

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-93-130

УДК 539.172.17

ШОКИРОВ

Исмоилхон Эргашович

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР КИСЛОРОДА
С ПРОТОНАМИ**

**Специальность: 01.04.16 — физика ядра
и элементарных частиц**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1993

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований и в Институте ядерной физики АН РУз.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук
член кор. АН РУз.

Кадыр Гафурович
Гуламов

доктор физико-математических наук
профессор

Виктор Викторович
Глаголев

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

Валентин Борисович
Любимов

доктор физико-математических наук

Владимир Егорович
Гречко

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Научно-исследовательский Институт ядерной физики Московского Государственного Университета (НИИЯФ МГУ).

Защита диссертации состоится "___" _____ 1993 года в ___ час на заседании специализированного совета Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна Московской области, Лаборатория высоких энергий ОИЯИ, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ. Автореферат разослан "___" _____ 1993 г.

Учёный секретарь

специализированного совета

М. Ф. Лихачев

М. Ф. Лихачев.

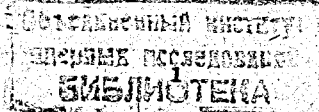
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Исследование процессов фрагментации ядер вызывает в последние годы возрастающий интерес^{/1 /}. Он обусловлен, главным образом, поиском экспериментально наблюдаемых проявлений фазовых переходов в горячей ядерной материи, возможное существование которых широко обсуждается в рамках различных теоретических подходов. Предполагается, что одним из проявлений фазового перехода типа жидкость - газ в ядерном веществе может быть процесс мультифрагментации, когда высоковозбужденное ядро, образованное в результате соударения, "взрывается" с испусканием большого числа фрагментов^{/2 /}.

За последнее время разработано большое число различных моделей мультифрагментации, однако вопрос о механизме этого процесса продолжает оставаться открытым. В значительной степени это связано с характером существующей экспериментальной информации, которая включает в основном инклюзивные характеристики фрагментов; данных об эксклюзивных каналах мультифрагментации, чувствительных к механизмам процесса, чрезвычайно мало и они не систематизированы.

Поэтому эксперимент, выполненный в условиях 4л-геометрии на водородной пузырьковой камере может дать относительно полную информацию о процессах взаимодействия ядер с протонами. Хотя число нуклонов в ядре кислорода недостаточно велико, чтобы рассчитывать на проявление фазового перехода, мы надеемся, что детальное исследование множественного образования фрагментов на лёгком ядре позволит надежно установить механизм реакции.

Цель работы состояла в экспериментальном изучении множественности вторичных заряженных частиц во взаимодействиях ядер кислорода с протонами при импульсе 3.1 А ГэВ/с на нуклон. Для этого было необходимо: 1. Накопление статистики по ¹⁶Ор - взаимодействиям. 2. Получение новой экспериментальной информации (множественности, корреляции, и т.д.) во взаимодействиях ядер кислорода с протоном при 3.1 А ГэВ/с. 3. Сравнение полученных данных с предсказаниями моделей адрон-ядерных взаимодействий.



Новизна работы. В условиях 4-π геометрии получены экспериментальные данные (зарядовое распределение, множественности, полное поперечное сечение, корреляции) по ^{16}O - взаимодействиям при 3.1 А ГэВ/с. Определен изотопный состав одно- и двухзарядных фрагментов. Создана новая методика идентификации событий сложной топологии и на её основе разработано соответствующее программное обеспечение, позволившее в автоматическом режиме обработать свыше 10000 кислород - протонных взаимодействий. Использование в качестве детектора водородной пузырьковой камеры дало возможность исследовать практически без потерь события всех топологий.

Научная и практическая ценность работы. Накоплен большой экспериментальный материал по ^{16}O -взаимодействиям (по результатам просмотра в Лабораториях Сотрудничества - около 30000 событий). Развита методика автоматической обработки данных для процессов с большой множественностью. Определены средние множественности заряженных вторичных частиц.

Полученные экспериментальные результаты дают возможность для проверки различных теоретических моделей и построения реалистической картины множественного образования частиц в соударениях адронов с ядрами.

