alpha$ -частиц являются фрагменты  ${}^8\text{Be}$  (рис. 8).

На статистике 150000 трех- и пятилучевых событий продолжалось изучение узких адронных

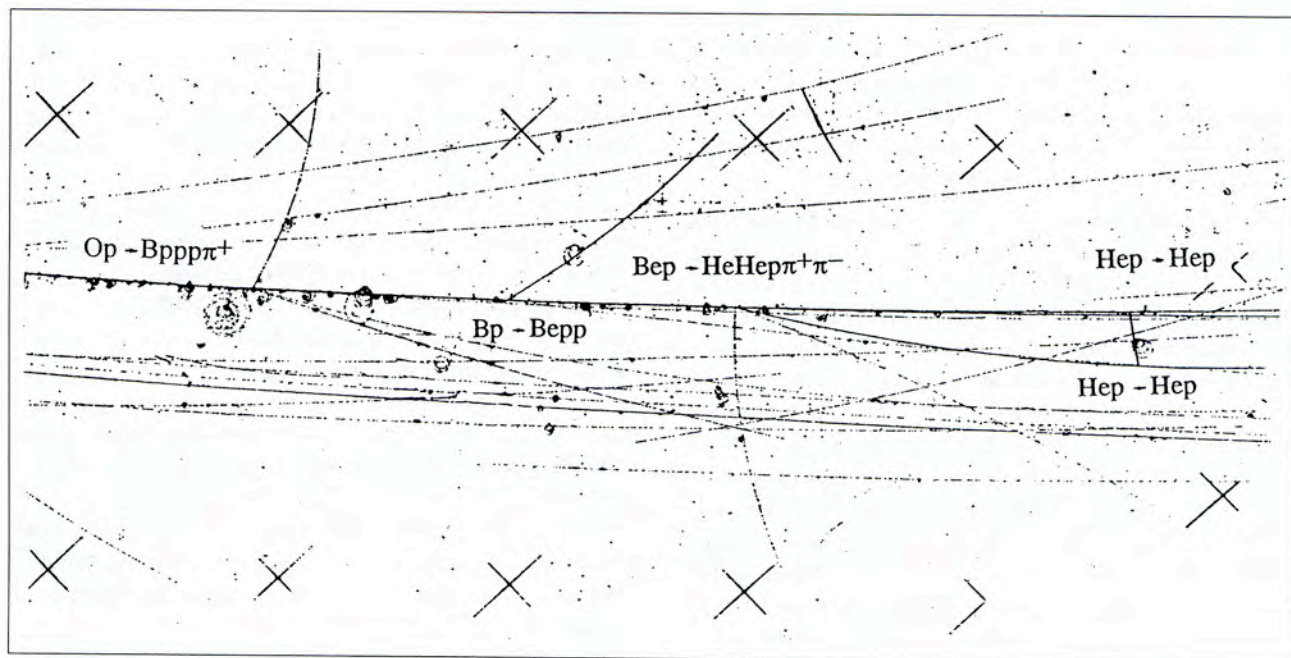


Рис.8. Пример пятикратного каскадного взаимодействия в водородной пузырьковой камере:  
 $O + p \rightarrow V + \dots \rightarrow \text{He} + \dots \rightarrow \text{He} + \dots \rightarrow \text{He} + \dots$



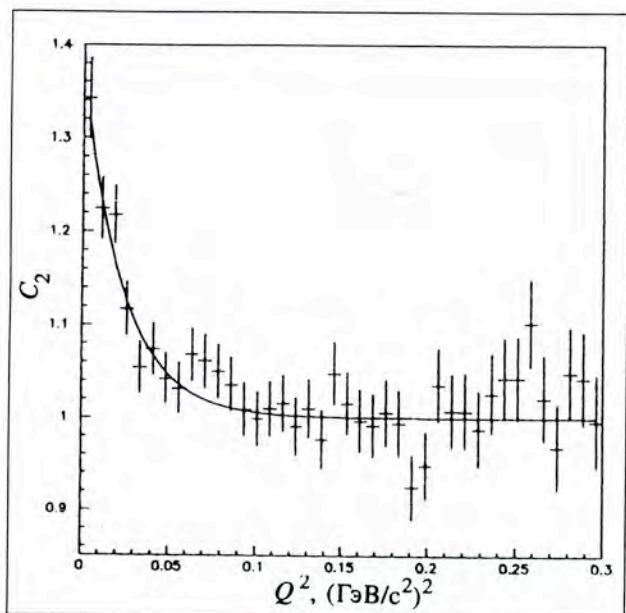


Рис.9.  $C_2$  — отношение числа пар идентичных пионов к числу пар, полученных методом перемешивания (водородная пузырьковая камера)

