

P1-2001-277

Сотрудничество МАРУСЯ:
Дубна – Москва – Саров – Тбилиси – София

**ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЧАСТИЧНЫХ
ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
В ПЕРЕХОДНОЙ ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ
НА ПУЧКАХ НУКЛОТРОНА**

В. А. Арефьев, С. Н. Базылев, А. А. Балдин, А. П. Балдина, В. В. Борисов,
В. В. Буров, Э. Г. Васина, А. С. Водопьянов, Б. Н. Гуськов, А. Е. Дорохов,
М. Г. Кадыков, В. В. Кореньков, М. Ф. Лихачев, Л. В. Малинина,
К. В. Михайлов, Е. Б. Плеханов, О. В. Рогачевский, Р. А. Салмин,
С. В. Семашко, В. М. Слепнев, А. Ю. Стариков, М. В. Токарев,
А. В. Шабунов

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

А. И. Берлев, С. В. Задорожный, А. И. Решетин
Институт ядерных исследований РАН, Москва

Т. С. Григалашвили
Институт физики АН Грузии, Тбилиси

И. Атанасов, В. Генчев, И. Гешков, В. Крастева
Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, София

Введение

Среди фундаментальных проблем современной ядерной физики и физики частиц особую важность имеют проблемы конфайнмента в сильных взаимодействиях, происхождение спина нуклона, структуры вакуума в квантовой хромодинамике. Решение этих проблем требует глубоких экспериментальных и теоретических исследований процессов, протекающих на расстояниях порядка радиуса конфайнмента, где доминируют непертурбативные эффекты, до расстояний, на которых уже начинает работать пертурбативная КХД.

Переход от описания процессов в терминах безмассовых кварков к реальным частицам, имеющим массу, требует учета эффектов, обусловленных как самой динамикой взаимодействия кварков и глюонов в области конфайнмента, так и сложной непертурбативной структурой вакуума.

Одним из наиболее перспективных направлений исследования является изучение подпороговых кумулятивных процессов, в особенности с учетом направления поляризации сталкивающихся объектов и выделением событий по степени "центральности" и плоскости реакции на основе измерения множественности и идентификации части ядерного фрагмента, не участвующего во взаимодействии.

Такие исследования нацелены на изучение тех же самых явлений, что и в глубоконеупругих лептон-нуклонных процессах, но имеют важную особенность – характерные сечения в адронных процессах на порядки больше, чем в электромагнитных, что дает принципиальную возможность получить более статистически значимую информацию об экстремальном состоянии ядерной материи.

Дополнительная и независимая информация о механизмах образования таких частиц может быть получена при изучении спин-зависимых характеристик взаимодействия. Изучение спиновых и цветовых степеней свободы ядерной материи позволит более глубоко понять механизмы сильного взаимодействия.

Представленная физическая программа исследований предполагает проведение первоочередных экспериментов на канале 7В в корпусе 205 ЛВЭ на выведенном пучке нуклотрона ОИЯИ.

1. Физическое обоснование

1.1. Странные частицы и антипротоны

Образование странных частиц в адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях остается объектом пристального внимания, поскольку целый ряд теоретических моделей предсказывает повышенный выход странности (по сравнению с нуклон-нуклонными столкновениями) как следствие коллективных эффектов во взаимодействующих ядрах (образование "холодных" и "горячих" флуктонов [1], мультикварковых состояний [2], кварк-