Экспериментальные данные и разработанная методика могут быть использованы при планировании и проведении новых экспериментов.

Апробация работы и публикации. Основные результаты настоящей работы докладывались на совещаниях международного Сотрудничества по исследованиям на однометровой водородной пузырьковой камере, на семинарах ЛВЭ ОИЯИ и ФТИ АН РУЗ.

Основное содержание диссертации опубликовано в семи работах, список которых приводится в конце автореферата.

Объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованной литературы.

Автор защищает: 1. Получение и обработку экспериментального материала, участие в развитии и применении методики автоматизированной математической обработки данных.

2. Результаты по множественности вторичных заряженных частиц, полученные во взаимодействиях ядер кислорода с водородом.

3. Результаты по топологии фрагментов в конечном состоянии и изотопный состав одно- и двухзарядных фрагментов.

Во введении дается краткое обоснование актуальности изучения адрон - ядерных взаимодействий в условиях 4-π геометрии, подчёркивается, что облучение камеры релятивистскими ядрами имеет ряд преимуществ, поскольку можно наблюдать и измерять практически без потерь заряженные фрагменты ядра - снаряда, которые являются быстрыми частицами и хорошо видны в камере. Сформулирована основная цель работы. Приводится общая структура диссертационной работы.

В первой главе кратко охарактеризовано теоретическое и экспериментальное состояние изучаемых вопросов. Изложены некоторые черты каскадно-фрагментационно-испарительной модели. Сделан краткий обзор имеющихся экспериментальных данных по множественному образованию α -частиц (n_α).

Отмечено, что в большинстве экспериментальных работ наблюдается преимущественная реализация каналов с испусканием двухзарядных фрагментов. Каскадные модели качественно описывают экспериментальные данные. Результаты сравнения этих моделей с экспериментальными данными показывают, что в моделях занижены или отсутствуют каналы с множественностью α -частиц, $n_\alpha \geq 2$ или $n_\alpha \geq 3$.

Во второй главе приводятся основные характеристики установки - водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, с помощью которой был проведён данный эксперимент, описаны методические вопросы получения и обработки экспериментальных данных. Во время эксперимента камера находилась в магнитном поле с напряжённостью $H = 1.85$ Тл. и работала с пучками поляризованных дейтронов и ядер кислорода синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ.

Подробно описана методика просмотра снимков, идентификации вторичных треков. При идентификации уверенно разделялись π^\pm - мезоны и протоны в области импульсов $P < 1.5$ ГэВ/с по кривизне и ионизации следов. Для иллюстрации на рис. 1 показаны распределения по измеренному импульсу π^- и π^+ - мезонов после идентификации. Эффективность просмотра для всех тополо-

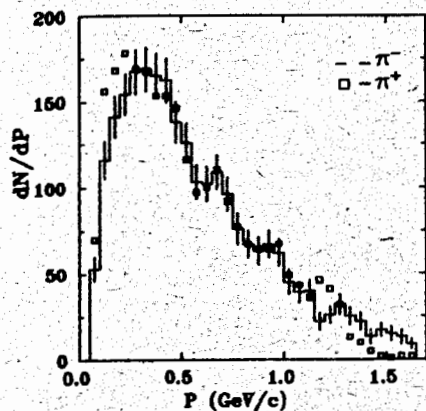


Рис. 1. Импульсные распределения π^\pm - мезонов.

гий была 98.2%, а для двухлучевых событий, из-за потери очень коротких треков протонов отдачи, составила 89%. При просмотре предполагалось, что все вторичные релятивистские положительно заряженные частицы с минимальной ионизацией считались однозарядными (π^+ ,

p, d, t), а доля странных K и Σ - частиц, соответственно меньше чем 0.4 и 0.3%, была оценена из данных по pp -взаимодействиям.

Для накопления файла суммарных результатов на основе библиотеки программ CERN'a была разработана система сервисных программ, с помощью которой в сжатые сроки было накоплено около 30000 и обработано более 10000 событий. Этот экспериментальный материал был основой для получения физических результатов по исследованию $^{16}\text{O}p$ - взаимодействий, изложенных в диссертации.

