

К-71

1-84-297

КОСАРЕВ  
Иван Григорьевич

ПОЛЯРИЗАЦИЯ  $\Delta^{\circ}$ -ГИПЕРОНОВ,  
РОЖДЕННЫХ В ИНКЛЮЗИВНЫХ ПРОЦЕССАХ  
НЕЙТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 40 ГЭВ  
НА ЯДРАХ УГЛЕРОДА

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий и Серпуховском научно-экспериментальном отделе Объединённого института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник

ЛИХАЧЁВ  
Михаил Фёдорович

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник

ГРИГАЛАШВИЛИ  
Тамаз Сергеевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук  
старший научный сотрудник

БОЛОТОВ  
Владимир Николаевич

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник

МАТУЛЕНКО  
Юрий Альфонсович

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Лаборатория фотомезонных процессов ФИ им. П.Н. Лебедева АН СССР.

Защита диссертации состоится "14" 09 1984 года в "      " часов на заседании Специализированного совета Д.047-01-02 при Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области, Лаборатория высоких энергий, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "12" 02 1984 г.

Ученый секретарь  
Специализированного совета

*М.Ф. Лихачёв*

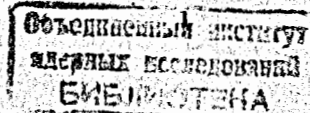
М.Ф. ЛИХАЧЕВ

Актуальность темы. Исследование поляризационных явлений в сильных взаимодействиях является одной из важных задач современной физики элементарных частиц. До недавнего времени считалось, что учёт спиновых эффектов в столкновениях частиц высоких энергий приведет лишь к незначительному усложнению в описании процессов взаимодействий. Но уже первые эксперименты по изучению спиновых характеристик рождения  $\Lambda^0$ -гиперонов в инклюзивных процессах привели к пониманию, что они играют существенную роль во взаимодействиях частиц и при высоких энергиях. До сих пор это физическое явление остается актуальной задачей как для теоретиков, так и для экспериментаторов. Экспериментальные данные об энергетической зависимости поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов количественно противоречивы. Совокупность одних указывает на уменьшение поляризации  $\Lambda^0$  с ростом энергии налетающих частиц. Другие, как например эксперименты, выполненные в  $pp$ -столкновениях на  $ISR$  при  $\sqrt{s} = 53$  и  $62$  ГэВ, т.е. при энергиях  $\sim 2000$  ГэВ, показывают на высокое значение поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов. Все ещё остаётся неясным и поведение поляризации  $\Lambda^0$  в зависимости от сорта взаимодействующих частиц. Результаты некоторых работ, взятые в совокупности, указывают на существенную зависимость поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов от сорта налетающих частиц. Например, в  $\pi^-$ -пучке с энергией 40 ГэВ на пропане получены более высокие значения поляризации  $\Lambda^0$ , чем в протонных пучках, а в реакции  $K^+p \rightarrow \Lambda^0 X$  при энергиях  $K^+$ -мезонов 13 и 32 ГэВ наблюдалась нулевая поляризация. Экспериментальной информации о поляризации инклюзивных  $\Lambda^0$ -гиперонов, рожденных в пучках нейтральных частиц, почти нет. В связи с этим актуальной задачей является получение экспериментальных данных о поляризации инклюзивных  $\Lambda^0$ -гиперонов, рожденных нейтронами при энергиях серпуховского ускорителя в области значений поперечных импульсов  $\Lambda^0$  до  $\sim 1$  ГэВ/с.

Цель работы. Экспериментальное определение поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов, рожденных в пучке нейтронов с энергией около 40 ГэВ на ядрах углерода, для различных значений поперечных импульсов  $\Lambda^0$ -гиперонов в интервале  $0+1,2$  ГэВ/с.

Научная новизна работы. Впервые получены экспериментальные данные о поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов, рожденных во взаимодействиях нейтронов со средней энергией 40 ГэВ с ядрами углерода в зависимости от поперечных импульсов  $\Lambda^0$ -гиперонов  $/3-5/$ .

Практическая ценность работы. Результаты диссертации о поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов приведены в докладе профессора С.Б. Нурушова на Международном симпозиуме по поляризационным явлениям в физике высоких энергий (Дубна, СССР, ноябрь 1981 г.) и могут быть ис-



пользованы для выбора теоретических моделей, описывающих спиновые явления при высоких энергиях, а также при планировании и проведении новых экспериментов, в том числе в этом же пучке нейтронов, но на других ядрах мишени.