глюонной плазмы [3]). Яркие результаты, подтверждающие эти предсказания, были получены на синхрофазотроне ЛВЭ на установке ЛВЭ ОИЯИ ДИСК [4] в кумулятивной области энергий частиц и на установке ИЯИ РАН КАСПИЙ [5] в подпороговой и околопороговой областях энергий. В этих экспериментах наблюдалось увеличение выхода K^+ , K^- - мезонов (по сравнению с ростом выхода π^+ , π^-) в 2 - 10 раз, при этом в кумулятивной области аномальное проявление A -зависимости сечений становится особенно сильным (для зависимости A^α величина степени α для K^+ -мезонов достигает двух). В кумулятивной области результаты были подтверждены в экспериментах, выполненных на ускорителе в ИТЭФ [6]. Исследования в подпороговой области проводились также на БЭВАЛАКе [7]. При более высоких энергиях налетающих ядер (15 - 200 А*ГэВ) на ускорителях AGS (Брукхейвен) [8] и SPS (ЦЕРН) [9] исследовалось рождение странных частиц во взаимодействиях различных ядер в некумулятивной области энергии. Здесь также наблюдалось увеличение выхода странности и аномальная A -зависимость с величиной степени $\alpha \geq 1$. При этом, как правило, эффекты наблюдались при отборе так называемых центральных взаимодействий с полным или почти полным развалом ядер. Нужно отметить явный недостаток подобных экспериментальных данных при более низких энергиях. Рождение нейтральных странных частиц изучалось в pA - и AA -соударениях на 2-метровой пропановой камере ЛВЭ ОИЯИ [10], однако общие статистические ошибки не позволяют сделать достоверных выводов. Некоторое исключение составляет наблюдение повышенного выхода Λ -частиц в 10 раз в $\bar{p}A$ -взаимодействиях при энергии 4 А*ГэВ на ускорителе КЕК [11] и в 4 раза в $\bar{d}A$ -взаимодействиях при энергии 6 А*ГэВ на ускорителе У-70 [12] (на 2-метровой пузырьковой камере ЛЮДМИЛА, ЛВЭ).

Интерес к исследованиям рождения антипротонов связан прежде всего с их антикварковым составом, т.е. (как и для K^- -мезонов) с возможностью образования этих частиц только при адронизации кварков из "моря". Например, для объяснения особенностей, наблюдаемых для K^- -мезонов в кумулятивной области, было выдвинуто предположение о наличии "жесткого" компонента "моря" в ядерной структурной функции [13]. Аномально интенсивное рождение антипротонов (на несколько порядков выше по сравнению с предсказанием) наблюдалось в подпороговой области на установке КАСПИЙ [5] и на БЭВАЛАКе [7]. На установке ДИСК [14] и на ускорителе ИТЭФ [15] исследовались кумулятивные антипротоны, для которых была установлена A -зависимость с величиной степени $\alpha \approx 1$. В некумулятивной области изучалось рождение антипротонов и антидейтронов на ускорителе AGS [16]. Здесь, при отборе центральных AA -взаимодействий, наблюдалось некоторое поглощение антинуклонов в ядрах из-за большого сечения аннигиляции, которое необходимо прежде всего учитывать при изучении динамики их образования. Например, в работах [17,18] было показано, что эффекты поглощения достаточно заметны и в случае рождения π^- - и K^- -мезонов. Сильное поглощение Λ^- - частиц наблюдалось также в $\bar{p}A$ - и $\bar{d}A$ - взаимодействиях [11,12]. Следует

отметить также эксперименты, в которых обнаружено десятикратное различие инвариантных сечений рождения антипротонов в ядро-ядерных взаимодействиях в зависимости от степени центральности [19].

Разнообразные и весьма неоднозначные теоретические трактовки рассмотренных экспериментальных результатов требуют дальнейшего проведения подобных экспериментов. В том числе, несомненно, актуальными представляются новые исследования в переходной области энергий на нуклотроне ЛВЭ ОИЯИ при ускорении тяжелых ядер, поскольку, согласно гипотезе А.М.Балдина [20], в этой области начинают проявляться кварковые степени свободы в ядрах. Подтверждением этой гипотезы является наблюдение "ядерного скейлинга" и "масштабной инвариантности" при образовании частиц в кумулятивной области [21]. Кроме того, образование антипротонов и отрицательных каонов свидетельствует о необходимости учета кварковых степеней свободы в ядрах.

Ускорение наиболее тяжелых ядер может привести к более ярким проявлениям коллективных ядерных эффектов, таким, как увеличение масс и вероятностей образования "холодных" флутонов в рамках "холодной модели" или достижение максимальной барионной плотности при относительно низких температурах в рамках модели образования "горячих" плотных сгустков ядерной материи. Экспериментальные данные, полученные в новых условиях, могут также дать дополнительную информацию об особенностях кварк-партонной структурной функции ядра [22], исследованию которой в последние годы уделялось большое внимание.