В этой же главе приводится распределение по зарядам вторичных фрагментов и полное поперечное сечение $^{16}\text{O}p$ - взаимодействий. Получена оценка примеси в пучке кислорода других релятивистских ядер ($^{12}\text{C}, ^{14}\text{N}$), которая составила около 15% процентов по отношению к ^{16}O . Исходя из этого были введены поправки для числа фрагментов любого заряда, которые составляли не более 1.5%.

Основные потери в упругих взаимодействиях связаны с малыми переданными импульсами. После учёта этих потерь было получено значение полного поперечного сечения: $\sigma_{\text{tot}} = 371 \pm 7$ мбн. Определено полное инклюзивное сечение выхода двухзарядных фрагментов: $\sigma_{\text{inc}} = 235 \pm 6$ мбн.

В третьей главе изложены результаты исследования по множественности заряженных частиц во взаимодействиях ядер кислорода с протонами. Определены средние множественности вторичных частиц (таблица 1). Экспериментальные данные сравнивались с результатами расчетов по каскадно-фрагментационно-испарительной модели (КФМ)^{/2/}, на основе 22200 событий разыгран-

ных методом Монте Карло.

Комбинация модели внутриядерного каскада^{/3/} и статистической модели мультифрагментации^{/4/}, которая названа каскадно-фрагментационно-испарительной моделью, позволяет провести моделирование процесса протон - ядерного взаимодействия от начальной до конечной стадии и рассчитать все наблюдаемые характеристики вторичных частиц.

Таблица № 1. Средние множественности заряженных частиц в $^{16}\text{O}p$ - взаимодействиях при 3.1 А ГэВ/с.

$\langle n \rangle$	Эксперимент	КФМ
$\langle n_- \rangle$	0.296 ± 0.004	0.314 ± 0.003
$\langle n_{1+} \rangle$	3.493 ± 0.015	3.366 ± 0.013
$\langle n_{2+} \rangle$	0.616 ± 0.007	0.523 ± 0.005
$\langle n_{3+} \rangle$	0.103 ± 0.003	0.112 ± 0.002
$\langle n_{4+} \rangle$	0.052 ± 0.002	0.106 ± 0.002
$\langle n_{5+} \rangle$	0.066 ± 0.002	0.123 ± 0.002
$\langle n_{6+} \rangle$	0.151 ± 0.003	0.210 ± 0.003
$\langle n_+ = \sum_{i=1}^8 n_{i+} \rangle$	4.916 ± 0.016	4.751 ± 0.013
$\langle n_{fr} = \sum_{i=2}^8 n_{i+} \rangle$	1.423 ± 0.005	1.385 ± 0.005
$\langle n_{ch} \rangle$	5.214 ± 0.018	5.065 ± 0.014

Здесь n_z есть множественность положительно заряженных частиц с зарядом Z ,

$\langle n_+ \rangle = \sum_{Z=1}^8 \langle n_Z \rangle$, $\langle n_{fr} \rangle = \sum_{Z=2}^8 \langle n_Z \rangle$, $\langle n_{ch} \rangle = (\langle n_+ \rangle + \langle n_- \rangle)$, и, пренебрегая вкладом отрицательных странных частиц, можно считать, что множественность "вновь рожденных" отрицательных частиц n_- есть множественность π^- - мезонов.

Из таблицы 1 видно, что модель качественно описывает экспериментальные данные. Однако она недооценивает среднюю множественность α - частиц (см. табл. 2а и б), переоценивает вероятности осуществления событий с одним двухзарядным фрагментом в конечном состоянии и недооценивает вероятности для событий с двумя и тремя α - частицами. Вероятность появления событий с четырьмя α - частицами на опыте примерно в 10 раз выше, чем в модели.

Таблица № 2. Доля событий с данной множественностью фрагментов.

