

M-42

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-95-70

На правах рукописи

УДК 539.1.073.3

539.125.46

539.125.56

539.126.6

МЕДВЕДЬ
Кирилл Сергеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
НЕЙТРАЛЬНЫХ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ
В АНТИДЕЙТРОН-ЯДЕРНЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ИМПУЛЬСЕ
6 ГэВ/с НА НУКЛОН

Специальность: 01.04.23 — физика высоких энергий

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1995

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель :

доктор физико-математических наук
профессор

И.М.Граменицкий

Официальные оппоненты :

доктор физико-математических наук
доктор физико-математических наук

А.Г.Долголенко
М.Г.Сапожников

Ведущее научно-исследовательское учреждение :

Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, г.Москва.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1995 г.

в ___ час. на заседании специализированного совета Д-047.01.06
при Лаборатории сверхвысоких энергий Объединенного института
ядерных исследований, г.Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1995 г.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

В.Г.Кривохижин

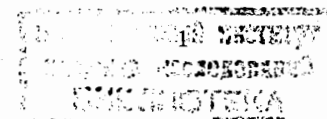
Общая характеристика работы

Актуальность исследования. Исследование взаимодействий антинуклонов с нуклонами и ядрами является одной из наиболее интересных областей физики высоких энергий. К настоящему времени уже подробно изучены $\bar{N}N$ -взаимодействия в широком диапазоне энергий – от долей до сотен ГэВ. Однако процессы, происходящие при взаимодействиях антинуклонов с ядром, исследованы пока гораздо хуже.

Антинуклон – ядерные реакции интересны по нескольким причинам.

- В таких реакциях велика доля процессов $\bar{N}N$ -аннигиляции. При этом выделяется довольно большая энергия (~ 2 ГэВ) в сравнительно малом объеме внутри ядра (~ 1 фм³). Ожидается, что высокая плотность энергии может привести к образованию сильно возбужденных ядер и даже к формированию в некотором локальном объеме особого состояния ядерной материи – так называемой кварк-глюонной плазмы.
- Исследование $\bar{N}A$ -реакций помогло бы ответить на вопрос о влиянии ядерной среды на сам элементарный акт $\bar{N}N$ -аннигиляции. Существование процессов аннигиляции на системах из нескольких нуклонов было предсказано вскоре после открытия антипротона, но величина вклада такой необычной "многонуклонной" аннигиляции в ядрах до сих пор надежно не оценена экспериментально.
- Существует много экспериментальных указаний на то, что ядро, в особенности тяжелое, может сильно изменять пространственно-временную картину формирования конечного адронного состояния. Вторичные адроны, образовавшиеся в $\bar{N}N$ -взаимодействии на нуклоне ядра, с большой вероятностью могут претерпевать взаимодействие с другими нуклонами этого же ядра, т.е. ядерная среда служит как бы "анализатором" картины образования конечного адронного состояния. Исследование $\bar{N}A$ -реакций также позволяет получить данные о взаимодействии образующихся в аннигиляции тяжелых мезонов с нуклонами.

Таким образом, антинуклон – ядерные взаимодействия являются серьезным инструментом для исследования как процессов, характерных для физики частиц, так и чисто ядерных эффектов.



К настоящему времени в экспериментах получена обильная информация о множественностях и спектрах вторичных частиц, в основном, пионов и нуклонов. Но процессы образования странных частиц изучены недостаточно, что связано или с особенностью методики, или с небольшой статистикой в эксперименте.

Однако согласно современным представлениям о кварковой структуре адронов, характеристики именно странных частиц значительно более чувствительны к механизму взаимодействия. Это и не удивительно, поскольку странные кварки не "приготовлены" заранее ни в налетающем антинуклоне, ни в нуклонах ядра-мишени. Следовательно, они должны быть образованы из кварков моря на ранних стадиях взаимодействия из-за высокой массы странного кварка ($m_s \sim 150$ МэВ).

Все это объясняет повышенный интерес к процессам образования странных частиц во взаимодействиях на ядрах. Как правило, выделение заряженных странных частиц (K^\pm, Σ^\pm) в эксперименте связано с серьезными методическими трудностями. В то же время, нейтральные странные частицы могут быть надежно идентифицированы в установке по наблюдению продуктов их распада.

К настоящему времени существует довольно ограниченное число данных, касающихся образования V^0 - частиц в антипротон – ядерных взаимодействиях при энергиях 0–4 ГэВ. Данные же, полученные при взаимодействии антиядер с ядрами, полностью отсутствуют.

Несмотря на относительно небольшую статистику этих экспериментов, в них были получены указания на необычные свойства процессов образования нейтральных странных частиц, которых нельзя было ожидать исходя только из известных свойств $\bar{N}N$ -взаимодействия. Было показано, что явно существуют некие механизмы, приводящие к резкому увеличению выходов Λ -гиперонов без существенного уменьшения при этом выходов K_s^0 -мезонов. Наблюдались также аномалии в быструхотных и импульсных спектрах V^0 -частиц.

