

**ИЗМЕРЕНИЕ АСИММЕТРИИ РАССЕЯНИЯ  
КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ И ДЕЙТРОНОВ,  
ВЫЛЕТАЮЩИХ ПОД УГЛОМ 95° л.с.  
В pC-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ  
ПЕРВИЧНЫХ ПРОТОНОВ ОТ 17 ДО 62 ГэВ.  
ПОЛЯРИЗАЦИЯ КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ**

**И.М.Беляев\*, Н.В.Власов, О.П.Гавришук, Л.С.Золин,  
В.Ф.Переседов, С.В.Фролов\***

В эксперименте по двойному рассеянию с использованием углеродного анализатора измерена асимметрия рассеяния кумулятивных протонов и дейтронов, образующихся под углом 95° л.с. в реакции  $p + {}^{12}\text{C} \rightarrow p(d) + \dots$ . Измерения выполнены в интервале импульсов (520 – 1120) МэВ/с для протонов и (740 – 1120) МэВ/с для дейтронов. На основе известной анализирующей способности для углерода вычислена величина поляризации кумулятивных протонов. Обсуждаются импульсная, угловая и энергетическая зависимости наблюдаемых спиновых эффектов в кумулятивном процессе.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

**Measurement of Scattering Asymmetry  
of Cumulative Protons and Deuterons Emitted  
at an Angle of 95° l.s. in pC-Interactions at Energies  
of Incident Protons from 17 to 62 GeV.  
Cumulative Proton Polarization**

**I.M.Belyaev et al.**

The asymmetry of cumulative proton and deuteron scattering is measured at an angle of 95° l.s. for the reaction  $p + {}^{12}\text{C} \rightarrow p(d) + \dots$  in a double scattering experiment using a carbon analyzer. The experimental results are obtained over a momentum range of (520 – 1120) MeV/c for protons and (740 – 1120) MeV/c for deuterons. The value of cumulative proton polarization is calculated on the basis of the known carbon analyzing power. The momentum, angular and energy dependence of the observed spin effects in the cumulative processes is discussed.

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

---

\* *Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва.*

## Введение

В предшествующей работе <sup>1/</sup> нами были представлены результаты измерения поляризации кумулятивных протонов, образующихся в реакции



при угле вылета  $\theta = 158^\circ$ . Было установлено, что в интервале импульсов протонов  $q_{p'} = (510 - 840)$  МэВ/с поляризация незначительна, не наблюдается явно выраженной зависимости ее величины от энергии первичных протонов  $E_0$  (17 - 62 ГэВ), средняя величина поляризации  $P(158^\circ) = (0,033 \pm 0,021)$ .

При ограничении измерений одним фиксированным углом исследование поляризации в реакции (1) нельзя было бы признать полным, принимая во внимание, что полярный угол вылета частиц относится к числу тех кинематических переменных, зависимость от которых в спиновых эффектах значительна. В экспериментах по измерению поляризации кумулятивных протонов, выполненных при более низких энергиях, угловая зависимость достаточно полно исследовалась в работах <sup>2,3/</sup>, причем эффект зависимости поляризации от угла вылета протонов констатирован только в работе <sup>3/</sup>, где отмечен рост величины поляризации с увеличением угла вылета свыше  $90^\circ$ . Из-за ограничений, связанных с особенностями постановки нашего эксперимента (поляриметр располагался в кольцевом зале ускорителя У-70), мы ограничили тест угловой зависимости двумя значениями угла  $\theta = 158^\circ$  и  $\theta = 95^\circ$ .

При проведении измерений под углом  $95^\circ$  программа измерений была расширена в двух направлениях.

а) Был значительно расширен исследуемый импульсный интервал кумулятивных протонов. Из-за быстрого спада сечения образования кумулятивных частиц измерения поляризации в экспериментах, выполненных ранее на внешних пучках <sup>2,3,4/</sup>, были ограничены сверху импульсом  $q_{p'} = (800 - 850)$  МэВ/с (при  $\theta > 90^\circ$ ). Между тем, как показывает опыт, в поляризационных экспериментах с расширением диапазона кинематических переменных можно ожидать наблюдения неожиданного поведения. Примером подобной ситуации могут служить результаты работы <sup>5/</sup>, где при импульсах свыше 850 МэВ/с наблюдалось непредвиденное значительное усиление анализирующей способности реакции  $p + A \rightarrow p'(90^\circ) + \dots$  при  $q_{p'} > 900$  МэВ/с.