а)

n_{fr}	0	1	2	3	4
экспер.	1.9±0.2	68.0±1.1	20.6±0.6	8.9±0.4	0.78±0.1 (%)
КФМ	1.5±0.2	63.6±1.2	29.8±0.8	5.0±0.3	0.09±0.04 (%)

б)

n_{2+}	0	1	2	3	4
экспер.	65.7±0.6	15.5±0.3	10.5±0.2	7.5±0.2	0.78±0.1 (%)
КФМ	62.5±0.5	26.6±0.4	7.2±0.2	3.7±0.1	0.09±0.04 (%)

Конечно, таблица а) существенно пересекается с б). Например, в событиях с 4-мя фрагментами - они все двухзарядные, что и видно из совпадения последней колонки в таблицах а) и б).

Была сделана попытка связать множественность однозарядных частиц n_{1+} с числом внутриядерных соударений ν , используя феноменологическую модель, предложенную в работе [5]. Известно, что в адрон - ядерных взаимодействиях при высоких энергиях множественность выбитых из ядра протонов может служить статистической мерой числа ν внутриядерных соударений первичного адрона. Распределение $P(\nu)$ по числу неупругих внутриядерных соударений и его среднее значение $\langle \nu \rangle$ определяется по хорошо известным формулам модели Глаубера и зависит от массового

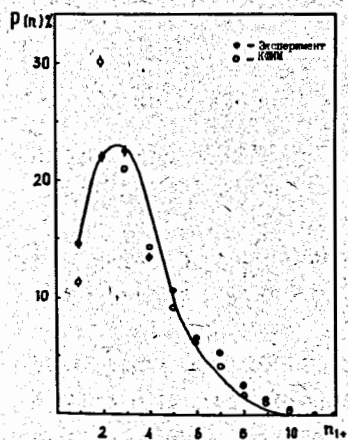


Рис. 2. Распределение по множественности однозарядных положительных частиц. Сплошная кривая описана в тексте.

числа ядра, вида распределения ядерной плотности и сечения неупругого адрон - нуклонного взаимодействия. В нашем случае: $\langle \nu \rangle = A \sigma_{in}(pN) / \sigma_{in}(pA) = 1.75$. При расчёте распределения $P(\nu)$ для ядерной плотности кислорода бралось распределение Саксона-Вудса со значениями параметров определённых из рассеяния электронов на ядрах.

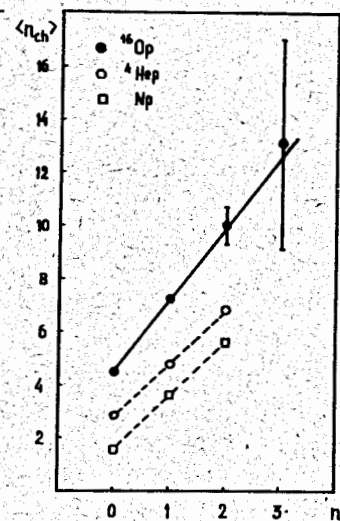
Результаты, полученные в рамках этой модели для n_{1+} - ра-

спределения, показаны сплошной кривой на рис.2. Видно, что в модели удаётся получить вполне приемлемое описание экспериментальных данных.

Были определены средние множественности заряженных частиц с образованием 0,1,2 и $3\pi^-$ - мезонов и получены следующие значения: 4.45 ± 0.06 ; 7.24 ± 0.16 ; 10.00 ± 0.74 ; 13.09 ± 3.95 .

На рис.3 показана зависимость средней множественности заряженных частиц от числа π^- - мезонов. Результат аппроксимации линейной функцией показан сплошной линией с наклоном 2.79 ± 0.16 . Для ${}^4\text{He}$ и Np взаимодействий значения параметров наклона оказались 1.94 ± 0.07 и 2.01 ± 0.01 . Таким образом, для

Рис.3. Зависимость средней множественности заряженных частиц от числа π^- - мезонов в ${}^{16}\text{O}$, ${}^4\text{He}$ и Np -взаимодействиях.



ядра кислорода прослеживается более быстрое увеличение средней множественности с ростом числа отрицательных π^- - мезонов.