## СОТРУДНИЧЕСТВО НА ДРУГИХ УСКОРИТЕЛЯХ

В течение 1992—1995 гг. сотрудниками лаборатории были налажены совместные работы в экспериментах NA45, NA49, WA98 на ядерных пучках SPS в ЦЕРН. Новые перспективы исследований по релятивистской ядерной физике открываются в области энергий порядка нескольких ТэВ на нуклон. Эксперименты ALICE и CMS на LHC дадут в этом отношении информацию как по детальной картине множественного рождения, так и по жестким КХД-процессам, включая рождение промежуточных векторных бозонов, при ультрарелятивистских энергиях столкновения.

**NA45.** Завершено создание системы детекторов триггера первого уровня для эксперимента CERES/NA45 в ЦЕРН, и начат набор статистики в пучках ядер свинца (рис. 10). Завершена обработка экспериментальных данных с установки CERES/NA45 по рождению электрон-позитронных пар во взаимодействии ядер серы с ядрами золота. Обнаружено, что в отличие от случая протон-ядерных взаимодействий, где форма спектра инвариантных масс и выход электрон-позитронных пар хорошо описываются известными источниками от адронных распадов, в случае S-Au-столкновений обнаружено существенное усиление выхода электрон-позитронных пар в области эффективных масс менее  $250 \text{ МэВ}/c^2$ .

**NA49.** Для эксперимента NA49 разработана, изготовлена и введена в работу времяпролетная

резонансов в реакциях  $nr \rightarrow rpp^+\pi^-\pi^-$  и  $nr \rightarrow rpp^+\pi^-\pi^0$  при импульсе нейтронов  $P_n = 5,20 \pm 0,16 \text{ ГэВ}/c$ . Для поиска низколежащих глобальных состояний с ширинами от 2 до 50 МэВ, распадающихся по каналу  $\pi^+\pi^-$ , было просканировано и измерено 30000 событий (полная статистика — 70000 событий). Выполнена оценка области излучения в реакции  $nr \rightarrow \pi^-\pi^-X$  методом интерференции (рис. 9), получена величина  $(1,32 \pm 0,16) \text{ фм}$  [23].

**Пропановая камера (ТПК-200).** Результаты анализа пленочной информации на ТПК-200 позволят сделать обоснование масштабного электронного эксперимента по мультифрагментации релятивистских ядер [24—27,30,31] и поиску Н-дибарионов [32]. В частности, исследовался процесс мультифрагментации релятивистских ядер углерода в три  $\alpha$ -частицы. Сравнение данных на разных ядрах-мишенях позволило заключить, что для легких ядер, по-видимому, доминирует дифракционный механизм когерентной мультифрагментации, а для тяжелых — кулоновский.

система из 600 сцинтилляционных счетчиков со средним временным разрешением 70 пс (рис. 11). Эта система успешно отработала в длительном сеансе на ускорителе в ЦЕРН на пучке ядер свинца в ноябре—декабре 1995 г.

**WA98.** Анализ информации с времяпролетной системы (разрешение 135 пс) совместно с трековой информацией позволил идентифицировать в этом эксперименте каоны и антипротоны (рис. 12). Калибровка калориметра нулевого угла дала величину энергетического разрешения лучше 2% при энергии 160 А ГэВ [34]. По физической программе этого эксперимента группой ОИЯИ предложено изучение образования антиматерии и асимптотических свойств образования адронов.

**ALICE.** Группа сотрудников ОИЯИ приняла участие в разработке и изготовлении счетчиков Пестова. Испытание двух таких детекторов на пучке в ЦЕРН дало временное разрешение 40 пс при эффективности 94% (рис. 13). Проведено предварительное проектирование сверхпроводящего дипольного магнита для мюонного спектрометра. Выполнено моделирование разрешения и возможностей восстановления треков во внутренней трековой системе на основе различных типов кремниевых детекторов [35—38,41].