Создаваемая в ЛВЭ ОИЯИ установка МАРУСЯ будет иметь в своем составе все необходимые детекторы, позволяющие изучать большую часть перечисленных проблем. Светосильный магнитооптический канал обеспечит необходимую статистику. Вращающийся магнитный спектрометр и время-пролетная система идентификации частиц позволят исследовать процессы рождения K^+ -, K^- -мезонов и антипротонов в кумулятивной, глубокоподпороговой и некумулятивной областях фазового пространства. Предполагаемый диапазон первичной энергии ядер составляет 2 - 6 А*ГэВ, т.е. исследования будут проводиться как в подпороговой, так и в надпороговой областях энергий рождения каонов и антипротонов. Триггер, основанный на информации с детектора множественности и калориметра под углом 0^0 относительно мишени (ZDC), обеспечит выделение квазицентральных событий.

1.2. Исследования с пучками поляризованных ядер

Эксперименты, проведенные на пучках поляризованных лептонов e , μ [23, 24, 25, 26], протонов [27, 28, 29, 30] и дейтронов [31, 32] по измерению структурных функций, асимметрий, векторных и тензорных анализирующих способностей показали, что спиновые эффекты могут быть значительными (до ~40%). Полученные данные служат базой для построения теории сильных взаимодействий и изучения структуры частиц в непертурбативной области.

Эксперименты по измерению асимметрий на пучках поляризованных протонов как в упругом p - p -рассеянии, так и в инклюзивных процессах

показали, что поляризационные эффекты не вымирают с ростом переданного импульса.

Сходное поведение наблюдается и для поляризации гиперонов в p - p - и p - A -взаимодействиях [33]. Эти результаты указывают на существенные ограничения в применимости методов пертурбативной КХД для описания механизмов, лежащих в основе этих процессов. Из этого следует необходимость постановки таких экспериментов, в которых эффекты, а следовательно и механизмы, были бы выражены наиболее ярко. Принципиально новой постановкой эксперимента является измерение "центральности" и плоскости реакции наряду с учетом направления спинов взаимодействующих адронов. Одним из возможных путей изучения механизма поляризации, связанного с ненуклонными степенями свободы, является измерение односпиновых асимметрий на поляризованных пучках дейтронов в ЛВЭ ОИЯИ в реакции $D + A \rightarrow \pi, K, p + X$ [34]. Считается, что при переходе в кумулятивную область роль немассовых эффектов увеличивается, что приводит к кинематическому усилению непертурбативных механизмов. Выбор кинематических условий даже при относительно невысоких энергиях (~ 10 ГэВ) имеет принципиальное значение, так как позволяет обеспечить режим кумуляции ядра, при котором, как мы полагаем, работают те же эффекты, что и в процессах протон-протонного и протон-ядерного взаимодействия при высоких энергиях (> 100 ГэВ) в области фрагментации налетающего адрона. Принимая во внимание возможность образования флюктуонов в ядре [35], можно предположить, что изучение односпиновых асимметрий в кумулятивной области даст информацию о спиновой структуре таких образований.

В настоящее время не существует законченной теории поляризационных явлений в адрон-адронных и адрон-ядерных взаимодействиях при высоких энергиях, поэтому основным направлением развития теории является разработка механизмов, позволяющих получить хотя бы качественное описание имеющихся экспериментальных данных и предсказание в рамках этих моделей новых эффектов, позволяющих не только проверить предсказательную силу моделей, но и получить новые закономерности, необходимые для построения теории.