Результаты измерения импульсного спектра нейтронов нашли применение в работах сотрудничества БИС-2 при исследовании рождения странных гиперонов, очарованных барионов и диссоциации нейтронов в системе  $\Lambda^0 K^0 X$ .

Созданные математические программы обработки и анализа данных на ЭВМ использовались сотрудничеством БИС-2 при анализе экспериментальных данных о рождении очарованных частиц  $X$ .

Результаты измерения спектра нейтронов и математические программы обработки используются сотрудничеством БИС-2 при изучении характеристик адронного рождения очарованных частиц.

**Апробация работы:** Основные результаты диссертации докладывались на XX и XXI Международных конференциях по физике высоких энергий (Мэдисон, 1980 г.; Париж, 1982 г.), на семинаре по спиновым явлениям в физике высоких энергий (Протвино, ИФВЭ, 1982 г.), на совещаниях сотрудничества по установке БИС-2, на семинарах ЛВЭ ОИЯИ.

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 5 работах, список которых приведен в конце автореферата.

**Объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав и трёх приложений. Она содержит 86 страниц, включая 28 рисунков, 7 таблиц и библиографический список литературы из 48 наименований.

#### Автор защищает:

1. Экспериментальные данные о поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов, рожденных в инклюзивных процессах нейтронами со средней энергией 40 ГэВ на ядрах углерода в интервале поперечных импульсов  $\Lambda^0$ -гиперонов от 0 до 1,2 ГэВ/с.

2. Экспериментальные данные о характеристиках пучка нейтронов в канале 4Н серпуховского ускорителя.

3. Комплекс математических программ для обработки и анализа этих экспериментальных данных на ЭВМ ЕС-1040.

#### Содержание

Во введении приводится обзор основных экспериментальных данных о поляризации инклюзивно рожденных  $\Lambda^0$ -гиперонов в адрон-адронных взаимодействиях при высоких энергиях, отмечается актуальность проблемы, которой посвящена диссертация и сформулирована основная цель работы: получение экспериментальных данных о поляризации инклюзивных  $\Lambda^0$ -гиперонов, рожденных в нейтронном пучке при средней энер-

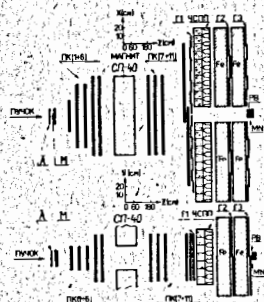
<sup>X/</sup>Алеев А.Н. и др. ЯФ, 1983, 37, с.1474; ОИЯИ, Р1-82-353, Дубна, 1982; Preprint PHE 83-5, Berlin-Zeuthen, 1983.

гии 40 ГэВ в зависимости от перпендикулярного импульса в интервале от 0 до 1,2 ГэВ/с.

**Первая глава** диссертации посвящена описанию экспериментальной установки, условиям проведения эксперимента и накоплению первичных данных.

Эксперимент выполнен на серпуховском ускорителе с помощью бесфильмового спектрометра БИС-2 на линии с ЭВМ ЕС-1040.

Блок-схема расположения экспериментальной аппаратуры БИС-2 на канале 4Н серпуховского ускорителя приведена на рис.1. Основу спект-



**Рис.1.** Схема расположения аппаратуры БИС-2 на пучке нейтронов серпуховского ускорителя. А - сцинтилляционный счётчик; М - мишень из углерода  $\phi 5$  см и толщиной  $6,24$  г/см<sup>2</sup> или два сцинтилляционных счётчика  $4 \times 6$  см<sup>2</sup>, толщиной  $3$  см каждый; ПК - проволочные двухкоординатные пропорциональные камеры; СП-40 - спектрометрический магнит; Г - сцинтилляционные годоскопы; ЧСП - черенковские годоскопы полного поглощения (детектор гамма-квантов и электронов); МН - монитор потока нейтронов.

рометра составляют магнит СП-40 и система из II двухкоординатных пропорциональных камер (ПК) и сцинтилляционного годоскопа (Г) <sup>I/</sup>. Для регистрации и идентификации электронов, позитронов и гамма-квантов в состав спектрометра входят черенковский ливневый детектор-годоскоп (ЧСП), а для регистрации и идентификации мюонов - детектор мюонов, состоящий из железных поглотителей и сцинтилляционных годоскопов Г2 и Г3. Гамма-кванты удаляются из пучка нейтронов свинцовым гамма-фильтром толщиной 10 см, расположенным в головной части канала 4Н, а заряженные частицы - магнитным полем очищающего магнита, расположенного сразу за гамма-фильтром. Гамма-кванты использовались в контрольных экспериментах. Небольшая примесь заряженных частиц в пучке нейтронов исключается из эксперимента счётчиком антисовпадений А. Поток нейтронов контролируется нейтронным монитором МН, состоящим из трёх счётчиков диаметром 120 мм и толщиной сцинтилляторов - 1 см. Между первым и вторым счётчиками располагалась свинцовая пластина толщиной 4 мм ( $4,54$  г/см<sup>2</sup>). При этом первый счётчик включен на антисовпадения с двумя последними, которые регистрируют вторичные заряженные частицы от взаимодействий нейтронов с ядрами свинца.