**CMS.** С помощью генератора HIJING исследованы различные возможности для оценки неупругости ядро-ядерных столкновений при энергии столкновения 5 А ТэВ [39,40]. Оценка неупругости



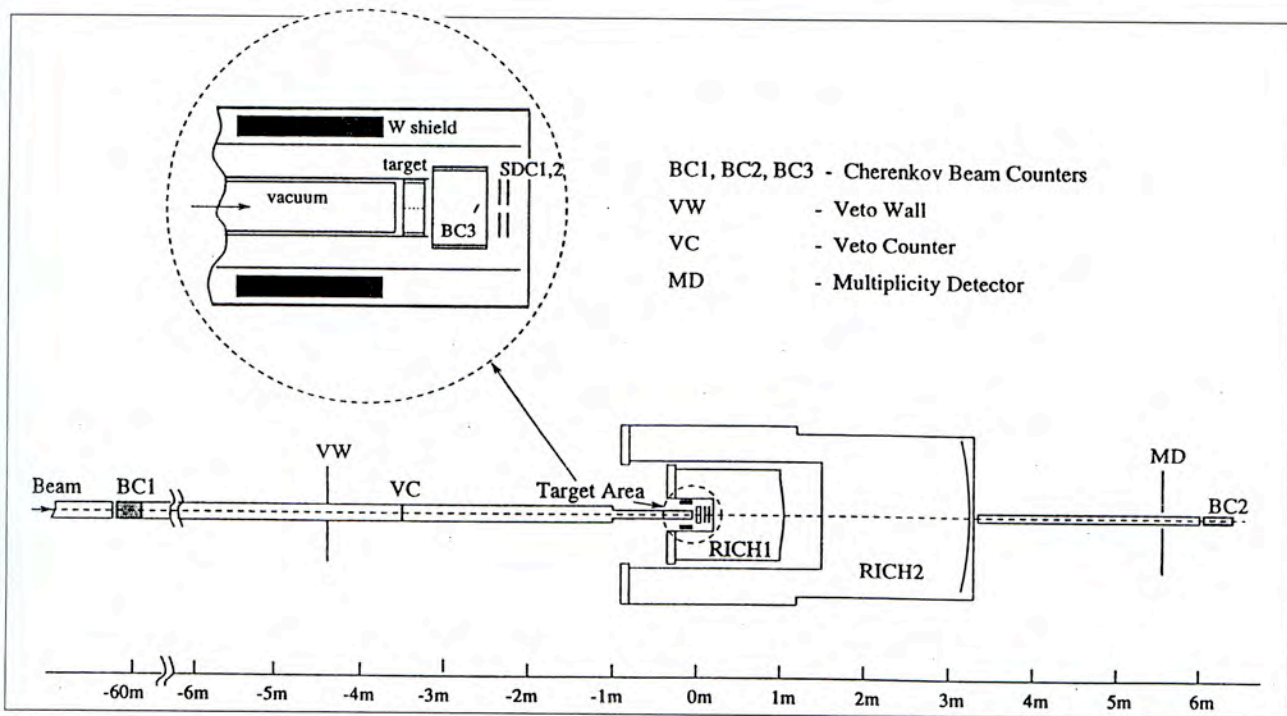


Рис.10. Схема детекторов для триггера первого уровня спектрометра CERES/NA45 в экспериментах с ядрами свинца (сотрудничество ДИСК)

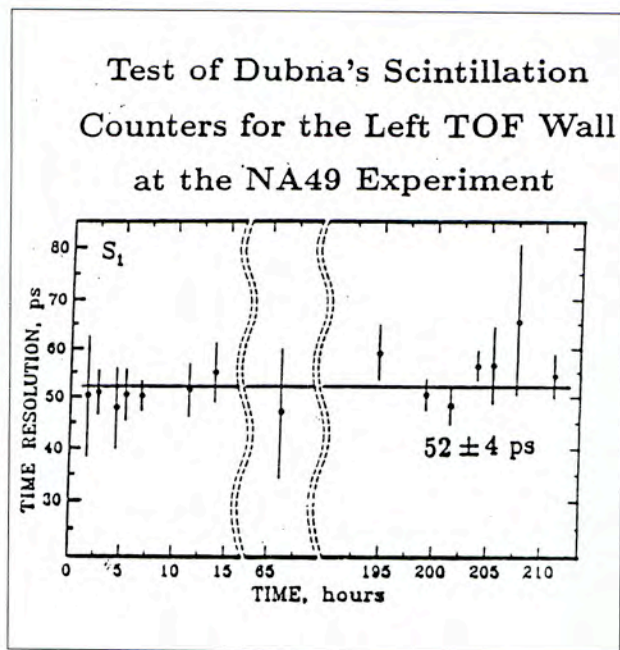


Рис.11. Стабильность временного разрешения при долговременном облучении одного из детекторов годоскопа времени пролета установки NA49 (сотрудничество СФЕРА)