Так в работе [36] для объяснения пионных асимметрий в p - p - и p - A -взаимодействиях использовался инстантонный механизм [37], который может быть ответствен за поляризационные эффекты при больших x_F и p_{\perp} . В работе [38] сформулировано правило знаков для односпиновых асимметрий в реакции $p - p \rightarrow h + X$. Предполагается, что лежащий в основе этого процесса механизм - это рассеяние поляризованного кварка на глюонной флуктуации с рождением $q\bar{q}$ -пары с орбитальным моментом, направление которого строго скоррелировано с направлением спина и флейворным составом налетающего протона. Такой механизм связывается с несимметричной компонентой волновой функции протона, описывающей распределение кварков с существенно отличающимися долями импульса протона. В работе [39] существование асимметрии связывается с орбитальным движением валентных

кварков в поляризованном адроне. Кварки рассматриваются как дираковские частицы, движущиеся в конфайнмированном поле. Орбитальное движение кварков приводит к цвето- и флейворно-зависимым токам материи. Считается, что вероятность нахождения валентного кварка вблизи "поверхности" адрона значительно больше, чем в центре. Поляризация валентных кварков в поляризованном протоне определяется волновой функцией протона. Морские кварки и глюоны не дают вклада в асимметрию.

Для объяснения этих же данных в [40] использовался механизм, приводящий к асимметрии функции фрагментации кварка в пион. Показано, что использование $SU(6)$ -волновой функции протона приводит к значительному расхождению с экспериментальными данными, и для описания этих данных пришлось предположить, что вероятность u - и d -кварков в протоне равны 1, а поляризации противоположны: $P_u = -P_d$.

Предлагаемый эксперимент по измерению односпиновой асимметрии в реакции $D + A \rightarrow \pi, K, p + X$ позволит проверить предсказания о знаках асимметрии как в кумулятивной, так и в некумулятивной областях и, следовательно, о механизме поляризации. Такие измерения дадут дополнительную информацию о спиновой структуре дейтрона. Одним из предсказаний является смена знака асимметрии при переходе из некумулятивной в кумулятивную область. Это связано с тем, что в области, где доминирует D -волна, спины нуклонов в дейтроне имеют противоположное направление по сравнению со случаем, где основной вклад вносит S -волна.

Изучение A -зависимости односпиновых асимметрий в $D-A$ -взаимодействиях представляет также интерес для изучения влияния роли ядерной среды на механизм образования частиц с учетом спиновых степеней свободы.

В рамках подготовки предлагаемых экспериментов проведены первые исследования векторной анализирующей способности для реакций $D + A \rightarrow \pi, K, p + X$ на пучках векторно поляризованных дейтронов [41]. Реализация данного проекта позволит существенно расширить диапазон изучаемых реакций, в особенности при изучении образования антиматерии (K^-, p) поляризованными ядрами.

Увеличение светосилы магнитооптического спектрометра наряду с измерением таких характеристик реакции как: сопровождающая множественность, степень центральности, выделение плоскости реакции-позволит выполнить принципиально новые постановки экспериментов в области, где теоретические подходы находятся на стадии формулирования основных гипотез.

Измерение сечений рождения d, p, K, π и ядерных фрагментов в зависимости от энергии, типа налетающих ядер и ядер мишени послужат необходимой основой для построения теоретического описания спиновых эффектов в переходной области.

1.3. Исследование свойств плотного ядерного вещества, образующегося в ядро-ядерных столкновениях при 2-6 ГэВ/нуклон

В настоящее время существует множество теоретических подходов для описания релятивистских ядерных столкновений с целью обнаружения экстремальных состояний ядерной материи [42]. Ряд гидродинамических подходов основывается на системе релятивистских уравнений бозе-газа типа, описывающих эволюцию состояния ядерного столкновения во времени [43].

Отметим особенность исследуемой области энергий столкновения ядер (2-6 ГэВ/нуклон), которая предполагает исследование свойств ядерного вещества при высокой барионной плотности и относительно низкой температуре. Важными параметрами, характеризующими экстремальное состояние ядерной материи, принято считать время формирования τ_0 и плотность энергии ε_0 в некотором объеме V_α .

