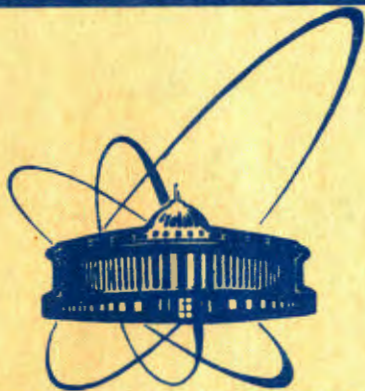


9/IV-84



**сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна**

1792/84

13-84-20

**В.В.Авдейчиков*, Н.Г.Анищенко, Б.В.Василишин,
В.И.Волков, И.И.Куликов, В.А.Мончинский,
П.В.Номоконов, Ю.К.Пилипенко, В.В.Селезнев**

**ИЗМЕРЕНИЕ
ВЕКТОРНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДЕЙТРОНОВ
НА ВЫХОДЕ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЛУ-20**

* Радиевый институт им. В.Г.Хлопина, Ленинград

1984

ВВЕДЕНИЕ

Создание источника поляризованных дейтронов "Полярис"^{1/} и ускорение поляризованного пучка в синхрофазотроне^{2/} вызвали необходимость разработки устройств для измерения поляризации пучка с целью настройки и оптимизации систем источника. В настоящей работе описываются поляриметр и методика измерения векторной поляризации дейтронного пучка с энергией до 10 МэВ на выходе линейного ускорителя ЛУ-20. Приводятся результаты измерений, полученные в ходе первого наладочного сеанса работы источника и поляриметра.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ И СХЕМА ПОЛЯРИМЕТРА

Для случая, когда с мишенью взаимодействует горизонтально направленный пучок, имеющий только векторную поляризацию $P_y = \frac{n^{\uparrow} - n^{\downarrow}}{n^{\uparrow} + n^{\downarrow} + n_0}$ /где n^{\uparrow} , n^{\downarrow} и n_0 - соответственно количество частиц с проекцией спина +1, -1 и 0 на вертикальную ось/, детекторы, симметрично расположенные в горизонтальной плоскости слева и справа под углом θ к направлению пучка, будут регистрировать асимметрию счета, определяемую выражением: $\epsilon^{\uparrow} = \frac{N_L^{\uparrow} - N_R^{\uparrow}}{N_L^{\uparrow} + N_R^{\uparrow}}$, где N_L^{\uparrow} и N_R^{\uparrow} - число событий, регистрируемых левым и правым детекторами соответственно.

Векторная поляризация пучка связана с измеряемой асимметрией выражением^{3,4/}: $P_y = \frac{2\epsilon^{\uparrow}}{3A_y}$, где A_y - анализирующая способность реакции.

В поляриметре для измерения векторной поляризации используется реакция ${}^4\text{He}(\vec{d}, d){}^4\text{He}$ упругого рассеяния дейтронов назад. Под углом $\theta_{\text{с.д.м.}} = 150^\circ$ реакция имеет большую анализирующую способность, плавно меняющуюся в диапазоне энергий 2÷14 МэВ^{5/} /рис.1/. Поведение сечения упругого $d{}^4\text{He}$ -рассеяния в зависимости от угла при энергии дейтронов 10 МэВ показано на рис.2^{6/}. Однако практически удобнее регистрировать не дейтроны / $\theta_{\text{с.д.м.}} = 150^\circ$ /, а α -частицы отдачи, летящие вперед под углом $\sim 15^\circ$ в лабораторной системе: α -частицы имеют большую энергию, чем дейтроны, рассеянные назад, и, кроме того, скорость их счета из-за кинематического фактора возрастает в 3,9 раза^{6/}.



Рис.1. Анализирующая способность A_y реакции упругого рассеяния $d^4\text{He}$ под углом 150° /с.ц.м./ в зависимости от энергии дейтронов.

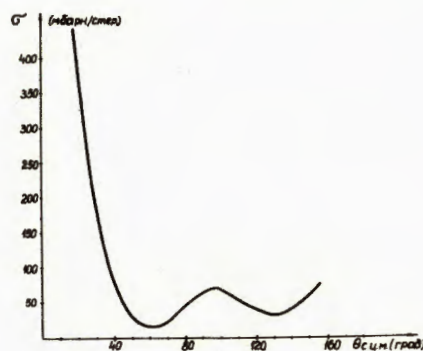


Рис.2. Сечение упругого $d^4\text{He}$ рассеяния при энергии дейтронов 10 МэВ.