б) Другой особенностью нашей экспозиции под углом  $95^\circ$  является обеспечение статистики (при  $q > 700$  МэВ/с), достаточной для измерения одновременно с протонами асимметрии рассеяния кумулятивных дейтронов. Сопоставление спиновых эффек-

тов в выходе этих кумулятивных фрагментов со спином  $1/2$  и  $1$  представляет несомненный интерес; есть, в частности, возможность сопоставить асимметрию их рассеяния относительно, т.е. с минимизацией влияния систематических погрешностей.

### Метод измерения

Измерение асимметрии рассеяния протонов и дейтронов было выполнено на ускорителе У-70 (Институт физики высоких энергий, Протвино) в опыте по двойному рассеянию с помощью поляриметра, конструкция и характеристики которого описаны в работе /6/. Схема опыта для угла  $95^\circ$  показана на рис. 1.

Диапазон энергий первичных протонов  $E_0$  изменялся от 17 до 62 ГэВ при непрерывном наведении внутреннего пучка протонов на тонкую углеродную мишень\*. Ложная асимметрия рассеяния, связанная с неточностью геометрической юстировки элементов поляриметра, оценена нами в 0,7%. Экспериментально величина ложной асимметрии периодически контролировалась по асимметрии рассеяния  $\pi$ -мезонов, которая составляла в среднем  $A_\pi = (0,9 \pm 1,0)\%$ . Импульс кумулятивных частиц определялся методом магнитного анализа и мог быть в мягкой части спектра перепределен по времени пролета. Точность измерения импульса  $\sim 5\%$ . Максимальный угол поворота спина в магнитном поле составлял  $40^\circ$  (для  $q = 550$  МэВ/с). После соответствующей коррекции результаты измерения величины вектора поляризации представлялись в проекции на нормаль плоскости первичного рассеяния.

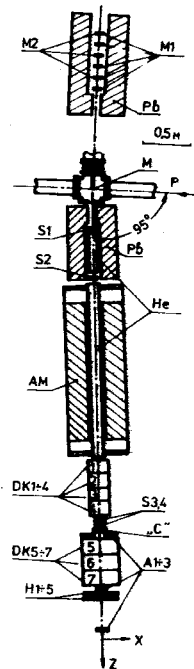


Рис. 1. Схема эксперимента по измерению поляризации при  $\theta = 95^\circ$ . M1,2 — мониторы; M — внутренняя мишень У-70; AM — анализирующий магнит; S<sub>1</sub>, A<sub>1</sub>, H<sub>1</sub> — счетчики; ДК — дрейфовые камеры; "С" — углеродный анализатор.

\* В качестве мишени-анализатора использовалась углеродная пластина толщиной 36 и 55 мм.

## Результаты измерений

Измеренные величины асимметрии рассеяния протонов и дейтронов представлены на рис. 2 — 4. Для анализа импульсной и энергетической зависимостей набранная статистика распределялась по трем интервалам первичной энергии  $E_0$  (17 — 32, 32 — 47, 47 — 62 ГэВ) и 6 — 7 интервалам по импульсу ( $q$ ) кумулятивной частицы. Диапазоны анализа по импульсу составили: для протонов  $q_p' = (520 - 1120)$  МэВ/с, для дейтронов  $q_d = (740 - 1220)$  МэВ/с.

В импульсной зависимости асимметрии рассеяния протонов (рис. 2) наблюдается максимум в районе  $q_p' = (700 - 800)$  МэВ/с, который более четко выражен в двух первых  $E_0$ -интервалах. Средняя величина асимметрии рассеяния протонов  $\langle A_p' \rangle = (4,8 \pm 0,5)\%$  и практически не зависит от  $E_0$  (рис. 4). В отли-