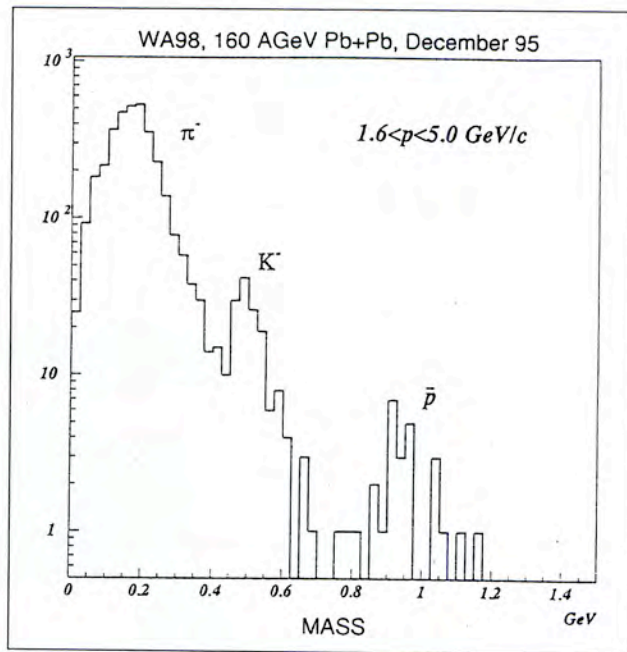


Рис.12. Спектр отрицательных частиц в соударениях ядер свинца при 160 А ГэВ по измерениям с годоскопом времени пролета и трековой системой эксперимента WA98

по компоненте гамма-квантов в направлениях малых углов представляется наиболее оптимальной. Поэтому предлагается дополнить эти направления в эксперименте CMS электромагнитными калориметрами,

предназначенными для исследований с тяжелыми ионами.

**HADES.** На основе применения имеющегося в ЛВЭ опыта по производству многопроволочных де-



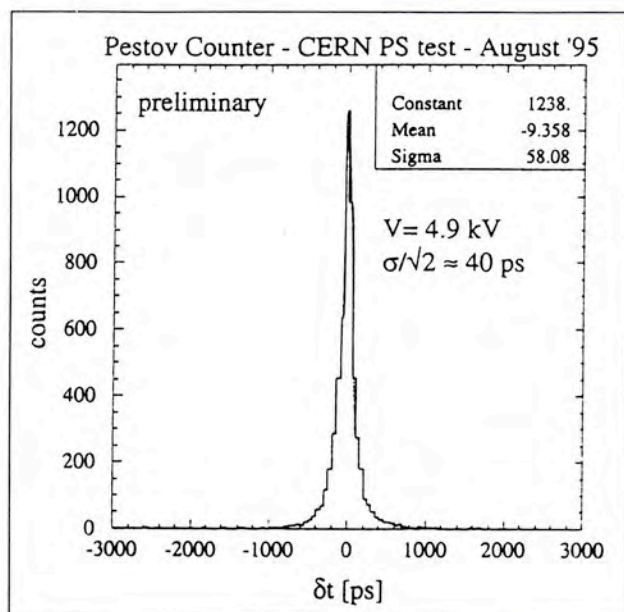


Рис.13. Временное разрешение счетчиков Пестова (кол-лаборация ALICE)

ткторов [28,29] выполнены работы по разработкам координатных детекторов для установок HADES (SIS), предназначенных для изучения векторных мезонов по электрон-позитронной моде распада на тяжелоионном синхротроне SIS (GSI, Дармштадт). Представлен проект «Установка HADES (участие ЛВЭ ОИЯИ)» на осенней сессии ПКК по физике частиц. Проект одобрен ПКК, авторам предложено также рассмотреть вопрос о продолжении эксперимента на нуклотроне.