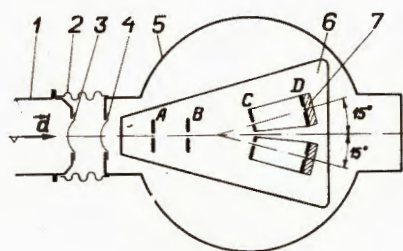


Рис.3. Схема поляриметра и геометрия расположения коллиматоров: 1 - ионопровод ускорителя; 2 - сильфон; 3 и 4 - лавсановые окна; 5 - корпус поляриметра; 6 - перемещаемое основание для установки коллиматоров; 7 - детекторы. Размеры щелей коллиматоров, [мм]: А и В - $1,3 \times 7,4$; С - $1,3 \times 12,5$; D - $2,5 \times 12,7$.

Схематически конструкция поляриметра представлена на рис.3. Поляриметр размещен в корпусе 5 из нержавеющей стали, заполненном газообразным ^4He при давлении $0,7 \pm 1,0$ атм. Система коллиматоров в виде латунных пластин толщиной 2 мм с вертикальными щелями, собранная на общем основании 6, формирует пучок и выделяет область взаимодействия. Размеры и геометрия расположения коллимирующих щелей А, В, С, D выбраны в соответствии с $^1/5$. Коллиматоры с помощью микрометрических винтов могут перемещаться в любом направлении внутри корпуса. Установка коллиматоров по оси пучка проведена с помощью юстировочного лазера. От ионопровода 1 ускорителя до детекторов 7, установленных непосредственно за щелями D, пучок проходит два лавсановых окна 3 и 4 диаметром 10 мм и толщиной по 100 мкм, форвакуумный промежуток -20 мм внутри сильфона 2 и расстояние -100 мм внутри корпуса в атмосфере ^4He .

Регистрация рассеянных ядер осуществлялась с помощью двух кремниевых детекторов толщиной 55 мкм. Пучок дейтронов с начальной энергией 10 МэВ, пройдя два лавсановых окна, тормозится до энергии -6,9 МэВ. Упруго рассеянные дейтроны, вылетающие в направлении детекторов /под углом 15° /, имеют энергию -6,7 МэВ, а α -частицы отдачи - 5,7 МэВ. Дополнительная потеря энергии по пути от области взаимодействия до детекторов приводит к тому, что дейтроны в детекторы попадают с энергией 6,5 МэВ, а α -частицы - с энергией 4,5 МэВ. Дейтроны пролетают через детекторы, теряя в них только около 1,2 МэВ, а α -частицы при этом полностью тормозятся. Таким образом, можно зарегистрировать хорошо разделяющиеся пики:

а/ пики α -частиц левого и правого детекторов, по которым определяется асимметрия и поляризация;

б/ пики дейтронов, которые могут использоваться для контроля асимметрии установки, поскольку анализирующая способность в этом случае близка к нулю.

С целью исключения влияния асимметрии установки спектры измерялись для поляризованного и неполяризованного пучков с поочередным /через цикл/ включением и выключением высокочастотной системы ядерной поляризации источника "Полярис".

Коэффициент асимметрии вычислялся по формуле: $K = \frac{N_L \cdot R - N_R}{N_L \cdot R + N_R}$, где $R = \frac{N_R^0}{N_L^0}$; N_L^0, N_R^0 - количество ядер гелия в спектрах, зарегистрированных правым и левым детекторами, соответственно, для неполяризованного пучка; N_L, N_R - то же для поляризованного пучка. Ошибка измерения асимметрии в этом случае составляет $\Delta \epsilon = 1 / \sqrt{N}$, где N - средний счет в одном из плеч спектрометра.

ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Электронная аппаратура поляриметра состоит из двух идентичных спектрометрических каналов, один из которых показан на рис.4.

Сигналы с детектора /Д/ поступают на вход зарядочувствительного преусилителя /ПУ/, вырабатывающего медленный спектрометрический сигнал /Е/ для амплитудного анализа и быстрый /Т/ - для организации блокировок и импульсов запуска аналого-цифрового преобразователя /АЦП/. Схема блокировок построена так, чтобы "мертвое" время /Тм/ было общим для обоих каналов и не приводило к появлению ложной асимметрии. Сигнал Е после усиления в СУ и формирования преобразовывается в цифровой код с помощью импульсного АЦП /САМ 4.04-1, ЦИФИ, ВНР/ с буферной памятью 12×64 слов. Малое время сброса /400 мкс/ и эффект наложений спектрометрических импульсов ограничивают скорость регистрации до $7 \div 10$ событий за цикл.