В первом приближении полученное значение наклона для ${}^4\text{He}$ взаимодействий можно объяснить однократным Np -рассеянием, когда образование π^- - мезона происходит в процессах перезарядки $p \rightarrow p\pi^-$ или при рождении в паре с π^+ - мезоном. Очевидно, что в случае ${}^{16}\text{O}$ - взаимодействий должен быть рассмотрен более сложный механизм рассеяния протона мишени внутри ядра кислорода. Исходя из изоскалярности ядра кислорода, можно предположить, что происходит одинаковое число pp - и pn -рассеяний. Из анализа сечений образования π^+ - мезонов и π^- - мезонов по отдельности в pp - и pn -взаимодействиях следует, что в случае тяжелых ядер рождение π^+ - мезонов примерно в два раза больше чем рождение π^- - мезонов. Для отношения среднего числа π^+ - мезонов к среднему числу π^- - мезонов, образованных в нуклон-протонных взаимодействиях $\langle n_{\pi^+} \rangle / \langle n_{\pi^-} \rangle$, было получено значение 1.92 ± 0.20 . Если рассмотреть все возможные зарядовые

состояния вторичных фрагментов в ^{16}O - взаимодействиях с образованием $1\pi^-+2\pi^+$, $2\pi^-+4\pi^+$, $3\pi^-+6\pi^+$ и предположить как грубое приближение равновероятность всех зарядовых состояний, из комбинаторики можно определить значение этого отношения. Оно оказалось равным 2.63, что хорошо согласуется с экспериментальным значением, равным 2.79 ± 0.16 .

Аналогичное поведение наблюдается для зависимости n_{1+} от числа π^- - мезонов, представленной на рис.4. Для значений пара-

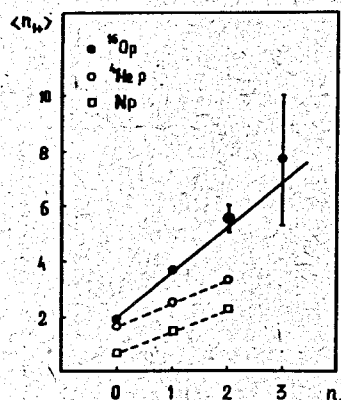


Рис.4. Зависимость средней множественности однозарядных положительных частиц от числа π^- - мезонов в ^{16}O , ^4He и Np - взаимодействиях.

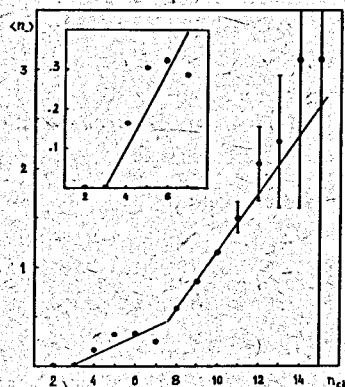


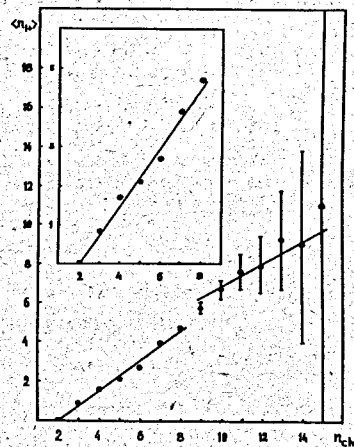
Рис.5. Зависимость средней множественности π^- - мезонов от множественности заряженных частиц в ^{16}O - взаимодействиях.

метров наклона были получены следующие значения: 1.93 ± 0.08 , 0.85 ± 0.04 и 0.77 ± 0.01 соответственно для ^{16}O , ^4He , Np - взаимодействий. Оценка из комбинаторики в случае ^{16}O - столкновения дает величину 1.84. Полученные результаты не противоречат предположению о многократных независимых взаимодействиях нуклонов падающего ядра кислорода с протоном мишени и свидетельствуют о доминирующем вкладе такого механизма в процессы с рождением мезонов.