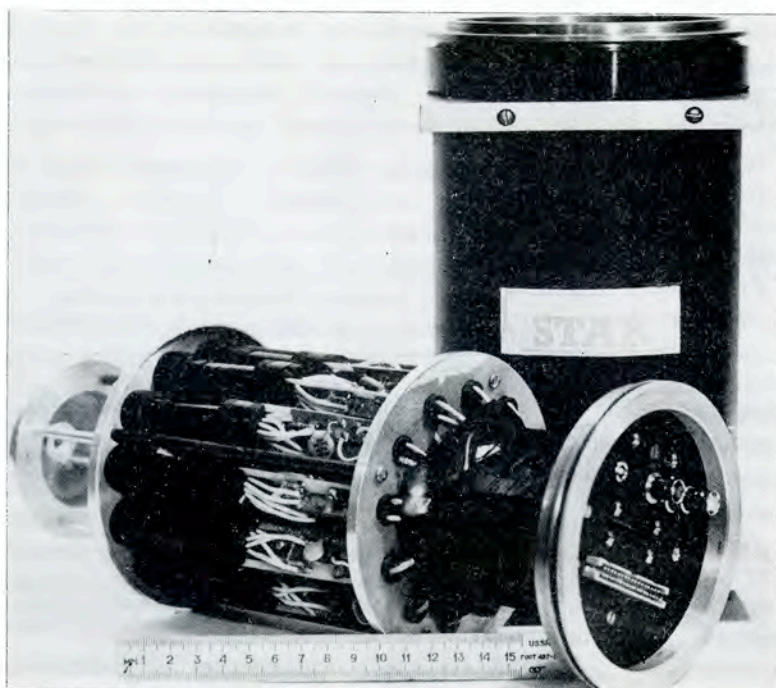


Рис.14. Компактный модуль светоприемника из 16 ФЭУ сцинтилляционного детектора максимума ливня для эксперимента STAR на установке RHIC (сотрудничество ДИСК)

**STAR.** Естественным развитием исследований спиновых и цветовых степеней свободы является участие в эксперименте STAR на коллайдере ядер и поляризованных протонов RHIC. На основе моделирования выбрана концепция детектора максимума ливня для торцевого электромагнитного калориметра. Эффективность регистрации электромагнитных ливней и выделения прямых гамма-квантов в выбранной схеме детектора максимума ливня будет составлять не ниже 70% (рис. 14) [33].

**DELPHI.** На установке DELPHI продолжались исследования реакции  $e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^- + X$ , где  $X$  — система адронов или лептонная пара [42]. Основные результаты получены в так называемой моде одиночного мечения, когда в установке были зарегистрированы рассеянный электрон (позитрон) и система рожденных во взаимодействии двух фотонов частиц. В случае регистрации рассеянного электрона (позитрона) при достаточно высоком  $Q^2$  процесс может быть представлен как глубоконеупругое рассеяние электрона на квазиреальном фотоне мишени. Такие исследования позволяют изучать адронную структурную функцию фотона  $F_2^{\gamma}(x, Q^2)$  или проводить тесты КЭД в моде, когда система  $X$  представляет собой лептонную пару.

Основные результаты:

- измерена структурная функция фотона при средних значениях переданного 4-импульса  $Q^2$  12 и 90 ГэВ<sup>2</sup> (рис. 15);
- проведены исследования КЭД-процесса рождения мюонных пар в интервале изменения  $Q^2$  от практически нулевого значения до нескольких тысяч ГэВ<sup>2</sup>.



**Каналирование.** Компьютерное моделирование показало, что использование монокристаллов вольфрама вместо обычных кремниевых может увеличить на порядок эффективность вывода пучка, и она составит около 25% [43—47].

В рамках сотрудничества с ЦЕРН исследована зависимость ионизационных потерь ультрарелятивистских протонов в ориентированном монокристалле кремния от величины его изгиба. Показано, что величина наиболее вероятных потерь энергии и их разброса для отклоненной фракции пучка увеличивается по мере проникновения в кристалл на участке с увеличивающейся кривизной.

Предложена компенсация действия пространственного заряда в зонах пересечения пучков коллайдера посредством организации столкновений циркулирующего пучка с пространственным зарядом пучка электронов малой энергии. Компьютерный анализ, проведенный для коллайдера LHC, показал, что генерируемый разброс фаз бетатронных колебаний может быть уменьшен на два порядка при достижимой точности приготовления параметров компенсирующего электронного пучка. Предложенная схема компенсации может позволить увеличить светимость коллайдера.