Ввиду хорошего разделения спектров α -частиц и дейтронов применялось также считывание сигналов с детекторов с помощью

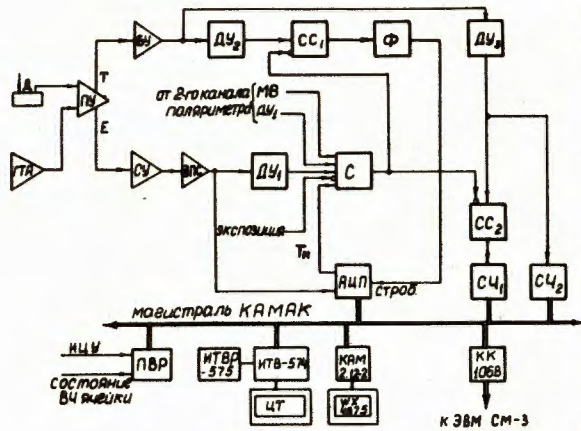


Рис.4. Структурная схема электронной аппаратуры поляриметра: Д - детектор; ГТА - генератор точной амплитуды; БУ - предусилитель; СУ - спектрометрический усилитель; ДУ1÷ДУ3 - дискриминаторы уровней; СС1, СС2 - схемы совпадений; ВПС - восстановитель постоянной составляющей; С - смеситель; СЧ1, СЧ2 - счетчики; АЦП - аналого-цифровой преобразователь;

ПВР - параллельный входной регистр; ЦТ - цветной телевизионный приемник; ИЦУ - импульс "Начало цикла ускорения".

счетчиков. Для этой цели использовались быстрые Т-импульсы. Пороги регистрации задавались с помощью дискриминаторов /ДУ3/. Независимые счетчики регистрировали Т-импульсы с учетом и без учета "мертвого" времени для дополнительной проверки симметрии установки. Амплитудный анализ и способ считывания быстрых сигналов дали согласующиеся результаты.

Электронная аппаратура, выполненная в стандарте КАМАК, подключена к ЭВМ СМ-3 с помощью крест-контроллера /КК/ типа 106В.

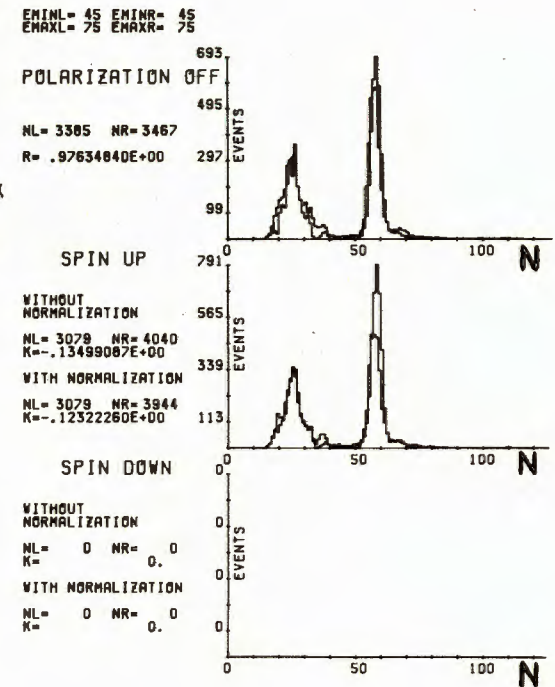
Для оперативного представления информации применялся цветной телевизионный дисплей /ЦТ/ ^{17/}, подключенный к ЭВМ через интерфейс ИТВ-574 и расширитель ИТВР-575 ^{18/}, а также графопостроитель WX-4675 /WATANABE, Япония/.

Математическое обеспечение поляриметра представляет собой программный модуль с объемом памяти 10К байт, работающий в режиме реального времени под управлением операционной системы RT-11. Все подпрограммы, входящие в состав модуля, написаны на языке макроассемблер ЭВМ СМ-3. Для хранения и накопления данных на магнитном диске организован файл размером 352 блока, в котором 350 блоков выделены для хранения данных гистограмм пятидесяти независимых экспериментов. Каждому эксперименту соответствуют данные гистограмм, относящиеся к левому и правому плечам поляриметра, в трех режимах работы:

- а/ неполяризованный пучок;
- б/ поляризованный пучок "Спин-вверх";
- в/ поляризованный пучок "Спин-вниз".

В период проведения экспериментов набор данных осуществлялся в последовательном чередовании режимов а/ и б/ или а/ и в/. Типичная гистограмма спектров, полученная с помощью графопостроителя,

Рис.5. Гистограмма спектров, полученная с помощью графопостроителя для одного из режимов работы высокочастотной системы источника "Полярис" /по оси ординат - число частиц с энергией E, причем, например, номеру канала АЦП N = 60 /отложен по оси абсцисс/ соответствует правый пик α -частиц с энергией E \approx 4,5 МэВ/.



