

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

13-86-391

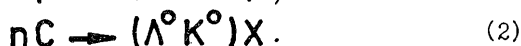
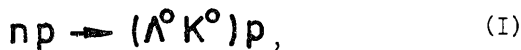
**В.А.Арефьев, И.Н.Какурин, А.Я.Скитева,
Г.Г.Тахтамышев**

**ДЕТЕКТОР ЧАСТИЦ ОТДАЧИ
СПЕКТРОМЕТРА БИС-2 ОИЯИ**

Направлено в журнал "Приборы и техника
эксперимента"

1986

Бесфильмовый спектрометр БИС-2 /1/ предназначен для поиска и изучения узких барионных резонансов, образуемых нейтронами высоких энергий в дифракционных процессах /2,3/. Кроме этих исследований с помощью БИС-2 выполнены эксперименты по изучению процесса диссоциации нейтрона в реакциях:



Для измерения угла вылета протона в реакции (1) использовался детектор частиц отдачи, описанию которого посвящена настоящая работа.

Детектор частиц отдачи (ДЧО), схематически показанный на рис.1, состоит из двух сцинтилляционных годоскопов, внутреннего и внешнего, образующих цилиндрические поверхности и расположенных вдоль оси пучка нейтральных частиц. Между годоскопами, соосно им, размещается фильтр, служащий для торможения протонов отдачи. Фильтр состоит из набора цилиндрических железных обечаек толщиной 4 мм каждая. Количество обечаек ограничивает снизу энергию протонов отдачи, регистрируемых внешним годоскопом ДЧО. Максимальная толщина фильтра составляет 40 мм, что

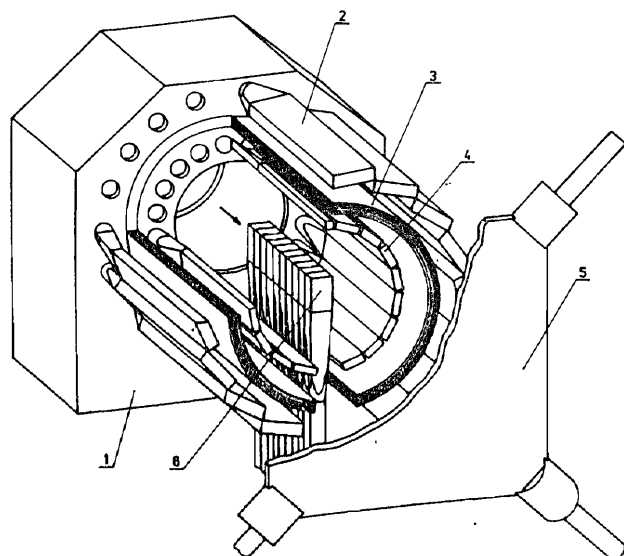


Рис.1. Блок-схема конструкции ДЧО: 1 - несущие элементы детектора (передний несущий элемент не показан), 2 - внешний годоскоп, 3 - железный фильтр, 4 - внутренний годоскоп, 5 - счетчик антисовпадений, 6 - счетчики мишени. Стрелкой показано направление падающего пучка нейтронов.

соответствует поглощению протонов с импульсами меньше 600 МэВ/с. Вдоль оси ДЧО располагается жидководородная мишень ^{4/} или показанная на рисунке мишень-детектор. Описание последней приводится ниже.

Точность измерения угла вылета протона отдачи ограничена многократным рассеянием в железном фильтре. Протоны, имеющие минимальный импульс, достаточный для прохождения через фильтр заданной толщины, испытывают рассеяние на угол величиной около 4°. В соответствии с этим количество счетчиков в каждом годоскопе выбрано равным 18, причем годоскопы повернуты друг относительно друга вокруг их общей оси на угол, равный 10°. Таким образом, для частицы, зарегистрированной в обоих годоскопах, обеспечивается точность определения азимутального угла вылета не хуже ±5°. Размеры счетчиков ДЧО составляют 40x10x320 мм³ и 80x20x400 мм³ для внутреннего и внешнего годоскопов соответственно.