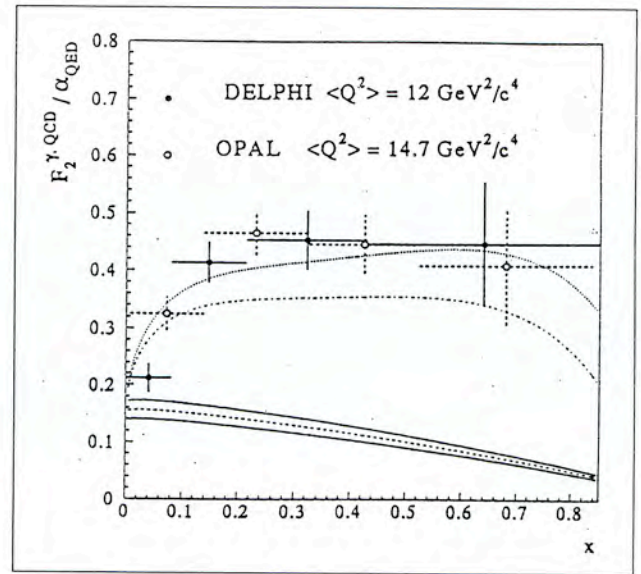


Рис.15. Эксперимент DELPHI. Структурная функция фотона  $F_2^\gamma$  для легких кварков при среднем значении переданного 4-импульса 12 ГэВ<sup>2</sup>

## ПРИКЛАДНЫЕ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интерес к пучкам ускорительного комплекса ЛВЭ возрос и в связи с актуальностью проработки ядерно-физических аспектов электроядерного метода генерации энергии и трансмутации радиоактивных отходов. Оптимальные значения энергии пучка составляют порядка 1 ГэВ, что означает и относительно небольшие энергетические затраты на работу ускорителя по этой программе.

В рамках темы «Теоретические и экспериментальные исследования электроядерного способа получения энергии и трансмутации радиоактивных отходов» проводятся работы по разработке и монтажу узлов калориметра делений урана и измерительной аппаратуры на ускорительном комплексе ЛВЭ. На синхрофазотроне продолжены эксперименты по генерации нейтронов при взаимодействии релятивистских ядер с протяженной свинцовой мишенью. Получены новые данные по выходу нейтронов в энергетическом диапазоне первичных протонов от 2 до 8 ГэВ (рис. 16), анализ которых позволяет оптимизировать энергию первичного пучка и параметры конвертора подкритической сборки установки «Энергия». Максимум целевой функции  $F(E_p) = Y_n/W$  находится в области 1—2 ГэВ, где  $E_p$  — энергия первичного пучка,  $Y_n$  — нейтронный выход,  $W$  — электрическая мощность, потребляемая ускорителем.