Новые возможности для изучения $\bar{p}A$ -взаимодействий появились с созданием интенсивных пучков медленных антипротонов на ускорителе LEAR в ЦЕРНе. Исследовались взаимодействия с ядрами при малых энергиях антипротонов, ниже порога рождения $\Lambda\bar{\Lambda}$ -пар. И в этом случае выходы Λ оказались велики и сравнимы с выходами K_s^0 -мезонов. Объяснение этому эффекту требует предположения об участии в реакции больше чем одного нуклона ядра.

Был разработан целый ряд теоретических моделей, предлагающих объяснение тех или иных особенностей процессов образования нейтральных странных частиц, в том числе основанных на довольно необычных предположениях о динамике взаимодействия. Однако даже такая характеристика $\bar{N}A$ -реакций, как выходы странных частиц, нелегко поддается теоретическому описанию. Более же тонкие особенности взаимодействий, например, спектры странных частиц или их корреляции с другими вторичными адронами, могут служить критическими тестами правильности тех или иных моделей, претендующих на описание $\bar{N}A$ -взаимодействий.

Именно поэтому получение новых данных по антинуклон – ядерным взаимодействиям, и в особенности антиядро – ядерным взаимодействиям — интересная и актуальная задача.

Целью работы являлось получение основных характеристик процессов инклюзивного образования K_s^0, Λ и $\bar{\Lambda}$ - частиц в антидейтрон-ядерных взаимодействиях при импульсе 12,2 ГэВ/с.

В задачу исследования входило выявление закономерностей образования нейтральных странных частиц в зависимости от массы ядра-мишени, определение относительных выходов V^0 - частиц, получение их кинематических распределений.

Научная новизна и практическая ценность работы. Впервые исследованы основные характеристики нейтральных странных частиц и особенности процессов их образования во взаимодействиях легчайших антиядер с ядрами. Результаты были получены в эксперименте на уникальном и пока единственном в мире сепарированном пучке антидейтронов (ИФВЭ, Протвино).

Полученные данные свидетельствуют об аномальных величинах выходов нейтральных странных частиц во взаимодействиях антидейтронов с ядрами дейтерия, углерода и свинца при импульсе 12,2 ГэВ/с.

Совокупность данных по выходам V^0 - частиц и их спектрам, а также данных о заряженных вторичных частицах во взаимодействиях, позволяет сделать выбор в пользу "традиционной" картины механизма взаимодействия – т.е. образования мезонов в первичном элементарном $\bar{N}N$ -акте с последующим их взаимодействием с нуклонами ядра-мишени. Наблюдаемые эффекты не потребовали для своего объяснения

необычных предположений, таких как многонуклонная аннигиляция в ядре или образование холодной кварк-глюонной плазмы.

Ряд методических разработок и прикладных программ может быть применен в экспериментах, в ходе которых производится обработка больших объемов फिल्मовой информации.

Полученные физические результаты можно использовать в дальнейшем в ускорительных центрах ИФВЭ, ИТЭФ при планировании новых экспериментов. Данные также представляют интерес для будущих исследований на пучках антиядер и развития моделей антинуклон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий.

Апробация работы и публикации

Полученные автором результаты докладывались на конференции ОЯФ АН СССР (Москва, 1990), и международных конференциях:

- по антинуклон-нуклонным взаимодействиям NAN-91 (Москва, 1991 г.);
 - по физике ядра и элементарных частиц (Ливерпуль, 1991 г.);
 - по физике антипротонов LEAP-92 (Курмайер, Италия, 1992 г.);
- а также представлялись на совещаниях международного сотрудничества "Людмила".

Ссылки на опубликованные данные эксперимента приведены в современном сборнике "A guide to experimental particle physics literature 1988-1992".

За выполнение данного исследования автор совместно с соавторами был удостоен второй премии ОИЯИ по разделу экспериментальных работ в 1994 г.

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ.

По материалам диссертации опубликовано 6 работ, посвященных как методическим особенностям эксперимента, так и результатам физического анализа антинейтрон-ядерных взаимодействий.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Объем диссертации составляет 109 страниц, включая 31 рисунок и 18 таблиц. Библиографический список литературы включает 119 наименований.

Содержание диссертации.

Во введении дано обоснование актуальности проблемы, сформулирована основная цель исследования и описаны решаемые задачи. Дается краткое изложение содержания диссертации по главам.

Первая глава содержит обзор экспериментальных данных, касающихся образования нейтральных странных частиц в антипротон-ядерных взаимодействиях при различных энергиях. При этом подчеркиваются отличия данных, полученных во взаимодействиях на ядре, от известных из $\bar{N}N$ -реакций.