В целях одновременного получения экспериментальных данных о диссоциации нейтронов на протонах и ядрах углерода разработана и изготовлена секционированная мишень-детектор. Мишень представляет собой набор сцинтилляционных счетчиков из органического сцинтиллятора, расположенных вплотную друг к другу. Поперечные размеры счетчиков мишени соответствуют размерам пучка нейтронов ^{5/} и равны 40x60 мм². Толщина каждого счетчика равна 30 мм, максимальное число элементов мишени равно 10. Информация о сработавших счетчиках мишени может быть использована для определения Z-координаты точки взаимодействия.

Для выделения событий только с нейтральными частицами из области фрагментации нейтронов пучка в состав ДЧО входит сцинтилляционный счетчик антисовпадений, который располагается непосредственно за мишенью по пучку. Конструктивно этот счетчик представляет собой склеенную оптическим клеем из двух частей пластину с поперечными размерами 520x520 мм² и толщиной 15 мм. По углам пластины размещены четыре фотомножителя, включаемые в схему логического суммирования.

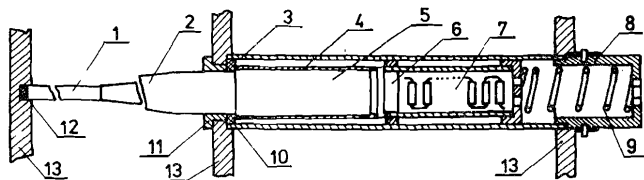


Рис.2. Конструкция счетчика цилиндрических годоскопов.

Рис.2 иллюстрирует конструктивные особенности счетчиков цилиндрических годоскопов ДЧО. Сцинтиллятор I с помощью оптического клея соединен с плексигласовым световодом 2. Сцинтиллятор и световод обернуты металлизированной лавсановой пленкой и поверх нее черной

бумагой. На торце сцинтиллятора закреплен защищенный резиновой прокладкой I2 светодиод, обеспечивающий контроль рабочих характеристик счетчика. В стальном кожухе 3 смонтированы защищенный магнитным экраном 4 из пермаллоя фотоумножитель 5 на ламповой панельке 6, плата 7 делителя высоковольтного напряжения и пружина 9, прижимающая фотоумножитель к световоду счетчика. В задней части 8 кожуха запрессованы штифты байонетного соединения кожуха с несущими элементами I3 ДЧО. Высоковольтный и сигнальный кабели подводятся к делителю напряжения через отверстия в донце кожуха с уплотнениями в виде резиновых втулок, не показанных на рисунке. Светоизоляция кожуха осуществляется с помощью резинового кольца I0 и текстолитовой втулки I1. Конструкция кожуха для счетчиков мишени подобна описанной и отличается наличием цапгового зажима, в котором закрепляется цилиндрическая часть световода. Из конструктивных особенностей счетчика антисовпадений следует отметить наличие стальной рамки по периметру сцинтиллятора, к которой крепятся четыре кожуха аналогичного типа.

В качестве фотомножителей для всех счетчиков ДЧО используются ФЭУ-85. Электронная аппаратура детектора частиц отдачи состоит из блоков наносекундного диапазона, разработанных в ЛВЭ ОИЯИ ^{6/}.

Ниже приводятся некоторые характеристики ДЧО, полученные в экспериментах на пучке нейтральных частиц канала 4Н ^{5/} серпуховского ускорителя.

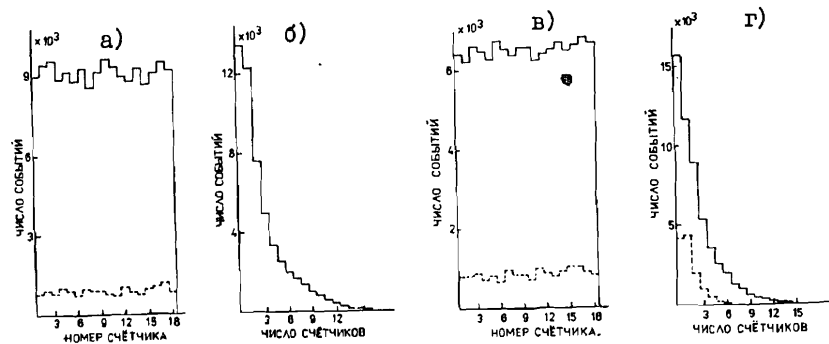


Рис.3. Распределения по частоте срабатывания (а, в) и числу одновременно сработавших счетчиков (б, г) во внутреннем (а, б) и внешнем (в, г) годоскопах.