Принтегрированные импульсы с нейтронного монитора выполняют функции индикатора синхронной работы спектрометра и ускорителя. В спектрометре БИС-2 используется спектрометрический магнит СП-40 с эффективной длиной поля 200 см и апертурой  $(100 \times 29) \text{ см}^2$ . Магнитное поле спектрометра в эксперименте изменяло поперечную составляющую импульса заряженных частиц, регистрируемых спектрометром, на 0,64 ГэВ/с.

В эксперименте использовались два образца мишеней: первый – углеродная пластинка диаметром 5 см и толщиной  $6,24 \text{ г/см}^2$  (в первом сеансе), второй – два сцинтилляционных счётчика с размерами  $4 \times 6 \text{ см}^2$  и толщиной 3 см каждый (во втором сеансе). Чтобы исключить возможные систематические погрешности результатов эксперимента, первичные данные набирались с вектором магнитного поля в магните СП-40, направленным как "вверх", так и "вниз". С этой же целью в разных сеансах были разными расстояния между мишенью и центром магнита СП-40, что приводило к изменению распадной зоны для  $\Lambda^0$  и эффективной апертуры спектрометра. Спектрометр работал на линии с ЭВМ ЕС-1040. С помощью ЕС-1040 вся информация со спектрометра записывалась на магнитные ленты и осуществлялся оперативный контроль за работой БИС-2. Скорость записи информации составляла до 100 многоручевых ( $n \geq 4$ ) событий в секунду. На магнитные ленты было записано  $5,3 \cdot 10^6$  и  $4,6 \cdot 10^6$  взаимодействий нейтронов с ядрами углерода в первом и втором сеансах.

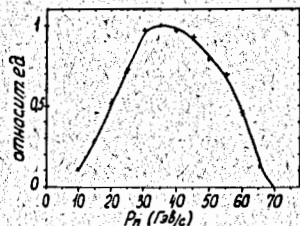


Рис.2. Импульсный спектр пучка нейтронов в канале 4Н серпуховского ускорителя.

Экспериментальные данные об импульсном спектре нейтронов (рис.2) были получены при специальном облучении установки БИС-2 на ускорителе, в котором регистрировались вторичные протоны от перезарядки нейтронов на квазисвободных протонах ядра углерода  $^{12}\text{C}$ . Из анализа данных  $\gamma \rightarrow e^+e^-$  были оценены угловые характеристики пучка нейтронов, которые представлены в Приложении I.

Во второй главе приводятся основные соотношения, используемые для вычисления поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов, описывается процедура выделения  $\Lambda^0$ -гиперонов из первичных данных по распадам на протон и отрицательный пион, приводятся импульсные характеристики зарегистрированных  $\Lambda^0$ -частиц, описывается процедура вычисления поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов из экспериментальных данных с учётом акцептанса БИС-2 и наличия в экспериментальных данных фоновых событий, приводятся данные о величинах поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов в зависимости от их перпендикулярного импульса.

В эксперименте заряженные адроны не идентифицировались по массам.  $\Lambda^0$ -гипероны выделялись в виде узкого пика в спектре эффективных масс двух заряженных частиц в предположении, что одна из них протон, а вторая – отрицательный пион. В результате анализа  $9,9 \cdot 10^6$  первичных событий, обработанных первоначально по программам геометрической реконструкции треков, было отобрано 83705 кандидатов в  $\Lambda^0$ -гипероны. Более подробно информация о статистическом материале эксперимента и о математической программе анализа данных изложена в Приложении II диссертации. Распределения 83705 кандидатов в  $\Lambda^0$  по эффективной массе ( $M(p\pi^-)$ ), продольному ( $P_L$ ) и поперечному ( $P_T$ ) импульсам показаны на рис.3. Разрешение ( $\delta$ ) по эффективной массе для  $\Lambda^0$  составляет  $1,9 \text{ МэВ}/c^2$ . Все эти события были использованы для определения поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов.