К настоящему времени существует ограниченное число результатов по образованию V^0 -частиц в $\bar{N}A$ -взаимодействиях:

- получены характеристики Λ -гиперонов в реакциях $\bar{p}+C, Ti, Ta, Pb$ при импульсе (0-450) МэВ/с (BNL) и $\bar{p}+N^{14}$ для остановившихся антипротонов (ASTERIX, ЦЕРН);
- изучены процессы образования K_s^0, Λ и $\bar{\Lambda}$ в $\bar{p}-Ta$ -взаимодействиях при импульсе 4 ГэВ/с (КЕК);
- получены данные по образованию V^0 во взаимодействиях медленных антипротонов с He^3, He^4 и Ne^{20} при 0 и 600 МэВ/с в эксперименте PS179 (ЦЕРН);
- $\bar{p}Xe$ -взаимодействия при импульсе 0-0,9 ГэВ/с исследуются в ИТЭФ.

Статистика в таких экспериментах составляет несколько сот V^0 .

Было обнаружено неожиданное увеличение сечений образования Λ по сравнению с данными $\bar{N}N$ -экспериментов. Так, при 4 ГэВ/с сечение образования Λ в 11 раз превосходило значение, полученное аппроксимацией $\bar{p}p$ -данных, и в два раза превышало сечение образования K_s^0 -мезонов. Это представляется удивительным, так как, например, в $\bar{p}d$ взаимодействиях сечение Λ в пять раз меньше, чем сечение K_s^0 .

Для объяснения сдвигов спектров V^0 -частиц в область малых быстрот делалось предположение об образовании Λ на неких "эффективных мишенях" с массой, равной нескольким массам нуклонов.

Необычные данные были получены из реакций аннигиляции медленных антипротонов на легких ядрах. Было обнаружено, что выходы Λ очень велики, и даже в аннигиляции покоящихся антипротонов на ядрах гелия сечения рождения Λ сравнимо с выходом K_s^0 ¹.

¹При малых импульсах невозможно образование Λ на одном нуклоне ядра, так как порог реакции $\bar{p}p \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ составляет $P_p=1435$ МэВ/с.

В \bar{p} -Xe взаимодействиях медленных антипротонов изучалось образование всех типов вторичных странных частиц, при этом были получены данные по полуинклюзивным реакциям с парным рождением странных частиц. Были отмечены аномалии в образовании странных частиц; например, образование двух гиперонов в аннигиляции $\bar{p}Xe \rightarrow K^+K^+Y\bar{Y}X$, то есть во взаимодействиях, где рождения и одного гиперона нельзя было бы ожидать из кинематических соображений.

Таблица 1. Значения отношений выходов $R_{\Lambda/K^0} = \sigma(\Lambda)/\sigma(K_s^0)$, полученные из данных антипротон – ядерных экспериментов.

Импульс (ГэВ/с)	$\bar{p} - He^4$	$\bar{p} - Ne^{20}$	$\bar{p} - Xe^{131}$	$\bar{p} - Ta^{181}$
в покое	1,05±0,14	1,18±0,29	1,05±0,12	
0,4-0,9			1,52±0,14	
0,6	0,94±0,19	2,30±0,70		
4,0				2,4±0,3
200,0			0,43±0,09	

Далее обсуждаются различные теоретические модели, описывающие образование V^0 - частиц в антинуклон-ядерных взаимодействиях.

Наиболее экзотическим представляется подход, в котором предполагается образование кварк-глюонной плазмы в ядре вследствие антипротонной аннигиляции. Предполагается, что такой фазовый переход происходит при плотности энергии порядка 2 ГэВ/фм³. В равновесной КГП велика вероятность процессов $qq \rightarrow s\bar{s}$ и $gg \rightarrow s\bar{s}$, а рождение $s\bar{s}$ пар не сильно подавлено за счет большой массы s-кварка. Было рассчитано, что оптимальная энергия антинуклона для наблюдения подобных эффектов должна быть порядка 6 ГэВ/с.

Повышенные выходы странных частиц объяснялись и в предположении об образовании при аннигиляции многонуклонной системы с барионным числом $B \geq 1$ и последующем ее распаде. Однако вероятность таких процессов до сих пор не определена экспериментально.

Существующие данные описываются и в рамках привычных моделей внутриядерного каскада. В этих моделях предполагается образова-

ние странности в $\bar{N}N$ -взаимодействии, но в конечном адронное состояние вносят вклад реакции перераспределения, поглощения и перезарядки продуктов аннигиляции в ядре.