Гистограммы, приведенные на рис.3, характеризуют частоту срабатывания и число одновременно сработавших счетчиков в годоскопах детектора. Распределения, показанные сплошными линиями, относятся к событиям, в которых запуск спектрометра осуществлялся при условии регистрации не менее 4-х заряженных частиц. Реакции (I) соответствуют

те события, где годоскопами ДЧО регистрируется только одна частица. Распределения для событий с одним сработавшим счетчиком внутреннего годоскопа показаны пунктиром. Из представленных на рис.3 данных следует, что загрузку спектрометра можно уменьшить примерно в 5 раз, включив в условия запуска требование срабатывания только одного счетчика внутреннего годоскопа ДЧО, и почти в 15 раз, если такое ограничение распространить также на работу внешнего годоскопа.

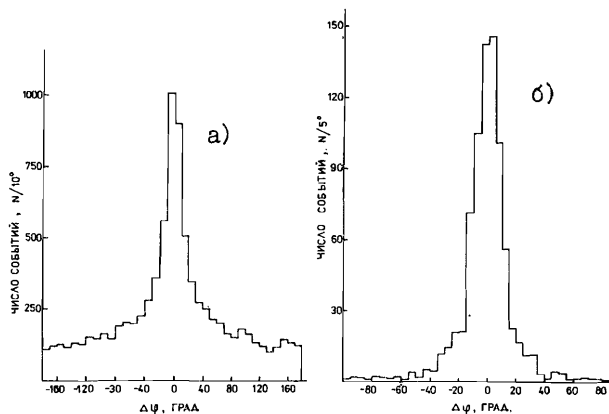


Рис.4. Распределения по разности азимутальных углов вектора импульса протона и вектора, проведенного из точки взаимодействия в центр сработавшего счетчика внутреннего годоскопа: а - без учета, б - с учетом внешнего годоскопа.

Точность измерения азимутального угла вылета протона в реакции (I) проиллюстрирована на рис.4. Здесь показаны распределения разности $\Delta\varphi$ азимутальных углов вектора импульса протона отдачи и вектора, проведенного из точки взаимодействия в середину сработавшего счетчика внутреннего годоскопа ДЧО. Гистограмма 4а построена без учета внешнего годоскопа, для гистограммы 4б отбиралось события, в которых зарегистрировано срабатывание пары соответствующих друг другу счетчиков в обоих годоскопах. Во втором случае величина отношения сигнал/фон приблизительно в 6 раз выше.

В связи с тем, что пучок нейтральных частиц имеет значительные поперечные размеры, часть взаимодействий нейтронов в экспериментах с жидководородной мишенью ^{4/} происходит не на водороде, а на элементах конструкции мишени. Количество запусков спектрометра при полном испарении жидкого водорода из мишени составляет около 40% от первоначального. При анализе экспериментальных данных приходится применять различные критерии для выделения взаимодействий нейтронов на водороде. Одним из таких критериев может быть проверка соответствия координат точки взаимодействия и области, занимаемой водородом. Для этого требуется определить все параметры события, что приводит к значительным затратам времени на ЭВМ, которые оказываются непроизводительными, если

вычисленные координаты не соответствуют указанному требованию, и такие события не используются для дальнейшего анализа. Использование информации, полученной с годоскопов ДЧО, позволяет отбросить значительную часть взаимодействий на элементах конструкции мишени еще до вычисления всех параметров событий.

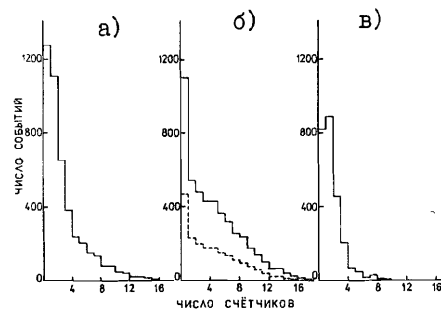


Рис.5. Распределения по числу одновременно сработавших счетчиков внутреннего годоскопа при работе с мишенью, заполненной жидким (а) и газообразным (б) водородом; в - разность распределений а и б (см. текст).