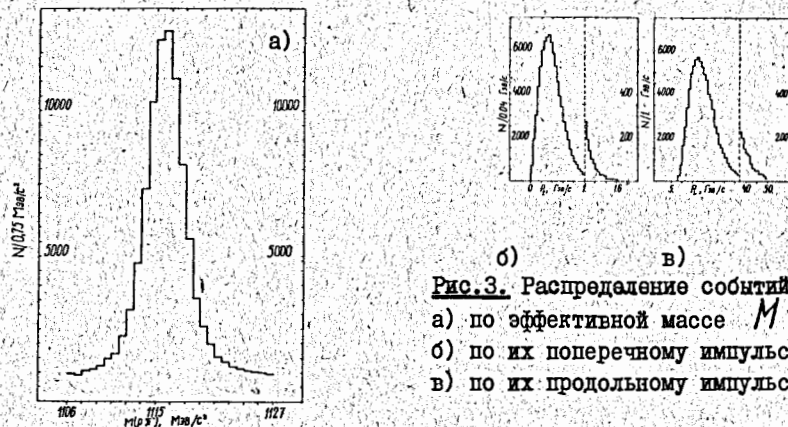


Рис.3. Распределение событий: а) по эффективной массе  $M(p\pi^-)$ ; б) по их поперечному импульсу; в) по их продольному импульсу.

Поскольку  $\Lambda^0$ -гиперон распадается по слабому взаимодействию на протон и отрицательный пион, то его поляризация может быть определена посредством исследования угловых характеристик продуктов его распада. Если  $\Lambda^0$ -гиперон рождается поляризованным относительно, например, нормали к плоскости рождения, то распределение отрицательных пионов, возникающих при распаде  $\Lambda^0$ -гиперонов, в зависимости от  $\cos\theta^*$  описывается следующим соотношением:

$$\frac{dw}{d\cos\theta^*} \propto (1 - dP\cos\theta^*), \quad (I)$$

где  $\theta^*$  – угол между нормалью к плоскости рождения  $\Lambda^0$  и направлением вылета пиона в системе покоя  $\Lambda^0$ -гиперона,  $d = 0,642$  – параметр асимметрии в распадах  $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$  или спиральность распадного баркона для неполяризованных гиперонов,  $P$  – величина поляризации. Экспериментальные распределения числа  $\pi^-$  от распада  $\Lambda^0$  в зависимости от  $\cos\theta^*$  использовались в нашем эксперименте  $^{13+5/}$  для

определения поляризации  $\Lambda^0$ . При этом для получения распределений числа пионов в зависимости от  $\cos\theta^*$  использовалась следующая ортогональная система координат в системе покоя продуктов распада. Направление оси ординат определяет вектор, перпендикулярный к плоскости рождения  $\Lambda^0$ , т.е.  $\vec{Y} = \frac{[\vec{P} \times \vec{P}_\Lambda]}{|\vec{P} \times \vec{P}_\Lambda|}$ , где  $\vec{P}$  - единичный вектор вдоль направления полета нейтрона и  $\vec{P}_\Lambda$  - импульс  $\Lambda^0$ -гиперона в лабораторной системе координат. Направление оси  $X$  определяет вектор  $\vec{P}_\Lambda$ , а направление оси абсцисс выбрано так, чтобы система координат была правой.

В выбранной системе координат, в которой  $\Lambda^0$ -гиперон покоится:

$$\cos\theta^* = (\vec{Y} \cdot \vec{P}_\pi) / |\vec{P}_\pi|, \quad (2)$$

где  $\vec{P}_\pi$ ,  $\vec{P}_\pi^*$  - импульсы пиона от распада  $\Lambda^0$ -гиперона в лабораторной системе координат и в системе покоя  $\Lambda^0$ -гиперона, соответственно.

Величины поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов были определены независимо для шести различных, но одинаковых по величине интервалов поперечных импульсов  $\Lambda^0$ -гиперонов.