Была изучена зависимость средней множественности π^- - мезонов от n_{ch} , которая представлена на рис.5. Из рисунка видно, что имеются два разных наклона в областях $n_{\text{ch}} \geq 8$ и $n_{\text{ch}} < 8$, с значениями $A = 0.30 \pm 0.03$ и $a = 0.095 \pm 0.002$ соответственно. Проведено сравнение этих результатов с данными, полученными из

зависимости $\langle n_{1+} \rangle$ от n_{ch} (рис.6), с значениями наклонов $E = 0.88 \pm 0.26$ и $e = 0.76 \pm 0.07$. Сделана попытка объяснить этот факт тем, что во взаимодействиях с малой множественностью образование мезонов, в основном, связано с фрагментацией ядра. Вклад когерентного рождения пионов в случае отсутствия фраг-

Рис.6. Зависимость средней множественности однозарядных положительных частиц от множественности заряженных частиц в ^{16}O - взаимодействиях.



ментации ядра, при наших энергиях является незначительным (~ 4%), а сечением процессов внутриядерной перезарядки $\pi^+ n \rightarrow p \pi^0$, которые могут увеличить число вторичных заряженных барионов, порядка 0.1мб, можно пренебречь. Поэтому увеличение полной множественности в области $n_{\text{ch}} \geq 9$ связано исключительно с образованием пар мезонов. Для отношения параметров наклона E/A , которое соответствует отношению $\langle n_{\pi^+} \rangle / \langle n_{\pi^-} \rangle$ в случае столкновений с большой множественностью, было получено значение 2.93 ± 0.91 , что в пределах ошибок не противоречит величине 1.92 ± 0.20 , полученной для нуклон - протонных взаимодействий.

Проведено детальное исследование корреляций между множественностями частиц различного вида. Установлено, что на характер корреляций множественности сильное влияние оказывают законы сохранения электрического и барионного зарядов.

В четвертой главе приводятся характеристики событий с полным расщеплением ядра кислорода, вероятность появления которых на эксперименте составляет $(1.9 \pm 0.1)\%$ от сечения неупругого ^{16}O - взаимодействия. В таблице 3 представлены средние значения и дисперсии по множественности ($n_-, n_{1+}, n_{\text{ch}}$) для этих событий. Средняя множественность отрицательных частиц в событиях с полным развалом ядра кислорода существенно превышает $\langle n_- \rangle$ в среднем акте ^{16}O - соударений и распределения по $n_-, n_{1+}, n_{\text{ch}}$ очень узкие. Для среднего акта ^{16}O величина отношения $\langle n_- \rangle / D$ для n_{1+} и n_{ch} - распределений равняется 1.71 и 2.18 соответственно, для событий полного разрушения ядра кислорода

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы:

1. В сеансах облучения 100 см. водородной камеры накоплено около 30000 взаимодействий ядер кислорода с импульсом 3.1 А ГэВ/с с протонами.

2. После обработки фотографий создан файл результатов просмотра, содержащий информацию о топологиях событий и зарядах вторичных частиц.

3. Более 10000 событий измерены и доведены до DST с помощью специально развитой автоматизированной системы математической обработки.

4. Определено полное сечение кислород - протонных взаимодействий при импульсе 3.1 А ГэВ/с, $\sigma_{tot} = 371 \pm 7$ мб.

5. Получены распределения по зарядам фрагментов ядра кислорода с систематической ошибкой не превышающей 1.5 %.

6. Большинство полученных результатов сравнилось с каскадно - фрагментационно - испарительной моделью (КФИМ) на основе 22200 событий разыгранных методом Монте Карло.

7. Общие характеристики ^{16}O - взаимодействий, такие как средние множественности частиц различного типа, распределения по множественности, топологические распределения, удовлетворительно описываются использованной моделью. Вместе с тем модель плохо описывает:

а) среднюю множественность двухзарядных фрагментов;

б) выход дейтронов и ядер трития, особенно в событиях полного развала ядра кислорода;

в) вероятность появления топологий с двухзарядными фрагментами;

г) изотопический состав ядер гелия в 4^X - фрагментных событиях.

8. Полученные расхождения требуют совершенствования модели и, в частности, учета эффектов кластеризации и взаимодействия в конечном состоянии (ВКС).