На рис.5 представлены распределения числа одновременно сработавших счетчиков внутреннего годоскопа ДЧО (N_0) при облучении нейтронами мишени, заполненной жидким и газообразным водородом. Видно, что при равных количествах событий в обеих гистограммах их формы существенно различаются. Умножив распределение 5б на коэффициент 0,4, соответствующий доле фоновых запусков, и вычтя полученные значения (5б, пунктир) из распределения 5а, получим гистограмму 5в, где события, для которых N_0 больше 3, составляют незначительную часть их суммарного количества. Для выяснения природы таких событий был проведен их анализ с помощью программы геометрической реконструкции.

На рис.6 представлены распределения Z -координат вершин нейтральных "вилок", образованных треками двух частиц, имеющих противоположные знаки электрического заряда. Ось Z направлена вдоль падающего лучка нейтронов. Жидководородная мишень диаметром 60 мм и длиной 300 мм расположена вдоль оси Z . Z -координата центра мишени равна -455 см. В гистограмму 6а включены все события, зарегистрированные

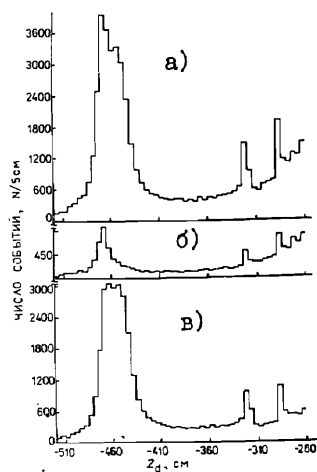


Рис.6. Распределения по Z -координатам вершин "вилок": а - все события, б - события, в которых сработало больше 3 счетчиков внутреннего годоскопа, в - разность распределений а и б.

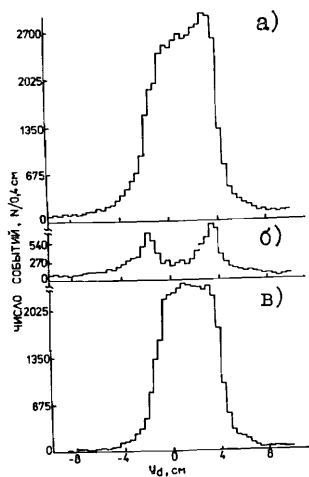


Рис.7. Распределения по Y -координатам вершин "вилки": а, б, в - те же условия отбора, что и на рис.6.

аналогичные распределения для Y -координат вершин "вилки". Ось Y направлена вверх перпендикулярно оси Z . Видно, что в случае, когда N_0 больше трех (рис.7б), большинство вершин "вилки" располагается в местах крепления трубок.

Приведенные данные показывают, что события, в которых одновременно сработало больше трех счетчиков внутреннего годоскопа ДЧО, могут быть отброшены еще до их обработки с помощью геометрических программ, поскольку источником таких событий являются, в основном, взаимодействия нейтронов на элементах конструкции мишени. Этот метод может быть применен для анализа экспериментальной информации по поиску и исследованию узких барионных резонансов, при накоплении которой не накладывалось ограничений на количество сработавших счетчиков в годоскопах ДЧО.

Описанный детектор частиц отдачи являлся составной частью спектрометра БИС-2 в течение 1980 + 1984 гг. В этот период было проведено 10 сеансов работы на нейтральном пучке серпуховского ускорителя. На магнитные ленты записана информация, соответствующая примерно 20 млн. взаимодействий с жидководородной мишенью и почти 25 млн. взаимодействий с мишенью-детектором, причем в разных сеансах использовалось от двух до семи элементов мишени. Результаты исследования реакций (2) опубликованных в работах /7,8/.