Чтобы восстановить первоначальный вид угловых распределений пионов от распада  $\Lambda^0$ , необходимо было устранить искажения этих распределений экспериментально зарегистрированных событий, вызванные наличием в них фоновых событий (см. рис. 3) и искажения, вызванные неоднородностью геометрической эффективности регистрации  $\Lambda^0$ -гиперонов в зависимости от  $\cos\theta^*$ . Поэтому для каждого интервала по  $P_\perp$  (шириной 0,2 ГэВ/с) строились следующие распределения:

- распределение по эффективной массе  $\rho\pi^-$ -системы, с помощью которого определялось содержание фоновых событий под пиком  $\Lambda^0$ ;
- распределение по  $\cos\theta^*$  для событий, лежащих около табличной массы  $\Lambda^0$  в интервале масс

$$1111 \text{ МэВ}/c^2 < M(\rho\pi^-) < 1120 \text{ МэВ}/c^2;$$

- распределение по  $\cos\theta^*$  фоновых событий, лежащих справа и слева от пика  $\Lambda^0$  в спектре эффективных масс  $\rho\pi^-$  в следующих интервалах

$$1105 \text{ МэВ}/c^2 < M(\rho\pi^-) < 1109 \text{ МэВ}/c^2,$$

$$1123 \text{ МэВ}/c^2 < M(\rho\pi^-) < 1127 \text{ МэВ}/c^2;$$

- результатирующее распределение по  $\cos\theta^*$  после вычитания из распределения (б) нормированного числа фоновых событий (распределение (в)).

Нормировка числа фоновых событий под пиком  $\Lambda^0$ -гиперонов сделана в предположении их линейной зависимости от эффективной массы  $\rho\pi^-$  в интервале масс:

$$1127 \text{ МэВ}/c^2 > M(\rho\pi^-) > 1105 \text{ МэВ}/c^2.$$

Геометрическая эффективность регистрации событий в зависимости от  $\cos\theta^*$  была определена моделированием по методу Монте-Карло.

При моделировании в качестве исходных событий использовались экспериментальные события, вошедшие в распределения (б) и (в). Для каждой частицы сохранялись зарегистрированные в эксперименте координаты вершины распада и вектор импульса. Затем в её системе покоя, в указанной выше ортогональной системе координат, разыгрывалось изотропно 100 распадов  $\Lambda^0 \rightarrow \rho\pi^-$ . Продукты распада (протон и пион) испытывались на условия их регистрации спектрометром. События, удовлетворившие этим условиям, заносились в распределения типа (а, б, в).

Чтобы учесть возможный неизотропный распад  $\Lambda^0$ , связанный с наличием поляризации, были получены также некоторые вспомогательные распределения, которые позволили скорректировать и определить эффективность регистрации для всех шести интервалов по  $P_\perp$ . Результирующие формы распределений эффективности регистрации  $\Lambda^0$ -гиперонов как функции от  $\cos\theta^*$  показаны на рис. 4. Подробная процедура моделирования и получения этих распределений и корректность определения эффективности регистрации  $\Lambda^0$ -гиперонов с учётом их реальной поляризации описаны в Приложении III диссертации.

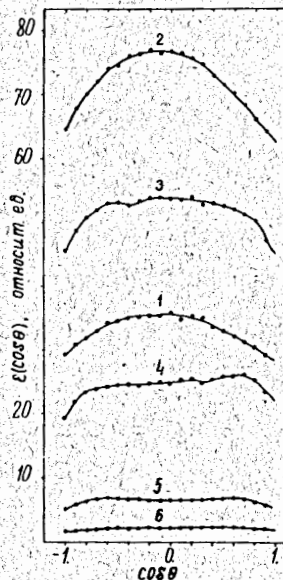


Рис. 4. Эффективность регистрации спектрометром БИС-2  $\Lambda^0$ -гиперонов в зависимости от  $X = \cos\theta^*$  для шести интервалов по перпендикулярному импульсу ( $P_\perp$ )  $\Lambda^0$ -гиперонов. (Относительные единицы). Цифрами обозначены интервалы  $P_\perp$ :

- (0 + 0,2) ГэВ/с;
- (0,2 + 0,4) ГэВ/с;
- (0,4 + 0,6) ГэВ/с;
- (0,6 + 0,8) ГэВ/с;
- (0,8 + 1) ГэВ/с;
- больше 1 ГэВ/с.

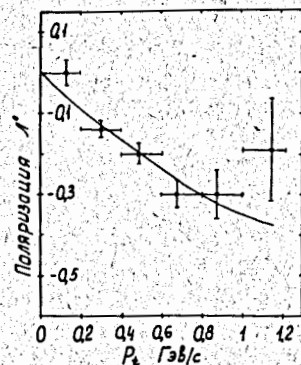


Рис. 5. Поляризация  $\Lambda^0$  в зависимости от  $P_\perp$ . Сплошная линия - аппроксимация данных соотношением (3).