В центральной области быстрое начальное значение плотности энергии ε_0 , в модели ядерной трубки, должно увеличиваться как $\sim A^{1/3}$ и при достаточно больших A_{PROJ} и A_{TARGET} может соответствовать экстремальному состоянию ядерной материи [44]. Экспериментальные данные указывают на большой рост $\langle P_t^i \rangle$ от ε_0 [45], что можно объяснить в рамках достаточно простого механизма: рост ε_0 увеличивает время гидродинамического расширения системы до распада на вторичные частицы, и чем больше это время, тем большую роль играют эффекты коллективного гидродинамического движения в поперечном направлении, приводящие к росту $\langle P_t^i \rangle$.

Представляется важным выяснить, являются ли эффекты роста $\langle P_t^i \rangle$ следствием высоких температур $T > T_C$ в объеме V_α или проявлением коллективного движения в поперечном направлении.

Располагая экспериментальными данными по $\langle P_t^i \rangle$ отдельно для частиц разных сортов i , можно сделать следующие оценки: $\langle P_t^i \rangle \sim m_i$ в случае коллективного движения и $\langle P_t^i \rangle \sim \sqrt{m_i}$ в случае $T \sim T_C$, т.е. температурных эффектов в плотной ядерной среде.

Эти явления можно также изучать, исследуя зависимость величины "side-splash" и "squeeze-out" эффектов, т.е. эффектов, зависящих от массы испускаемого фрагмента. Такие эксперименты были осуществлены при энергиях около 1 ГэВ/нуклон [46], и их интерпретация в рамках вышеприведенного термодинамического подхода позволила определить отношение между энергией "сжатия" и "термической" энергией для плотностей порядка $\rho = 2-5\rho_0$ и $T \sim 70-90$ ГэВ [47]. Предлагаемая программа исследований позволит провести эксперименты при более высоких T и ρ .

В случае мезонов наблюдение анизотропии их выхода относительно плоскости реакции пока связывается с их взаимодействием с "participant mass", находящейся в плоскости реакции [48]. Однако, если принять источником π - и K - мезонов распад барионных резонансов, не исключено, при наличии

резонансной материи, и проявление эффектов, связанных с протоком барионных резонансов [49].

Для решения перечисленных задач предполагается исследовать дифференциальные спектры пионов, каонов, протонов, дейтронов и легчайших осколков ядер как в центральной области быстрот, так и в областях фрагментации налетающего ядра и ядра мишени, с селекцией событий по степени центральности и направлению плоскости реакции.

Возможность изучения различных кинематических областей будет достигнута за счет широкого диапазона измеряемых импульсов регистрируемых частиц 0,3-2 ГэВ/с. Исследование $\langle P_t^i \rangle$ -зависимостей дополнительно обеспечивается вращением головной части магнитооптического спектрометра. Различные передачи импульса от налетающего ядра к измеряемому адрону предполагается исследовать также путем варьирования энергии налетающих ядер, что дает возможность проведения прецизионных измерений в условиях одного эксперимента за счет компенсации систематических ошибок.

2. Экспериментальная установка

Для решения поставленных физических задач предлагается провести следующий набор физических измерений:

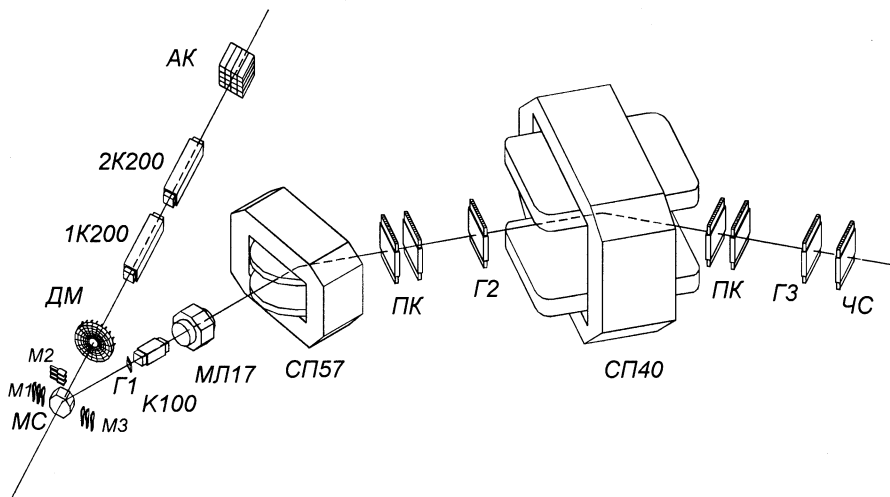
1. Сечения рождения дейтронов, протонов, каонов, пионов и ядерных фрагментов в зависимости от:

