

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

Б44

P1-87-654

Л.И.Бельзер<sup>1</sup>, В.А.Бодягин<sup>1</sup>, И.Н.Варданян<sup>1</sup>,  
А.М.Грибушин<sup>1</sup>, А.А.Ершов<sup>1</sup>, Н.А.Жарков<sup>2</sup>,  
А.Д.Кириллов, О.Л.Кодолова<sup>1</sup>, Л.Н.Комолов,  
Р.И.Кукушкина, П.А.Рукояткин, Л.И.Сарычева<sup>1</sup>,  
А.Л.Светов, И.Н.Семенюшкин, Н.Б.Синев<sup>1</sup>

**ОТКЛОНЕНИЕ ПУЧКА  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР УГЛЕРОДА  
С ИМПУЛЬСОМ 53 ГэВ/с  
ИЗОГНУТЫМ МОНОКРИСТАЛЛОМ КРЕМНИЯ**

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт "Вента", Вильнюс

**1987**

После того, как эффект поворота пучка заряженных частиц за счет каналирования в изогнутом монокристалле был предсказан <sup>/1/</sup>, а затем экспериментально установлен <sup>/2/</sup>, стало очевидным его практическое значение для экспериментальной физики высоких энергий.

Целью настоящего опыта являлась проверка этого эффекта для релятивистских ядер. Эксперимент выполнен на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий ОИЯИ с использованием установки СМС НИИЯФ МГУ.

Пучок ускоренных ядер углерода  $^{12}\text{C}$  с импульсом  $P_0 = 53 \text{ ГэВ/с}$  и интенсивностью  $10^5$  ядер/цикл, выводился из синхрофазотрона за время 0,3 с.

Одноплечевой сцинтилляционный магнитный спектрометр (СМС) НИИЯФ МГУ работал на линии с ЗВМ СМ-3. Схема расположения детекторов приведена на рис. I. Установка включала в себя сцинтилляционные счетчики К, С, А, многоканальные сцинтилляционные годоскопы  $F_{xy}, V_{xy}, T_{xy}, S_{xy}, P_x$ , анализирующий магнит М и гониометр G с изогнутым монокристаллом кремния. В качестве координатных детекторов использовались годоскопы, составленные из тонких сцинтилляторов с поперечным сечением 4 x 4 мм каждый. Гониометр имел одну степень свободы при вращении вокруг вертикальной оси. Минимальный шаг поворота составлял  $25 \cdot 10^{-6}$  рад. Кристалл, вырезанный из слитка кремния с удельным

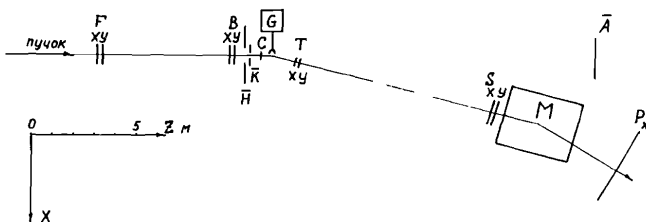
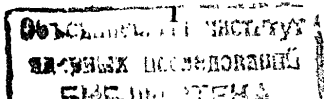


Рис. I.

Расположение детекторов сцинтилляционного магнитного спектрометра (СМС) на пучке релятивистских ядер  $^{12}\text{C}$ .

сопротивлением  $\rho \approx 10 \text{ ком.см}$  и плотностью дислокаций  $\sim 10^2 \text{ см}^{-2}$ , представлял собой пластину размерами 20 x 10 x 0,28 мм, ориентированную большой гранью параллельно кристаллографической плоскости (III) и наклеенную на деформирующую оправку. Использовался эффект плоскостного каналирования.

Логической электроникой запуска выделялись события, зарегистри-



рованные во всех годоскопах. Счетчики  $\bar{K}$ ,  $\bar{A}$  включались в антисовпадения для подавления срабатываний от фоновых событий. Счетчик  $S_y$  служил для определения заряда первичных и рассеянных частиц. В месте установки кристалла пучок имел размеры  $1 \times 1$  см и угловую расходимость в плоскости  $XZ$  около  $4 \cdot 10^{-3}$  рад.

Для наблюдения эффекта подвижное плечо установки было отведено от направления прямого пучка на угол  $\sim 65 \cdot 10^{-3}$  рад. При разориентированном кристалле частота фоновых срабатываний не превышала  $0,2 \cdot 10^{-6}$  на пучковую частицу. Ориентационный эффект проявлялся как появление пика в распределении откликов каналов годоскопа  $S_x$ . При этом частота запусков возрастала до  $0,3 \cdot 10^{-4}$ . При обработке требовалось эффективное срабатывание всех годоскопов  $X$ -плоскости, и чтобы ионизационные потери в детекторах  $S$  и  $S_y$  соответствовали заряду  $Z \geq 6$ .