Рождение странных частиц на ядрах ниже порога образования $\Lambda\bar{\Lambda}$ хорошо описывается каскадной моделью. Считается, что единственным источником Λ является перераспределение аннигиляционных мезонов (\bar{K} , π и η), а наибольший вклад в рождение Λ дают такие процессы:

$$\bar{N}N \rightarrow \bar{K}K + m\pi$$

$$\bar{K} + N \rightarrow \Lambda + X,$$

$$\bar{K} + N \rightarrow \Sigma^0 + X,$$

$$\bar{K} + N \rightarrow \Sigma^\pm + X,$$

$$\Sigma^\pm + N \rightarrow \Lambda + N.$$

Таким образом, при аннигиляции на одном нуклоне ($B=0$) странность образуется напрямую только через рождение $K\bar{K}$ пар, а выходы Λ увеличиваются за счет того, что ядро является эффективным преобразователем "каонной" части взаимодействия в Λ и Σ -гипероны.

При импульсах порядка нескольких ГэВ в таких моделях появляются неопределенности в описании, связанные с недостаточным знанием характеристик аннигиляционных частиц и сечений их взаимодействия с нуклонами ядра. Модели же, описывающие взаимодействия антиядер с ядрами, практически отсутствуют.

В конце главы коротко затрагиваются результаты, полученные при исследовании ядро-ядерных столкновений. Для AA -взаимодействий было показано, что число поглощаемых кварков налетающего адрона непосредственно связано с наблюдаемой множественностью выбитых из ядра протонов N_p , и что образование Λ -частиц является признаком событий с более развитым внутриядерным каскадом.

Вторая глава полностью посвящена методическим вопросам, связанным с постановкой эксперимента для изучения образования нейтральных странных частиц на антинейтронном пучке. В ней также дан обзор программного обеспечения, специально разработанного для данного эксперимента.

Экспериментальные данные были получены на ускорителе ИФВЭ с помощью 2х-метровой жидководородной пузырьковой камеры "Людмила". Техническим новшеством была установка в камеру внутренней трековчувствительной мишени (ВТМ), созданной специально для иссле-

дований на антидейтронном пучке. Мишень заполнялась жидким дейтерием и работала как самостоятельная пузырьковая камера. Ранее, с помощью этой установки исследовались $\bar{d}p$ - и $\bar{d}d$ -взаимодействия.

Основная сложность при создании сепарированного пучка антидейтронов заключалась в их малом сечении образования. При энергии ускорителя У-70 выходы антидейтронов, антипротонов и π^- -мезонов соотносятся между собой примерно как $10^{-6} : 10^{-3} : 1$. Максимум выхода антидейтронов лежит в интервале импульсов (11-13) ГэВ/с, что и определило импульс 12,2 ГэВ/с, на который был настроен канал.

Для подавления нежелательного адронного фона была применена двухступенчатая схема ВЧ-сепарации. Несмотря на высокую степень подавления нежелательного адронного фона, в составе пучка была заметна примесь π^- -мезонов².

Появление первых данных по образованию V^0 в $\bar{p}A$ -взаимодействиях стимулировало продолжение экспериментов на пучке антидейтронов по исследованию рождению нейтральных странных частиц в антидейтрон-ядерных взаимодействиях с целью обнаружения эффектов, сходных с наблюдавшимися в антипротон-ядерных соударениях. Поиск нейтральных странных частиц был проведен во взаимодействиях антидейтронов с ядрами дейтерия, углерода и свинца.

Корпус ВТМ был выполнен из оптически прозрачного материала — поликарбоната (лексана $H_{14}C_{16}O_3$) и частично окружен свинцовыми пластинами. Свинцовые пластины и лексановые стенки являлись мишенью для взаимодействия с ними пучковых антидейтронов. Большие размеры камеры позволяли регистрировать V^0 -частицы с хорошей эффективностью.

Обработка событий с нейтральными странными частицами включала следующие этапы: предварительный отбор и измерение событий; обсчет измеренных событий по программам геометрической реконструкции и кинематического анализа; формирование ленты суммарных результатов. Производился двукратный просмотр фильмового материала, сверка и зарисовка части событий. Все события с V^0 -частицами были измерены. Просмотренный фильмовый материал составил около 140 тыс. стереокадров.

Программа геометрического и кинематического анализа была созда-

²В рабочих условиях в камеру вводилось $0,3 \pm 0,8$ антидейтронов в цикл при адронном фоне (30-40)% и числе фоновых мюонов около трех частиц на цикл.

на на основе ряда модулей, входящих в систему ГИДРА. К особенностям реконструкции относилась работа с большими множественностями вторичных частиц и необходимость точно восстанавливать невидимую вершину³.