- типа налетающих ядер и ядер мишеней ($p - U$);
- энергии налетающих ядер 2-6 ГэВ/нуклон;
- импульса регистрируемых частиц 0,3-2,0 ГэВ/с;
- угла образования частиц 10-70°;
- направления поляризации налетающих частиц.

2. При условии регистрации частиц п.1 одновременно измеряются множественность и степень "центральности" соударения на основе анализа амплитуд в калориметре, расположенном под 0 градусов за исследуемой мишенью.

3. Регистрация двух частиц, принадлежащих к одному событию, в диапазоне захвата магнитооптической системы с последующей идентификацией и учетом п.2.

Экспериментальная установка МАРУСЯ, позволяющая реализовать представленную физическую программу, располагается в корпусе 205 ЛВЭ в области фокуса F4. Она состоит из мишенной станции, магнитооптического канала, системы мониторингования и диагностики пучка, пучковых счетчиков, спектрометрических детекторов, пропорциональных камер, порогового черенковского счетчика, детектора множественности, ZDC-калориметра, электроники и системы сбора данных, аппаратуры обработки и отображения информации (см. рисунок).



Установка МАРУСЯ

МС – мишенная станция, позволяющая работать со сменными мишенями с дистанционным позиционированием их по осям выводимого пучка и оси спектрометра; М1-М3 – система мониторинга пучка из 3-х сцинтилляционных мониторов, расположенных симметрично слева, справа и сверху под углами 90° вокруг мишени; К100, МЛ17 – магнитные линзы; СП57, СП40 – дипольные магниты; Г1-Г3 – сцинтилляционные годоскопы для регистрации и идентификации частиц по времени пролета; ПК – пропорциональные камеры для измерения координат и углов выхода частиц из магнита; ДМ – детектор множественности для измерения множественности событий и определения плоскости реакций; АК – адронный калориметр под углом 0° (ZDC) для измерения величины полной энергии ядра-остатка; ЧС – пороговый черенковский счетчик для разделения частиц по скоростям в триггере 1-го уровня.

Основные параметры магнитного спектрометра приведены в таблице:

Акцептанс, мср	70-100
Разрешение по импульсу, $\Delta P/P$	$\sim 0,5\%$
Углы регистрации частиц	$10-70^{\circ}$
Диапазон импульсов	0,3 – 2,0 ГэВ/с

Заключение

Реализация представленной физической программы предполагает также получение и надежную идентификацию пучков вторичных частиц (электроны, пионы, каоны, протоны, антипротоны и т.д.) с импульсами от 0,5 до 2 ГэВ/с, что позволит проводить на установке МАРУСЯ методические исследования различных типов детекторов для регистрации таких частиц параллельно с основными физическими измерениями.

Работа частично поддержана грантом РФФИ 01-02-16407.