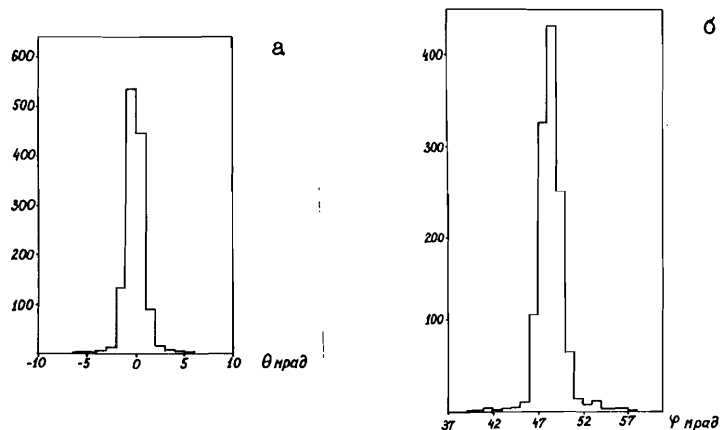


Рис.2.

Кристалл выведен из пучка. а) Распределение по углу рассеяния  $\theta$  в  $XZ$ -плоскости первичных ядер, б) Распределение по углу поворота  $\varphi$  импульсов первичных ядер в поле анализирующего магнита. Здесь и далее на рисунках по оси ординат отложено число событий.

На рис.2 приведены распределения по углам рассеяния в  $XZ$ -плоскости и поворота вектора-импульса в поле анализирующего магнита, измеренные для первичных ядер  $^{12}C$  с импульсом  $P_0 = 53$  ГэВ/с. При плоскостном каналировании угол между импульсом частицы и каналирующей плоскостью не превышает критического угла  $\psi_c = \sqrt{2U/PV}$ .

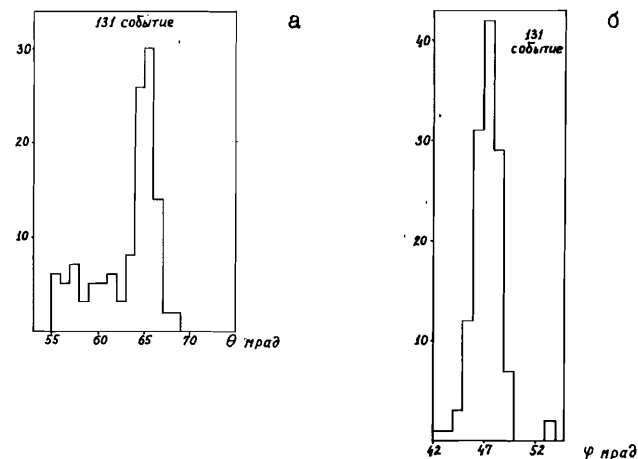


Рис.3.

Кристалл ориентирован по пучку. а) Распределение по углу рассеяния  $\theta$  в плоскости  $XZ$ ; б) Распределение по углу поворота  $\varphi$  импульсов рассеянных ядер в поле анализирующего магнита.

где  $U$  - глубина межплоскостного потенциала,  $P$  - импульс, а  $V$  - скорость частицы.

В кремнии для плоскости (III) при  $Z = 6$  глубина потенциала  $U = 134$  эВ, следовательно, ширина углового распределения каналированных ядер углерода с импульсом  $P_0 = 53$  ГэВ/с не превышает  $2\psi_c \approx 1,4 \cdot 10^{-4}$  рад. Эффект отклонения идентифицируется как наличие пика в распределении по углу рассеяния в плоскости  $XZ$  для ядер с импульсом  $P_0$  и  $Z = 6$  (рис.3). Ширина пиков на рис.3а,б определяется разрешением спектрометра. Фон слева от пика в угловом распределении объясняется деканалированием ядер в хвостовой части кристалла. Из рис.3б видно, что эти ядра также обладают импульсом  $P_0$ . Отсюда следует, что изогнутым монокристаллом кремния за счет эффекта плоскостного каналирования ядра углерода отклоняются на угол  $(65 \pm 1) \cdot 10^{-3}$  рад.

Впервые экспериментально установлено, что при помощи изогнутых монокристаллов можно управлять траекториями релятивистских ядер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tsyanov B.N., Fermilab TM-682, TM-684, Batavia, 1976.
2. А.С.Водопьянов, В.М.Головатик, А.Ф.Елишев и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, т.30, в.7, с.474.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 августа 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
-	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

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

Бельзер Л.И. и др.

P1-87-654

Отклонение пучка релятивистских ядер углерода с импульсом 53 ГэВ/с изогнутым монокристаллом кремния

Экспериментально показано, что с помощью изогнутого монокристалла можно управлять траекториями релятивистских ядер. Ядра углерода с импульсом 53 ГэВ/с, захваченные в процесс плоскостного каналирования изогнутым монокристаллом кремния, отклонялись на угол около 65 миллирадиан.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод Л.Н.Барабаш

Bel'zer L.I. et al.

P1-87-654

Deflection of a Beam of Relativistic Carbon Nuclei with a Momentum of 53 GeV/c by a Bent Silicon Crystal

It is experimentally shown that the trajectories of relativistic nuclei can be steered by a bent crystal. Carbon nuclei with a momentum of 53 GeV/c captured into the planar channeling by a bent silicon crystal were deflected at an angle of about 65 milliradians.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987