Для каждого из шести интервалов по  $P_\perp$  поляризация  $\Lambda^0$  определялась следующим образом:

а) экспериментально наблюдаемые распределения событий по  $\cos\theta^*$  после вычитания фоновых событий делились на соответствующие эффективности регистрации  $\Lambda^0$ -гиперонов;

б) результирующие распределения аппроксимировались функциями вида  $C_0(1 - \mathcal{P}x)$ , где  $C_0 = \text{const}$ ;  $x = \cos\theta^*$ ;  $\mathcal{L} = 0,642$ ,  $\mathcal{P}$  - искомый параметр, т.е. поляризация  $\Lambda^0$ -гиперонов.

На рис.5 и в таблице I приведены полученные в эксперименте величины поляризации  $\Lambda^0$  для различных интервалов по  $P_t$ . Погреш-

Таблица I

Интервал по $P_t$ (ГэВ/с)	Среднее значение $P_t$ в интервале	Поляризация $\Lambda^0$ -гиперонов	$\chi^2$ на 18 степеней свободы
0 + 0,2	0,13	0,002 ± 0,032	22,3
0,2 + 0,4	0,30	-0,137 ± 0,022	20,5
0,4 + 0,6	0,49	-0,199 ± 0,025	22,1
0,6 + 0,8	0,68	-0,296 ± 0,035	9,4
0,8 + 1,0	0,88	-0,303 ± 0,062	18,5
больше I	1,15	-0,189 ± 0,125	10,6

ности в величинах поляризации даны с учётом процедуры их вычисления и статистики. Экспериментальные данные показывают, что поляризация  $\Lambda^0$ -гиперонов, рожденных нейтронами  $\sim 40$  ГэВ на ядрах углерода в инклюзивных процессах растет с ростом  $P_t$  от нуля при малых  $P_t$  до 0,3 при  $P_t \sim 0,8$  ГэВ/с. Наши данные хорошо описываются соотношением, полученным Амадо Р.Д. и др.  $\mathcal{P}$ :

$$\mathcal{P} = -2m p_t \sin\varphi / [4m^2(1 + \cos\varphi) + p_t^2] \quad (3)$$

при  $m = 1$  ГэВ/с<sup>2</sup> и  $\varphi = 1,41 \pm 0,08$  рад.

В третьей главе описаны контрольные эксперименты: измерения продольной асимметрии в распадах  $\Lambda^0$ -гиперонов на протон и пион относительно направления движения  $\Lambda^0$ -частицы и в распадах

$K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  относительно плоскости рождения каона.

а) Продольная асимметрия  $\Lambda^0$ -гиперонов

Анализ данных по определению продольной асимметрии  $\Lambda^0$  проведен аналогично анализу данных по определению поляризации относительно плоскости рождения  $\Lambda^0$ , с той лишь разницей, что вместо  $\cos\theta^*$  в соотношении (1) использовался

$$\cos\theta_L^* = \frac{(\vec{P}_\Lambda \cdot \vec{P}_\pi^*)}{|\vec{P}_\Lambda| |\vec{P}_\pi^*|}$$

Все остальные обозначения прежние. Продольная асимметрия  $\Lambda^0$ -гипе-

$\mathcal{P}$  Amado R.D. et al. BNL-27052, 1980.

ронов определена так же независимо для тех же шести интервалов по  $P_t$ . Экспериментальные распределения в зависимости от  $\cos\theta_L^*$  были исправлены на эффективности регистрации  $\Lambda^0$ -гиперонов в зависимости от  $\cos\theta_L^*$ , которые затем аппроксимировались функциями  $\propto (1 - \mathcal{P}_L \cos\theta_L^*)$ , где  $\mathcal{P}_L$  - величина продольной асимметрии. В результате проведенного анализа найдено, что во всех интервалах по  $P_t$  величины продольной асимметрии согласуются с нулевым значением (см. таблицу 2). Среднее значение продольной асимметрии  $\Lambda^0$ -гиперонов во всем интервале  $P_t$  от 0 до 1,2 ГэВ/с равно  $-0,002 \pm 0,020$ , что находится в полном соответствии с законом сохранения четности в сильных взаимодействиях.

Таблица 2

Интервал по $P_t$ (ГэВ/с)	Продольная асимметрия	$\chi^2$ на 18 степеней свободы
0 + 0,2	+0,018 ± 0,055	19,3
0,2 + 0,4	+0,022 ± 0,035	21,2
0,4 + 0,6	-0,011 ± 0,040	18,7
0,6 + 0,8	-0,023 ± 0,054	15,5
0,8 + 1,0	-0,064 ± 0,099	19,8
больше I	-0,020 ± 0,128	16,2

б) Асимметрия в распадах  $K_S^0$ -мезонов

Известно, что  $K_S^0$  распадается на  $\pi^+\pi^-$  изотропно. Эксперимент с  $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  выполнен с целью дополнительного ответа на вопрос: "Не вносит ли установка и процедура анализа данных свою асимметрию и не искажаются ли при этом данные о поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов?"