Список литературы

- [1] А.В.Ефремов. ЭЧАЯ, т. 13, с.613, 1982.
- [2] В.В.Буров и др. ОИЯИ, P2-10927, Дубна, 1977;
Известия АН СССР, 1978, Сер. физ. Т.42, с.38; V.V.Burov et al. Phys. Lett., B37(1977)46;
В.К.Лукьянов, А.И.Титов. ЭЧАЯ, т.10, с.38, 1979.
- [3] E.V.Shuryak. Phys. Rep., 61C (1980) 71.
- [4] A.M.Baldin et al. JINR E1-82-472, Dubna, 1982.
- [5] А.А.Балдин и др. Письма ЖЭТФ, 48 (1988) 127;
A.A.Baldin et al. Nucl. Phys., A519 (1990) 407;
A.A.Baldin et al. JINR Rap. Comm.3[54]-92, Dubna, 1992.
- [6] С.В.Бояринов и др. ИТЭФ-5 М., 1987; ИТЭФ-13 М., 1988.
- [7] B.Carrol et al. Nucl. Phys., A488 (1988) 203; Phys. Rev. Lett., 62 (1989) 1829; A.Shor et al. Phys. Rev. Lett., 63 (1989) 2192.
- [8] T.Abbot et al. Nucl. Phys., A525 (1991) 231c; Phys. Rev. Lett., 66 (1991) 1567.
- [9] J.Bartke et al. Z. Phys., C48 (1990) 191;
J.Baechler et al. Nucl. Phys., A525 (1991) 221;
S.Abatzis et al. Nucl. Phys., A525 (1991) 445.
- [10] К.Иовчев и др. ОИЯИ, P1-84-279, Дубна, 1984;
Г.Н.Агакишиев и др. ЯФ, 43 (1986) 366.
- [11] K.Miyano et al. Phys. Rev. Lett., 53 (1984) 1725; Phys. Rev., C38 (1988) 2788.
- [12] V.V.Batyunya et al. JINR Rap. Comm., 2[59]-93, Dubna, 1993.
- [13] A.V.Efremov. Phys. Lett., B174 (1986) 776;
А.В.Ефремов и др. ЯФ, 47 (1988) 1364.
- [14] Г.С.Аверичев и др. Кр.сообщ. ОИЯИ, 5[25]-87, Дубна, 1987.
- [15] Ю.Б.Лепихин и др. Труды Симпозиума по NN- и hA- взаимодействиям при промежуточных энергиях, ЛИЯФ, 1986, с.299.
- [16] N.Abbot et al., Nucl. Phys., A525 (1991) 455; Phys. Lett., B271 (1991) 477.
- [17] O.P.Gavrischuk et al. JINR Rap. Comm., 4[55]-92, JINR, Dubna, 1992;
И.М.Беляев и др. ОИЯИ, Дубна, 1993.
- [18] A.V.Kurepin et al. Sov. JETP Lett., 47(1988), 16.
- [19] P.Stankus et al. Nucl. Phys., A544 (1992) 603.
- [20] А.М.Балдин. Краткие сообщения по физике АН СССР, 1971, с.35;
А.М.Балдин и др. Доклады АН СССР, 1984, т.279, с.1379.
- [21] Г.А.Лексин. Труды XVIII Международной конференции по физике высоких энергий, Тбилиси, 1976, т.1, с.А 6-3;
В.С.Ставинский. ЭЧАЯ, т.10, с.979, 1979.
- [22] A.M.Baldin et al. Sov. J. Nucl. Phys., 18 (1974) 41; JINR E1-83-415, Dubna, 1983;
A.E.Benvenuti et al. JINR E1-93-133, Dubna, 1993.