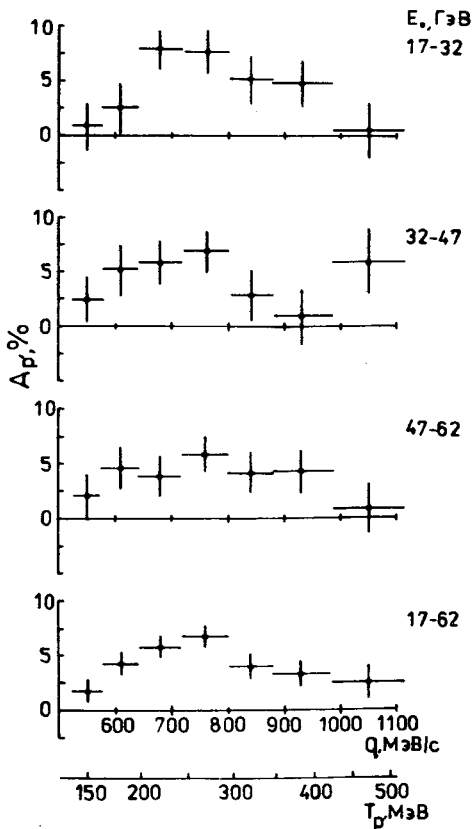


Рис. 2.  $E_0$ - и  $q$ -зависимости асимметрии рассеяния кумулятивных протонов ( $\theta = 95^\circ$ ).

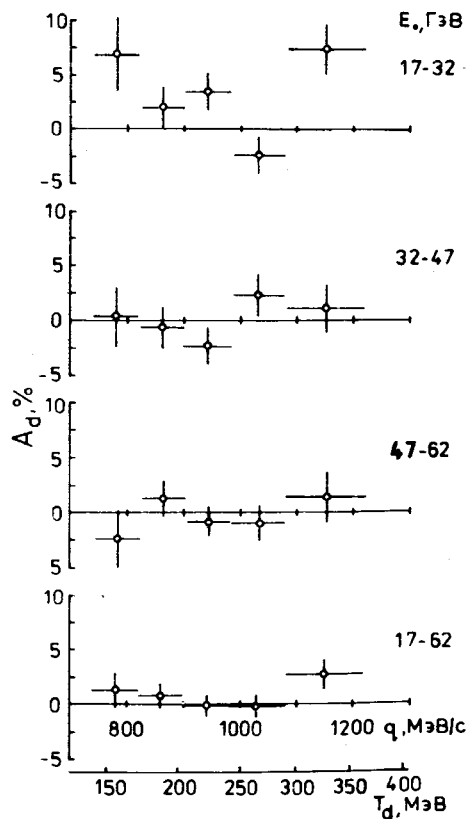


Рис. 3.  $E_0$ - и  $q$ -зависимости асимметрии рассеяния кумулятивных дейтронов ( $\theta = 95^\circ$ ).

чие от протонов, величина лево-правой асимметрии рассеяния кумулятивных дейтронов (рис. 4, 5) в пределах 1–2 ошибок не отличается от нуля,  $\langle A_d \rangle = (0,71 \pm 0,52) \%$ .

Представляется маловероятным наличие механизма, который может обусловить появление значительной векторной поляризации кумулятивных дейтронов, поэтому наблюдаемый нулевой эффект асимметрии рассеяния дейтронов можно расценивать как естественный результат. В контрасте с ним значительная величина асимметрии рассеяния протонов воспринимается как косвенное подтверждение реальности эффекта поляризации кумулятивных протонов с углом вылета  $95^\circ$ .

При вычислении поляризации кумулятивных протонов

$$P = A_p / \langle A_c \rangle \quad (2)$$

для определения средневзвешенного значения анализирующей способности  $\langle A_c \rangle$  была использована аппроксимация зависимости анализирующей способности для углеродного рассеивателя от угла рассеяния и кинетической энергии протонов  $A_c(\theta_{p'}, T_{p'})$ ,