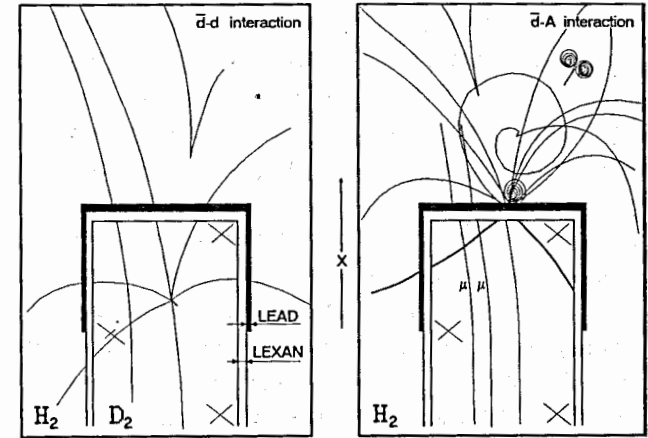


Рис.1. Показаны типичные примеры $\bar{d}d$ - и $\bar{d}A$ -взаимодействий в установке.

Для V^0 -частицы предполагались такие каналы распада (конверсии):

$$\begin{aligned} K_s^0 &\rightarrow \pi^+ + \pi^-, \\ \Lambda &\rightarrow p + \pi^-, \\ \bar{\Lambda} &\rightarrow \bar{p} + \pi^+, \\ \gamma &\rightarrow e^+ + e^-. \end{aligned}$$

В основу процессора кинематического фита был положен известный алгоритм метода наименьших квадратов при наличии уравнений связи с использованием неопределённых множителей Лагранжа.

После получения результатов геометрической реконструкции треков события, производилась их идентификация по видимой ионизации.

Для работы с получаемыми наборами данных использовались многочисленные служебные программы. В этой главе подробно описаны все их особенности. Также дается анализ потерь событий при прохождении через цепочку обработки.

³Метод, точно восстанавливающий положение невидимой вершины взаимодействия, был основан на вычислении координат вершины как точки пересечения продолжения проекций видимых частей треков взаимодействия.

Третья глава посвящена анализу данных по инклюзивным выходам K_s^0 - и Λ -частиц и отношениям сечений их образования R_{Λ/K_s^0} во взаимодействиях антидейтронов с ядрами дейтерия, углерода и свинца.

Для разделения неоднозначно идентифицированных V^0 - частиц сравнивались χ^2 - вероятности конкурирующих гипотез, а также распределения по поперечным импульсам частиц распада. Каждой нейтральной странной частице приписывался геометрический весовой фактор ⁴ для учета потерь V^0 - частиц вне эффективного объема камеры. Вводились поправки на нейтральные моды распадов и на потери V^0 при обработке.

Примесь π^- мезонов в антидейтронном пучке была очевидным и **главным** источником систематических ошибок в эксперименте. Вклад от V^0 из π^-A - взаимодействий рассчитывался как с помощью известных экспериментальных данных по образованию нейтральных странных частиц в π^-A - реакциях при близких энергиях, так и при помощи Монте - Карло моделирования этих реакций при импульсе π^- - мезонов 12,2 ГэВ/с.

- Моделирование π^-A - взаимодействий производилось при помощи Монте-Карло генератора адрон - ядерных событий FRITIOF.
- Вычисление абсолютного значения величины примеси π^- - мезонов в пучке основывалось на подсчете числа событий с быстрыми антипротонами - спектаторами в камере и вычислении отношения числа таких событий ко всем неупругим взаимодействиям.
- Данные по полным неупругим сечениям взаимодействий π^- - мезонов с ядрами при 12,2 ГэВ/с были получены интерполяцией известных экспериментальных данных.
- Полные неупругие сечения взаимодействий антидейтронов с ядрами, сечение реакции \bar{p} -стриппинга на ядрах и их A -зависимость известны из эксперимента. Независимо, эти сечения были получены нами и в модели глауберовского типа.

Некоторые сложности возникали при расчетах сечений взаимодействий π^- - мезонов и антидейтронов с лексаном. Вероятности взаимодействия антидейтрона с различными ядрами в составе лексана соотносятся как $P(C/O/N) = 0,74 / 0,17 / 0,09$, т.е. большинство взаимодействий происходит на ядрах углерода или кислорода.

⁴Средние геометрические веса составили : 1,43 для K_s^0 , 1,39 для Λ , и 1,42 для $\bar{\Lambda}$.

Из совместного анализа экспериментальных данных по выходам V^0 - частиц и данных о вкладе фоновых π^-A - взаимодействий были получены относительные выходы V^0 в "чистых" $\bar{d}A$ - взаимодействиях. Ошибки получаемых результатов вычислялись методом численного моделирования.