Зарегистрированные в этом же эксперименте  $K_S^0$ -мезоны выделялись в спектре эффективных масс  $\pi^+\pi^-$ . Распределения по эффективной массе, продольному и поперечному импульсу для кандидатов в  $K_S^0$  представлены на рис.6. Разрешение (б) по эффективной массе для  $K^0$  составляет 4,2 МэВ/с<sup>2</sup>. Все эти события были использованы затем для определения асимметрии вылета  $\pi^-$ -мезонов в распадах  $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  относительно плоскости их рождения. Асимметрию в распадах  $K_S^0$  определяли путем аппроксимации экспериментальных распределений в зависимости от  $\cos\theta^*$  функцией вида  $\propto (1 - A \cos\theta^*)$ , где  $\cos\theta^* = (\vec{r} \cdot \vec{P}_\pi^*) / |\vec{P}_\pi^*|$ ;  $A$  - величина асимметрии,  $\vec{P}_\pi^*$  - импульс пиона в системе покоя  $K_S^0$ , остальные обозначения прежние.

Анализ данных по определению асимметрии в распадах  $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  был полностью аналогичен анализу данных по определению поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов. В результате анализа данных найдено, что величины

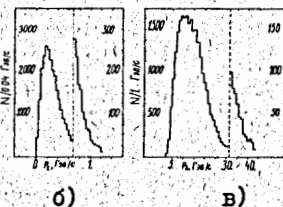
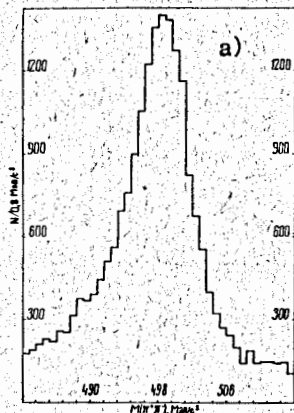


Рис. 6. Распределения событий: а) — по эффективной массе  $M(\pi^+\pi^-)$ ; б) — по их поперечному импульсу, в) по их продольному импульсу.

Таблица 3

Интервал по $P_{\perp}$ (ГэВ/с)	Асимметрия в распадах $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$	$\chi^2$ на 18 степеней свободы
0 + 0,2	$-0,018 \pm 0,029$	19,7
0,2 + 0,4	$0,031 \pm 0,029$	19,3
0,4 + 0,6	$0,040 \pm 0,046$	20,2
0,6 + 0,8	$-0,047 \pm 0,087$	12,7
0,8 + 1,0	$0,030 \pm 0,155$	19,6
больше 1	$-0,028 \pm 0,221$	15,1

параметров  $A$  во всех интервалах по  $P_{\perp}$  согласуются с нулевыми значениями (см. таблицу 3). Средняя величина асимметрии в интервале по поперечному импульсу  $P_{\perp}$  от 0 до 1,2 ГэВ/с равна  $0,007 \pm 0,018$ .

Таким образом, экспериментально установлено, что продольная асимметрия в распадах  $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$  и асимметрия в распадах  $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  отсутствует. Это показывает, что спектрометр и анализ экспериментальных данных не вносят в результаты определения поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов сколь-нибудь существенных систематических погрешностей.

В четвертой главе приводятся наши данные о поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов вместе с данными из других экспериментов и обсуждаются полученные результаты.

Из сравнения наших данных с данными, полученными в протонных пучках, можно сделать следующее заключение:

а) поляризация  $\Lambda^0$ -гиперонов в интервале  $P_{\perp}$  от 0 до 1,2 ГэВ/с растет с ростом  $P_{\perp}$  и достигает величины  $\sim 0,3$  при  $P_{\perp} \sim 0,8$  ГэВ/с;

б) поляризация  $\Lambda^0$ -гиперонов остается высокой ( $\sim 0,2+0,3$  при  $P_{\perp} \sim 0,8$  ГэВ/с) в широком диапазоне энергий от 20 до 2000 ГэВ;

в) наблюдаемые величины поляризации в нашем эксперименте и на встречных протон-протонных пучках находятся в хорошем согласии;

г) различия в величинах поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов в разных экспериментах, по-видимому, в основном связаны с разными неконтролируемыми в экспериментах примесями  $\Lambda^0$  от распадов  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 \gamma$ , вносящих деполаризацию.