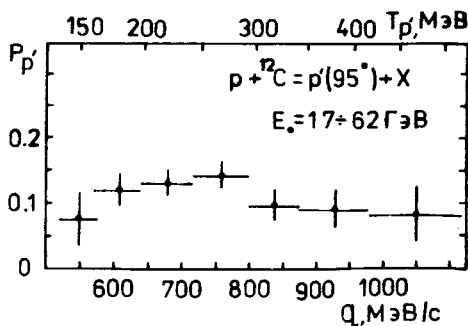
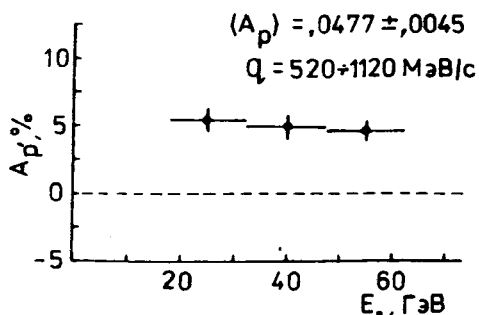
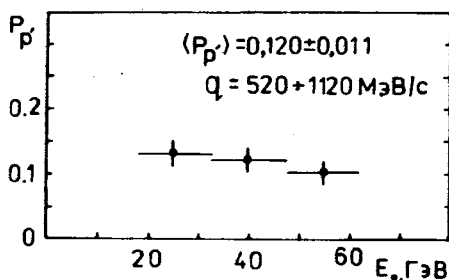
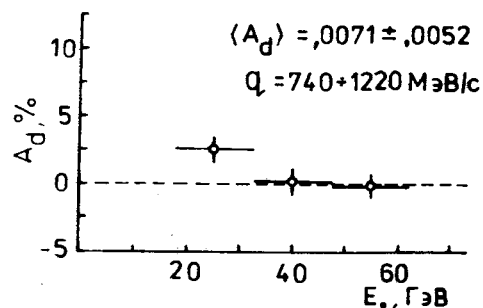


Рис. 4. Энергетическая зависимость усредненных по  $Q$  значений асимметрии  $A_{p'}$  и  $A_d$ .

Рис. 5.  $E_o$ - и  $Q$ -зависимости поляризации кумулятивных протонов.

рекомендованная в работе <sup>17/</sup>. Зависимости величины поляризации кумулятивных протонов от их импульса и энергии первичных протонов показаны на рис. 5.

Поскольку необходимые сведения по анализирующей способности для дейтронов в нашем интервале импульсов отсутствуют, мы ограничиваем представление результатов по дейтронам только данными по асимметрии рассеяния.

### Заключение

На основе представленных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Поляризация кумулятивных протонов, образующихся под углом  $95^\circ$  в реакции  $p + {}^{12}\text{C} \rightarrow p' + \dots$ , существенно отлична от нуля и составляет в среднем  $\langle P_{p'} \rangle = (0,117 \pm 0,011)$ .

2. Энергетическая зависимость поляризации в интервале энергий первичных протонов  $E_0 = (17 - 62)$  ГэВ практически отсутствует.

3. В импульсной зависимости поляризации кумулятивных протонов можно отметить максимум в области  $q_{p'} = (700 - 800)$  МэВ/с, однако в целом зависимость от  $q_{p'}$  в интервале от 580 до 1120 МэВ/с выражена слабо.

4. Асимметрия рассеяния дейтронов, образующихся в реакции  $p + {}^{12}\text{C} \rightarrow d(95^\circ) + \dots$  в пределах ошибок измерений  $(2 \div 3)\%$  отсутствует.

Сопоставление с данными для угла  $158^\circ$  позволяет сделать заключение о наличии угловой зависимости поляризации протонов в кумулятивном процессе  $p + A \rightarrow p' + \dots$ . При объяснении эффекта поляризации, по-видимому, нельзя сводить процесс генерации кумулятивных протонов к одному из возможных каналов их рождения. В этой связи можно заметить, что попытка количественного описания поляризационных данных при промежуточных энергиях на основе модели прямого выбивания нуклонов успеха не имела <sup>12/</sup>. Модель жесткого соударения конститuentов <sup>18/</sup> предсказывает угловую зависимость поляризации в реакции (1), подобную наблюдаемой нами, но на существенно большем количественном уровне. Не исключено, что наблюдаемая поляризация может быть обусловлена проявлением вторичных взаимодействий кумулятивных протонов в конечном состоянии, а именно, упругим рассеянием на квазисвободных нуклонах ядра.

### Литература

1. Беляев И.М. и др. Краткие сообщения ОИЯИ, №2-88, Дубна, 1988.

2. Белостоцкий С.Л. и др. — ЯФ, 1985, т.42, с.1427.
3. Зулькарнеев Р.Я., Кутуев Р.Х. — ЯФ, 1984, т.39, с.785.
4. Воробьев Л.С. и др. — ЯФ, 1985, т.41, с.1541.
5. Frankel S. et al. — Phys. Rev. Lett., 1978, v.41, p.148.
6. Баландин В.П. и др. — Сообщение ОИЯИ, P1-88-408, Дубна, 1988.
7. Ransome R.D. et al. — Nucl. Instr. and Meth., 1982, v.201, p.315.
8. Ефремов А.В. — ЯФ, 1978, т.28, с.166.

Рукопись поступила 30 ноября 1988 года.