теля, показана на рис.5. На поле гистограмм выводятся количество событий, наблюдаемых в левом и правом каналах, коэффициент асимметрии установки R, получаемый в режиме а/, асимметрия рассеяния поляризованного пучка K для случаев б/, в/ и пр. Программа позволяет оперативно изменять энергетические пределы суммирования спектров от E_{min} до E_{max} для левого и правого каналов независимо. Данные выводятся как для случая амплитудного анализа, так и для считывания счетчиками. Спектры и величины, относящиеся к левому каналу поляриметра, представлялись зеленым цветом, к правому - красным.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе измерений регистрировалось в среднем по 3 частицы за цикл в каждом из каналов, что соответствует плотности потока ускоренного пучка в области взаимодействия $\sim 1,5 \cdot 10^7$ част./см². Интенсивность пучка на выходе ЛУ-20 при этом была $3 \cdot 10^{10}$ част./цикл. Набор статистики /N \approx 3000/ для каждого эксперимента длился несколько более 3 ч. Эксперименты были проведены для 24 различных режимов работы высокочастотной системы ядерной поляризации источника "Полярис", что позволило выбрать ее рабочие пара-

метры. Векторная поляризация пучка дейтронов, измеренная в данном сеансе, составила $24 \pm 2\%$. Измерения, проведенные в течение ~200-часового сеанса непрерывной работы, показали, что поляриметр позволяет определять векторную поляризацию достаточно надежно. Однако с целью повышения оперативности получения результатов измерений необходимо увеличить скорость набора статистики в 2-3 раза.

В заключение авторы приносят благодарность В.В.Смелянскому, В.Я.Волкову и Б.З.Житникову за помощь в конструировании и наладке поляриметра, а также Ю.В.Простимкину - за участие в организации и проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Belushkina A.A. et al. JINR, E13-80-500, Dubna, 1980.
2. Анищенко Н.Г. и др. ОИЯИ, 9-82-177, Дубна, 1982.
3. Ohlren G.G., Keaton P.W. Nucl.Instr. and Meth., 1973, 109, p.61-76.
4. Haerberli W. Ann.Rev. of Nucl.Sci., 1967, 17, p.373-426.
5. Cadmus R.R., Haerberli W. Nucl.Instr. and Meth., 1975, 129, p.403-408.
6. Senhouse L.S., Jr., Tombrello T.A. Nucl.Phys., 1964, 57, p.624.
7. Волков В.И. и др. ОИЯИ, 9-82-557, Дубна, 1982.
8. Рапп Х. ОИЯИ, 10-80-125, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 января 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
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.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 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 тяжелых 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.

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

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Авдейчиков В.В. и др.
Измерение векторной поляризации дейтронов на выходе линейного ускорителя ЛУ-20

13-84-20

Описываются поляриметр и методика измерений векторной поляризации дейтронного пучка с энергией до 10 МэВ на выходе линейного ускорителя ЛУ-20 при работе от источника поляризованных дейтронов "Полярис". Метод основан на измерении асимметрии рассеяния поляризованных дейтронов на ^4He . Регистрация рассеянных ядер осуществлялась с помощью двух кремниевых детекторов, расположенных под углом -15° к направлению пучка. Электронная аппаратура состоит из двух идентичных каналов, включающих в себя набор спектрометрических блоков, аналого-цифровые преобразователи с буферной памятью и интерфейсы устройств представления информации. Программное обеспечение, созданное на языке макроассемблер ЭВМ СМ-3, работает под управлением операционной системы RT-11. Результаты измерений оперативно отображаются на экране цветного телевизионного дисплея и могут документироваться с помощью графопостроителя и печатающего устройства. Векторная поляризация пучка дейтронов в оптимальном режиме составила $24 \pm 2\%$.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Avdejchikov V.V. et al.
Measurement of Vector Polarization of Deuteron Beams at LU-20 Linear Accelerator Exit

13-84-20

A description is given of a polarimeter and methods for 2-10 MeV energy range deuteron beam at LU-20 linear accelerator exit, that works with "Polaris" polarized deuteron source. The method is based on measuring the asymmetry of polarized deuterons scattering on ^4He . Two silicon detectors placed at 15° angle to the beam direction are used for registration of scattered nuclei. The electronics consists of two identical channels, containing spectrometric instrumentation, analog-to-digital converter with buffer memory and the interfaces of the information representation devices. The programs are written in the macroassembler language of the SM-3 computer and work with RT-11 operating system. The results in graphical and alpha-numerical forms are represented on colour TV monitor. Hard copies can be produced with a plotter or printing device. The degree of vector polarization of deuteron beam in optimum run was $24 \pm 2\%$.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1984