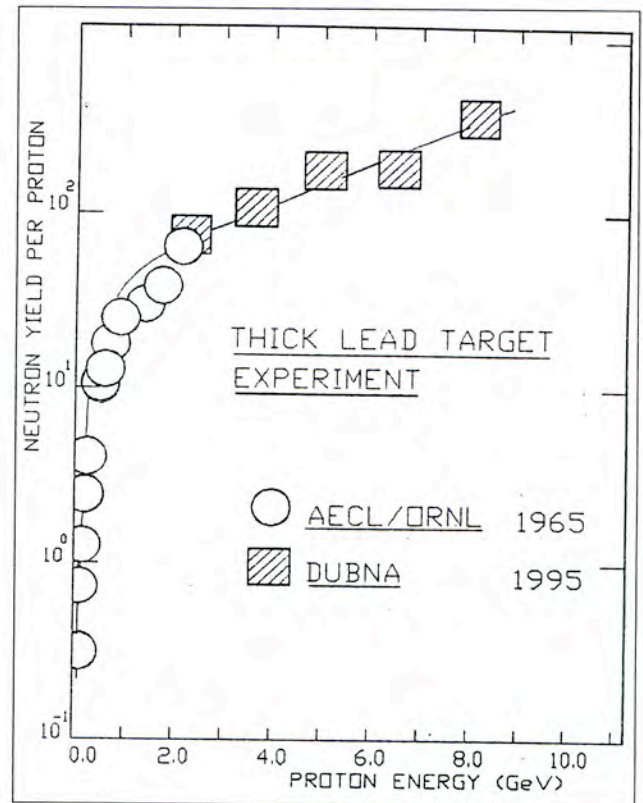


Рис.16. Зависимость выхода нейтронов от энергии первичных протонов



## ЛИТЕРАТУРА

1. Kovalenko A.D., Malakhov A.I. — In: *Proceedings of the Intern. Europhysics Conference on High Energy Physics, Brussels, July 27-August 2, 1995, Contributed paper No.0775.*
2. Baldin A.M. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1995, vol.583, p.637.
3. Зарубин П.И. — ЭЧАЯ, 1995, т.26, с.523; Zarubin P.I. — *Phys. Part. Nucl.*, 1995, vol.26(3), p.221.
4. Baldin A.A. — *JINR News Bulletin*, 3/95, p.16, Dubna, 1995.
5. Lehar F., Piskunov N.M., Usov Yu.A. — *JINR News Bulletin*, 3/95, p.9, Dubna, 1995.
6. Sitnik I.M. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.2[70]-95, p.19.
7. Strokovsky E.A. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.2[70]-95, p.29.
8. Ladygin V.P., Ladygina N.B. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.4[72]-95, p.19.
9. Zolin L., Litvinenko A., Rukoyatkin P. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.1[69]-95, p.53.
10. Anisimov Yu.S. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.5[73]-95, p.31.
11. Afanasiev S. et al. — In: *Proc. of Int. Workshop «Deuteron-95», Dubna, 1995.*
12. Nikiforov A.S. — *JINR News Bulletin*, 3/95, p.12, Dubna, 1995.
13. Baldin A.A. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.5[73]-95, p.41.
14. Аверичев Г.С. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, 1995, № 1[69]-95, с.27.
15. Averichev G.S. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.1[69]-95, p.37.
16. Belikov Yu.A. — *JINR News Bulletin*, 4/95, p.18, Dubna, 1995.
17. Afanasiev S.V. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.1[69]-95, p.47.
18. Avramenko S.A. et al. — *Nucl. Phys. A*, 1995, vol.585, p.91.
19. Собчак Т. и др. — *ЯФ*, 1995, т.58, с.1017.
20. Собчак Т. и др. — *ЯФ*, 1995, т.58, с.2005.
21. Собчак Т. и др. — *ЯФ*, 1995, т.58, с.2000.
22. Собчак Т. и др. — *Препринт ОИЯИ P1-95-329, Дубна, 1995.*
23. Любошиц В.Л. и др. — *Краткие сообщения ОИЯИ*, 1995, №6[74]-95, с.109.
24. Chernov G.M. — *JINR News Bulletin*, 4/95, p.22, Dubna, 1995.
25. Chernov G.M. et al. — *Rad. Measurements*, 1995, vol.25, p.269.
26. Belaga V.V. et al. — *ibid.*, p.271.
27. Belaga V.V., Chernov G.M. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.6[74]-95, p.73.
28. Zanevsky Yu. et al. — *Nucl. Phys. B*, 1995, vol.44, p.406.
29. Vasiliev S. et al. — *Instruments and Experimental Techniques*, 1995, vol.38, No.2, Part 2.
30. Белага В.В. и др. — *Письма в ЖЭТФ*, 1995, т.62, с.385.
31. Cheplakov A.P. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.2[70]-95, p.35.
32. Shakhbazian B.A. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.1[69]-95, p.61.
33. Averichev G.S. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.6[74]-95, pp.61,95.
34. Ereemeev R. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.2[70]-95, p.45.
35. Batyunya B., Zinchenko A. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.3[71]-95, p.5.
36. Batyunya B., Belikov Yu., Fedunov A., Zinchenko A. — *ALICE/95-50, Internal Note/PAT.*
37. Borisovskaya Z.V. et al. — *NIM*, 1995, vol.A365, p.329.
38. Badura E. et al. — *Preprint GSI-95-74, Darmstadt, 1995.*
39. Zarubin P.I. — *JINR News Bulletin*, 2/95, p.15, Dubna, 1995.
40. Zarubin P.I., Slavin N.V. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.6[74]-95, p.115.
41. Afanasiev S. et al. — *Nucl. Phys. B*, 1995, vol.44, p.402.
42. Batyunya B. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.3[71]-95, p.15.
43. Kovalenko A.D. et al. — *JINR Rapid Communications*, 1995, No.4[72]-95, p.9.
44. Taratin A.M. — *NIM*, 1995, vol.B95, p.243.
45. Tsyganov E., Taratin A. — *NIM*, 1995, vol.A363, p.511.
46. Taratin A.M. — *JINR Preprint E1-95-369, Dubna, 1995; to be published in «NIM B».*
47. Tsyganov E., Taratin A., Zinchenko A. — *SL/Note 95-116 (AP), CERN, 1995.*