9. Проведено детальное исследование корреляций между множественностями частиц различного вида. Установлено, что на характер корреляций множественности сильное влияние оказывают законы сохранения электрического и барионного зарядов.

10. Результаты исследования корреляций между выходом π^- мезонов и однозарядных фрагментов на полной совокупности собы-

тий не противоречат предположению о независимых взаимодействиях протона с нуклонами ядра кислорода.

11. Выделены события полного разрушения ядра кислорода на однозарядные частицы и определен изотопный состав вылетающих фрагментов. Показано, что $\langle n \rangle$ выше, чем в среднем акте ^{16}O - взаимодействия.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Глаголев В.В., Лебедев Р.М., ..., Шокиров И.Э. и др. Множественность заряженных частиц во взаимодействиях ядер кислорода с водородом при импульсе 3.1 А ГэВ/с. Сообщение ОИЯИ, P1-89-218, Дубна, 1989.

2. Вислицкий В., ..., Шокиров И.Э. и др. Зарядовые распределения фрагментов в ^{16}O - взаимодействиях при импульсе 3.1 А ГэВ/с. Сообщение ОИЯИ, P1-90-306, Дубна, 1990.

3. Ботвина А.С., ..., Шокиров И.Э. и др. Фрагментация ядер кислорода во взаимодействиях с водородом при импульсе 3.1 А ГэВ/с. Сообщение ОИЯИ P1-90-560, Дубна, 1990.

4. Шокиров И.Э., Эрдэнэдэлгэр Т. Формирование и редактирование файла результатов просмотра камерных фотографий в интерактивном режиме.

Сообщение ОИЯИ, P10-91-86, Дубна, 1991.

5. Амеева Б.У., ..., Шокиров И.Э. и др. Образование легких фрагментов ядра кислорода в ^{16}O - взаимодействиях при импульсе 3.1 А ГэВ/с.

Сообщение ОИЯИ, P1-91-545, Дубна, 1991.

6. Ботвина А.С., Вислицкий В., ..., Шокиров И.Э. и др. Множественность заряженных частиц во взаимодействиях ядер кислорода с водородом при импульсе 3.1 А ГэВ/с.

Препринт АН УзССР, ФТИ НПО "Физика-Солнце", 146-91-ФВЭ, Ташкент, 1991.

7. Ботвина А.С., ..., Шокиров И.Э. и др. Поперечное сечение ^{16}O - взаимодействий при 3.1 А ГэВ/с и изотопный состав двухзарядных фрагментов.

Сообщение ОИЯИ, P1-92-45; Дубна, 1992.

Список цитируемой литературы

1. Hufner J. - Phys. Rev., 1985, 125, p.129;
Lynch W.G. - Ann. Rev. Nucl. Part. Sci., 1987, 37, p.493;
Тонеев В.Д. и др. - ЭЧАЯ, 1986, т.17, с.1093.
2. Mishustin I.N. - Nucl. Phys. A447, 1985, p.67;
Ботвина А.С., Ильинов А.С., Мишустин И.Н. - Письма в ЖЭТФ, 42, 1985, с.462;
Botvina A.S., Iljinov A.S., Mishystin I.N. - Phys. Lett. B205, 1988, p.421.
3. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. - "Взаимодействия высоко-энергетических частиц и атомных ядер с ядрами", М. Атомиздат, 1972;
Гудима К.К., Тонеев В.Д. - ЯФ, 1978, 27, с.658;
Toneev V.D., Gudima K.K. - Nucl. Phys. A400, 1983, p.73.
4. Ботвина А.С., Ильинов А.С., Мишустин И.И. - "Статистическое моделирование высоковозбужденных ядер", препринт ИЯИ АН СССР, П-0490, М., 1986; ЯФ, 1985, 42, с.1127;
Botvina A.S., Iljinov A.S., Mishystin I.N. - Nucl. Phys., A475, 1987, p.663.
5. Anderson B. et al. - Phys. Lett., 1978, B73, p.343.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 апреля 1993 года.