В Табл. 2 приведены значения отношения

$$R_{\Lambda/K_s^0} = \frac{N(\Lambda) + N(\Sigma^0)}{N(K_s^0)}$$

Таблица 2

	$\bar{d}-d$	$\bar{d}-C'$	$\bar{d}-Pb$
R_{Λ/K_s^0} все события	0,89±0,17	1,11±0,32	1,98±0,33
R_{Λ/K_s^0} с \bar{p} -спектатором	0,59±0,23	0,63±0,28	0,93±0,40
R_{Λ/K_s^0} "центральные" события	2,13±0,83
$R_{\Lambda/\Lambda}$ все события	0,68±0,13	0,26±0,09	0,03±0,01

Приведенные значения R_{Λ/K_s^0} показывают, что в случае $\bar{d}A$ взаимодействий наблюдается повышенный выход Λ - частиц, сравнимый с выходом K_s^0 для легких ядер и заметно превышающий его для ядра свинца.

В событиях же с антипротоном - спектатором выход Λ - частиц не превосходит выход K_s^0 , и значения R_{Λ/K_s^0} всегда систематически ниже. Это согласуется с идеей о роли ядерной среды в увеличении выходов Λ - гиперонов. Действительно, в такой реакции взаимодействие другого антинуклона происходит в области меньшей плотности нуклонов, чем в центре ядра, а из простых геометрических соображений понятно, что образовавшиеся частицы с большой вероятностью могут вылетать из ядра без взаимодействия и не образуя каскадов.

Значения R_{Λ/K_s^0} , полученные на антидейтронном пучке, мало отличаются от антипротонных данных (см. Табл.1), так как в антидейтроне антинуклоны находятся в среднем слишком далеко друг от друга, чтобы можно было ожидать некоей заметной "интерференции" взаимодействий в ядре от обоих нуклонов. Скорее всего, они не сильно отличаются от простой суперпозиции $\bar{N}A$ - взаимодействий.

Данные для дейтерия, C^{12} и Pb^{207} вместе с данными для других ядер подтверждают очень слабую зависимость R_{Λ/K_s^0} от массы ядра мишени. Отношение R_{Λ/K_s^0} мало зависит и от импульса антинуклона.

Значительный диффузный мюонный фон в пучке не позволял получить абсолютные значения неупругих сечений антидейтрона с ядрами. Вычислялись относительные выходы $R_{K_s^0}$ и R_{Λ} , нормированные на полное число зарегистрированных антидейтрон-ядерных взаимодействий. Эти результаты приведены на Рис.2.

Зависимость относительных выходов Λ и K_s^0 от массы ядра мишени отличается в реакциях с \bar{p} -спектатором и без него. Рост выходов Λ и K_s^0 в "периферических" взаимодействиях происходит практически одинаковым образом, но для событий без спектатора выходы Λ увеличиваются быстрее, чем выходы K_s^0 . Видимо, на краю ядра условия для образования Λ в каскаде менее выгодны, чем при "центральной" соударении. В то же время, прицельный параметр соударения не должен влиять на относительные выходы K - мезонов, если они образуются в основном в первичном $\bar{N}N$ - взаимодействии.

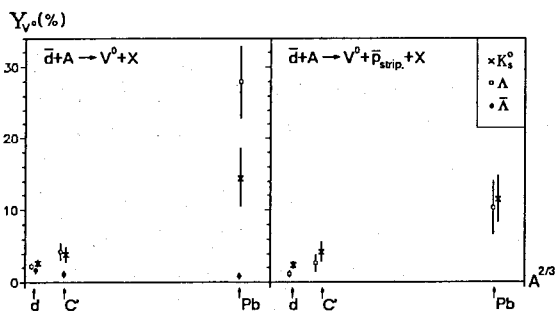


Рис.2. Относительные выходы K_s^0 , Λ и $\bar{\Lambda}$ - частиц для различных ядер в $\bar{d}A$ - взаимодействиях. Отдельно показаны случаи событий с выделенным во взаимодействии антипротоном - спектатором и без него. Массы ядер мишени отмечены на оси абсцисс как $A^{2/3}$.

Четвертая глава посвящена результатам анализа быстротных распределений и импульсных спектров V^0 - частиц. Затрагивается вопрос о связи характеристик V^0 с заряженными частицами в событии⁵.

На Рис.3. показаны относительные выходы $R_{K_s^0}$ и R_{Λ} как функции полной множественности, а также множественностей n_s и n_h заряженных частиц для лексановой и свинцовой мишеней.