спектрометром при работе с мишенью, заполненной жидким водородом. Здесь виден выброс, максимум которого находится на расстоянии около 150 мм от центра мишени. Положение максимума соответствует месту присоединения к водородной емкости двух металлических трубок. Эти трубки расположены в вертикальной плоскости симметрично относительно оси мишени и служат для подачи жидкого и удаления газообразного водорода. Гистограмма 6б представляет собой выборку из распределения 6а и отражает события, в которых N_0 больше 3. Здесь вершины концентрируются, в основном, в области, соответствующей месту расположения трубок. Гистограмма 6в содержит события, для которых N_0 меньше или равно трем. На этой гистограмме выброс, связанный с взаимодействиями нейтронов на металлических трубках, отсутствует. На рис.7 приведе-

В заключение авторы выражают признательность М.Ф.Лихачеву и Б.Н.Гуськову за постоянную поддержку этой работы и полезные замечания, сотрудникам КБ и ЦОЭИ ЛВЭ, участвовавшим в конструировании и изготовлении ДЧО, коллегам по сотрудничеству БИС-2 за помощь в эксплуатации детектора, И.Г.Косареву и Н.А.Кузьмину за консультации по программированию и Т.Б.Прогоуловой за любезно предоставленные данные по угловым распределениям протонов отдачи.

Литература

1. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, I-80-644, Дубна, 1980.
2. Aleev A.N. et al. Z.Phys., C23, 1984, p.333.
3. Aleev A.N. et al. Z.Phys., C25, 1984, p.205.
4. Борзунов Ю.Т. и др. ПТЭ, 1984, №3, с.30.
5. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, I-83-910, Дубна, 1983.
6. Базиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, I3-10017, Дубна, 1976.
7. Aleev A.N. et al. PHE 83-1, Berlin - Zeuthen, 1983.
8. Aleev A.N. et al. PHE 83-5, Berlin - Zeuthen, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 июня 1986 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

| | | |
|---------------|--|-------------|
| D2-82-568 | Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982. | 1 р. 75 к. |
| D9-82-664 | Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982. | 3 р. 30 к. |
| D3,4-82-704 | Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982. | 5 р. 00 к. |
| D11-83-511 | Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982. | 2 р. 50 к. |
| D7-83-644 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжёлых ионов. Алушта, 1983. | 6 р. 55 к. |
| D2,13-83-689 | Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983. | 2 р. 00 к. |
| D13-84-63 | Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983. | 4 р. 50 к. |
| D2-84-366 | Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984. | 4 р. 30 к. |
| D1,2-84-599 | Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984. | 5 р. 50 к. |
| D17-84-850 | Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/ | 7 р. 75 к. |
| D10,11-84-818 | Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983 | 3 р. 50 к. |
| | Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/ | 13 р. 50 к. |
| D4-85-851 | Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985. | 3 р. 75 к. |
| D11-85-791 | Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985. | 4 р. |
| D13-85-793 | Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985. | 4 р. 80 к. |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Арефьев В.А. и др.

13-86-391

Детектор частиц отдачи спектрометра БИС-2 ОИЯИ

Разработан детектор частиц отдачи, предназначенный для определения азимутального угла вылета протона в реакции $np \rightarrow (\Lambda^0 K^0)p$. Детектор состоит из двух соосных цилиндрических годоскопов по 18 сцинтилляционных счетчиков в каждом. Между годоскопами может быть размещен железный фильтр переменной толщины для отбора событий в различных диапазонах энергий протона отдачи. Детектор используется в комплексе с жидководородной мишенью или специально разработанной мишенью-детектором. Описывается метод использования детектора для разделения взаимодействий на водороде и на элементах конструкции мишени.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод авторов

Arefiev V.A. et al.

13-86-391

Recoil Particle Detector for the BIS-2 Spectrometer

A recoil particle detector is designed to study neutron dissociation processes. This detector allows one to measure a recoil proton azimuthal angle in the reaction $np \rightarrow (\Lambda^0 K^0)p$. The detector consists of two scintillation hodoscopes of 18 counters each forming two coaxial cylinders. An iron filter of variable thickness can be placed between them. It is used to select events with different recoil proton energies. The detector operates with a liquid hydrogen target or with a specially designed target made of plastic scintillators. The features and some characteristics of the detector are presented. The method of using this detector for the separation of neutron interactions on hydrogen from those on the elements of the target is described.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986