В четвертой главе также сформулированы основные результаты, полученные в диссертации, которые выносятся на защиту.

I. Впервые экспериментально определена поляризация  $\Lambda^0$ -гиперонов, рожденных нейтронами  $\sim 40$  ГэВ на ядрах углерода в инклюзивных процессах.

Поляризация  $\Lambda^0$ -гиперонов определена для шести интервалов по поперечному импульсу  $\Lambda^0$  в области значений от 0 до 1,2 ГэВ/с.

Показано, что поляризация  $\Lambda^0$ -гиперонов (как и в других экспериментах, выполненных на других частицах и при других энергиях) растет с ростом поперечного импульса  $\Lambda^0$ , достигая величины  $\sim 0,3$  при  $P_{\perp} \sim 0,8$  ГэВ/с.

Наши результаты, независимо от других, подтверждают вывод о том, что спиновые эффекты играют существенную роль в сильных взаимодействиях и при высоких энергиях и весьма заметны уже при малых поперечных импульсах.

Результаты определения поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов показаны в таблице I и на рис. 5.

Надежность экспериментальных результатов подтверждается следующим:

- высокой статистикой, в эксперименте проанализировано более 83 тысяч  $\Lambda^0$ -гиперонов;
- отсутствием систематических погрешностей в эксперименте; показано, что продольная асимметрия в распадах  $\Lambda^0$ -гиперонов и асимметрия в распадах  $K_S^0$ -мезонов сравнимы с нулевыми значениями, как это следует из теоретических предположений;
- все распределения распадных пионов в системе покоя  $\Lambda^0$ -гиперона относительно перпендикуляра к плоскости рождения  $\Lambda^0$  весьма хорошо описываются линейными функциями типа (I), что является доказательством того, что спин  $\Lambda^0$ -гиперона равен 1/2 (последнее является уже давно и хорошо установленным экспериментальным фактом).

2. Экспериментально определен импульсный спектр и угловые характеристики пучка нейтронов в канале 4Н серпуховского ускорителя.

В этом пучке нейтронов выполнен ряд экспериментов по рождению гиперонов, очарованных частиц и диссоциации нейтронов в  $\Lambda^0 K^0$ . Ведутся поиски адронного рождения очарованных частиц, исследуются характеристики их рождения и распада. Полученные в диссертации характеристики пучка нейтронов используются в перечисленных выше работах.

3. Созданы математические программы для обработки и анализа экспериментальных данных на ЭВМ ЕС-1040, в которых, в частности, используется оригинальная логика моделирования процессов, необходимых для определения эффективности регистрации распадающихся поляризованных частиц с неизвестной заранее и определяемой в эксперименте величиной поляризации.

Комплекс программ успешно используется сотрудничеством БИС-2 при обработке и анализе других экспериментов, ведущихся на пучке нейтронов серпуховского ускорителя.

#### Рекомендации

Рекомендуется продолжить изучение поляризации  $\Lambda^0$ -гиперонов в этом же пучке нейтронов с целью выяснения зависимости поляризации гиперонов от атомного номера мишени.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Г. Айхнер, ... И. Г. Косарев и др. "Бесфильмовый спектрометр БИС-2 и его физические характеристики", ОИЯИ, I-80-644, Дубна, 1980.
2. А. Н. Алеев, ..., И. Г. Косарев и др. "Энергетические спектры гамма-квантов и нейтронов в пучке нейтральных частиц Серпуховского ускорителя (канал 4H)", ОИЯИ, I-81-67, Дубна, 1981.
3. А. Н. Алеев, ..., И. Г. Косарев и др. "Измерение поляризации  $\Lambda^0$ , рожденных в инклюзивных процессах нейтронами с энергией около 40 ГэВ на ядрах углерода". Труды XX Международной конференции по физике высоких энергий, статья 375 (Мэдисон, 1980); ОИЯИ, PI-81-165, Дубна, 1981.
4. А. Н. Алеев, ..., И. Г. Косарев и др. "Поляризация  $\Lambda^0$ , рожденных нейтронами с энергией около 40 ГэВ на ядрах углерода". ЯФ, 37, 1983, с. 1479; ОИЯИ, PI-82-360, Дубна, 1982.
5. А. Н. Алеев, ..., И. Г. Косарев и др. "Поляризация  $\Lambda^0$ , рожденных нейтронами с энергией около 40 ГэВ на ядрах углерода". ОИЯИ, BI-82-760, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел  
29 апреля 1984 года.