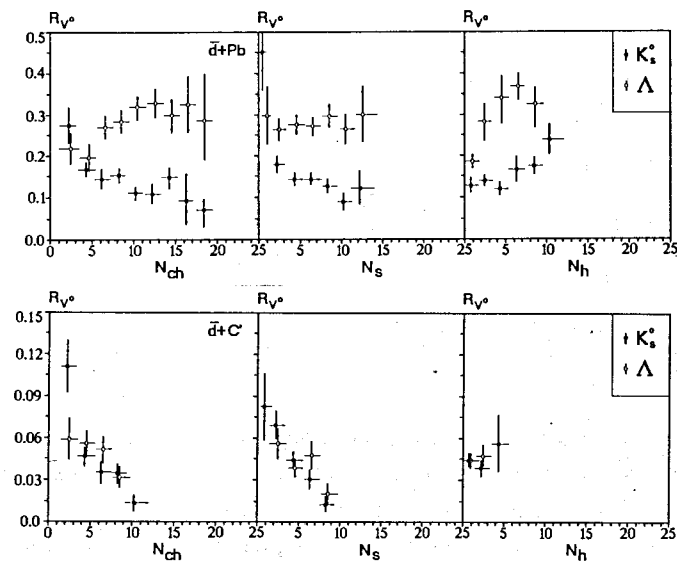


Рис.3

Во взаимодействиях на углероде характер зависимостей R_{V^0} от $N_{ch,s,h}$ практически схож для Λ и K_s^0 , в то время как для ядер свинца поведение этих зависимостей существенно различается.

На Рис.4. представлены двумерные распределения $Y_1^* - p_t$ для K_s^0 - мезонов и Λ в $\bar{d}Pb$ - взаимодействиях. Сплошными линиями показаны кинематические границы для K_s^0 в реакции $\bar{N}N \rightarrow K_s^0 \Lambda \bar{N}$, и для Λ в реакции $\bar{N}N \rightarrow \Lambda \bar{\Lambda}$. (Y_1^* — быстрота V^0 в с.д.м. $\bar{N}N$).

Наблюдаемые K_s^0 - мезоны лежат в пределах допустимых кинематических границ и равномерно распределены внутри разрешенной области. Распределение Λ не только сдвинуто в область малых быстрот, но также и заметная часть частиц оказывается за пределами области,

⁵В анализе частицы разделяются на "s"- частицы и "h"- частицы со скоростями $\beta > 0,7$ и $\beta < 0,7$, соответственно. Нижняя граница импульса частиц, наблюдаемых в установке, составляла ~ 200 МэВ/с.

разрешенной для $\bar{N}N$ - взаимодействий. Доля таких частиц возрастает с увеличением массы ядра, и в $\bar{d}Pb$ - взаимодействиях около 35% всех Λ выходят за пределы однонуклонной кинематики. При обсуждении быстрой распределений V^0 в диссертации дается критика концепции тяжелых "эффективных мишеней".

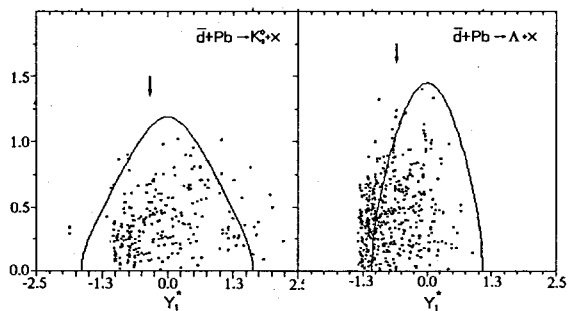


Рис.4. Распределения $Y_1^* - p_i$. Стрелками отмечены средние значения распределений по быстрой.

При анализе данных по множественностям был обнаружен повышенный выход медленных частиц в событиях с Λ - гипероном, что согласуется с модельными предсказаниями и свидетельствует об определяющей роли внутриядерных каскадов в образовании Λ на ядре.

Из анализа импульсных спектров V^0 - частиц были получены параметры наклона импульсных спектров V^0 ("ядерные температуры"). В $\bar{d}Pb$ - взаимодействиях они оказались равными 158 ± 12 МэВ для K_s^0 и 119 ± 9 МэВ для Λ . Это не превосходит значений, полученных в ядро-ядерных взаимодействиях при близких энергиях и заметно ниже реалистической оценки "температуры" фазового перехода в ядрах.

В заключении сформулированы основные выводы диссертации.

1. Была разработана методика обработки пленочной информации в антидейтрон-ядерном эксперименте. Создан комплекс программ для эффективной реконструкции и анализа событий с V^0 - частицами, а также ряд служебных программ для работы с получаемыми данными.

2. Впервые получены экспериментальные данные по выходам нейтральных странных частиц во взаимодействиях антидейтронов с ядрами дейтерия, углерода и свинца при импульсе 12,2 ГэВ/с.

- Сечение образования Λ сравнимо с сечением образования K_s^0 уже для ядра дейтерия, и для свинца составляет заметную долю полного неупругого сечения. Отношения сечений R_{Λ/K_s^0} для тяжелого ядра на порядок превышают значения, ожидаемые из $\bar{N}N$ - взаимодействий.