- [23] G.Baum et al. Phys. Rev. Lett., 51 (1983) 1135.
- [24] J.Ashman et al. Phys. Lett., B206 (1988) 364.
- [25] B.Adeva et al. Phys. Phys. Lett., B302 (1993) 533.
- [26] P.L.Anthony et al. Phys. Rev. Lett., 71 (1993) 959.
- [27] Antille J.et al. Phys. Lett., B94 (1980) 523.
- [28] Bonner B.E. et al. Phys. Rev., D41 (1990) 13;
Saroff S. et al. Phys. Rev. Lett., 64 (1990) 995.
- [29] Adams D.L. et al. Phys. Lett., B261 (1991) 201; Phys. Lett., B264 (1991),
J.Phys., C56(1992) 181; Phys. Lett., B376(1992) 531.
- [30] Krisch A.D. In: Proc. 9 Inter. Symp. on High Energy Spin Physics, Bonn,
1990;
K.-H.Althoft. W.Meyer et al., 1 (1991) 20.
- [31] Proc. Inter. Symposium DUBNA DEUTERON-91, JINR, Dubna, 1991;
JINR E2-92-25, Dubna, 1992.
- [32] Proc. Inter. Symposium DUBNA DEUTERON-93, Dubna, September
14-18,1993;
JINR E2-94-95, Dubna 1994.
- [33] Heller K. In: Proc. 9 Inter. Symp. on High Energy Spin Physics, Bonn, 1990,
K.-H.Althoft. W.Meyer et al., 1 (1991) 97.
- [34] Averichev G.S.et al. JINR Rap. Comm. No. 6[69]-94, Dubna, 1995.
- [35] Блохинцев Д.И. ЖЭТФ, 33 (1957) 1295.
- [36] Kochelev N.I., Tokarev M.V. Phys. Lett., B309 (1993) 416.
- [37] Dorokhov A.E., Kochelev N.I., Yu.A.Zubov. Int. J. Mod. Phys., A8 (1993)
603.
- [38] Agakishiev G. et al. JINR report B1-2-93-231, Dubna, 1993, 14P.;
Proc. Inter. Symposium DUBNA DEUTERON-93, Dubna, September
14-18, 1993; JINR E2-94-95, Dubna 1994, p.354.
- [39] Boros C., Liang Zuo-tang, Meng Ta-chung, Phys. Rev. Lett., 70 (1993) 1751.
- [40] Artru X., Czyzeweski J., Yabuki H. Preprint LYCEN/9423, TPJU 12/94,
May, Marcel, 1994.
- [41] Baldin A.A. et al. Proc. Inter. Symposium DUBNA DEUTERON-95,
Dubna,1995.
- [42] Anderson B. et al. Nucl. Phys., B281 (1987) p.289;
Ranft J. Phys. Rev., D37 (1988), p.1842;
Werner K. Preprint HD-TVP-93-1;
Wang X.-N. And Gyulassy M., Phys. Rev., D44, N11 (1991) p.501.
- [43] Амелин Н.С. и др. ЯФ, т.51 вып.6 (1990), с. 1730.
- [44] Bjorken J.D. Phys. Rev., D27, 140 (1983);
Anishetty R., Koehler P., McLerran L. Phys. Rev., D22, 2973 (1980);
Kajantie K., McLerran L. Phys. Lett., B119, 203 (1982);
Shuryak E.V. Phys. Rep., 61,73 (1980).

- [45] JACEE collab. Proc. QM-84, Springer, 147, 1985;
T.M. Barnett et al. Phys. Rev. Lett., 50, 2062 (1983).
- [46] Kugler A. et al. Phys. Lett., B335 (1994) 319.
- [47] Kugler A. et al. Nucl. Phys., A583 (1995) 571.
- [48] Bao-Ah Li. Nucl. Phys., A570 (1994) 797.
- [49] Bass S.A. et al. GSI preprint, GSI-95-07.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 декабря 2001 года.

Арефьев В. А. и др.

P1-2001-277

Исследование многочастичных ядерных взаимодействий
в переходной области энергий в пучках нуклотрона

Сформулирована физическая программа исследований в переходной области энергий на пучках нуклотрона. Она будет реализована на создаваемой в ЛВЭ установке МАРУСЯ. Особенность предложенной физической программы заключается в изучении глубокоподпороговых и кумулятивных процессов одновременно с измерением множественности и степени «центральности», выделением плоскости реакции, определением направления поляризации сталкивающихся ядер.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2001

Перевод авторов

Arefiev V. A. et al.

P1-2001-277

The Investigation of Multiparticle Nuclear Interactions
for Nuclotron Beams in the Transition Energy Range

A physics program of investigations is proposed for Nuclotron beams in the transition regime energy range. The program will be realized by the setup MARUSYA which is almost completed at the LHE. The novelty of proposed research is in the investigation of deep subthreshold and cumulative processes taking into account the polarisation of colliding objects, the extraction of events by the degree of «centrality» and reaction plane on the basis of the additional measurement of the multiplicity and the identification of the part of the nuclear fragment not participating in an interaction.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2001

Редактор М. И. Зарубина. Макет Н. А. Киселевой

Подписано в печать 29.01.2002
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. л. 0,96
Тираж 415. Заказ 53086. Цена 96 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области