- Наблюдение быстрого антипротона - спектатора позволило выделить класс событий, обогащенных взаимодействиями антинуклона на краю ядра - мишени. Выход Λ -частиц в таких взаимодействиях подавлен. В то же время периферичность взаимодействия слабо влияет на выходы K_s^0 -мезонов. Эти наблюдения согласуются с предположением об образовании Λ во вторичных взаимодействиях внутри ядра.

- Различие в относительных выходах Λ в периферических и непериферических взаимодействиях в $\bar{d}d$ - взаимодействиях свидетельствует о заметном вкладе процессов перерасеяния в образование Λ -частиц даже для такого простого ядра, как дейтрон.

- В пределах ошибок эксперимента не наблюдались какие - либо необычные эффекты, связанные с одновременным взаимодействием обоих антинуклонов антидейтрона в ядре.

- Совокупный анализ данных $\bar{p}A$ - и $\bar{d}A$ - экспериментов позволяет сделать вывод о независимости отношения выходов R_{Λ/K_s^0} от импульса антинуклона. Подтверждено предположение о слабом росте R_{Λ/K_s^0} в зависимости от массы ядра-мишени.

- Обнаружено большое отличие сечений рождения $\bar{\Lambda}$ - и Λ -гиперонов в $\bar{d}A$ - взаимодействиях. Для ядер свинца $R_{\bar{\Lambda}/\Lambda} = 3 \cdot 10^{-2}$.

3. Впервые получены экспериментальные данные по импульсным и быстрой спектрам V^0 - частиц и их связи с множественностями заряженных частиц в $\bar{d}A$ - взаимодействиях.

- В быстрой распределениях Λ - гиперонов было обнаружено сильное отклонение от ожидаемого для однонуклонной кинематики, в особенности для взаимодействий на ядре свинца. Такие ярко выраженные кинематические особенности не наблюдалось для K_s^0 - мезонов. Это свидетельствует о том, что большая часть Λ образуется на тяжелом ядре не непосредственно в $\bar{N}N$ - соударениях.

- Значения температурного параметра T_0 для V^0 в $\bar{d}A$ - взаимодействиях не превосходят значений, полученных в $\bar{p}A$ - взаимодействиях; эти значения заметно ниже предполагаемой оценки температуры образования кварк - глюонной плазмы.

- Наблюдается увеличение выходов Λ с увеличением выходов медленных заряженных частиц (h - частиц) во взаимодействии. Это

указывает на более сильное развитие внутриядерных каскадов в событиях с Λ -гиперонами. Зависимости выходов V^0 от множественности заряженных частиц также свидетельствуют о принципиально разных механизмах образования K_s^0 и Λ в антинуклон – ядерных реакциях.

Работы, положенные в основу диссертации :

1. Батюня Б.В., Богуславский И.В., Граменицкий И.М., Медведь К.С., Шимковицева И.Б., Кока К., Брунцко Д., Андреев В.Ф., Баранов П.С., Левонян С.В., "Методические вопросы измерения и обработки антидейтрон-ядерных взаимодействий на материалах установки "Людмила" с внутренней трекоувствительной мишенью", Сообщение ОИЯИ Р1-89-519, Дубна, 1989.

2. Брунцко Д., Граменицкий И.М., Дирнер А., Медведь К.С., Шимковицева И.Б., "Программа геометрической реконструкции и кинематического анализа антидейтрон-ядерных взаимодействий для установки "Людмила" , Сообщение ОИЯИ Б1-1-91-101, Дубна, 1991.

3. Брунцко Д., Граменицкий И.М.; Дирнер А., Медведь К.С., Шимковицева И.Б., "Пакет служебных программ для обработки данных просмотра и измерения антидейтрон-ядерных взаимодействий на материалах установки "Людмила" , Сообщение ОИЯИ Б1-1-91-102, Дубна, 1991.

4. Coca C., Bruncko D., Gramenitsky I.M., Medved K.S., "Neutral strange particle production in antideuteron – nuclei interactions at 12.2 GeV/c", in Proc. of the Workshop on Nucleon – Antinucleon Interactions NAN-91" (Moscow, 1991) ЯФ, т.55, вып.11 (1992), стр. 3141.

5. Batyunya B.V., Boguslavsky I.V., Bruncko D., Coca C., Gramenitsky I.M., Medved K.S., Ponta T., Simkovicova I.B., "Neutral Strange Particles Yields and Production Ratios in Antideuteron – Nuclei Interactions at 12.2 GeV/c", Сообщение ОИЯИ Е1-93-20, Dubna, 1993.

6. Batyunya B.V., Boguslavsky I.V., Bruncko D., Coca C., Gramenitsky I.M., Medved K.S., Ponta T., Simkovicova I.B., "Inclusive Production of Neutral Strange Particles in Antideuteron-Nuclei Interactions at 12.2 GeV/c", JINR Rapid Communications 2(59)-93, p.22, Dubna, 1993.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 февраля 1995 года.