

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РЕАКЦИИ $C^{12}(\pi^-, \pi^-p)V^{11}$ ПРИ ИМПУЛЬСЕ $1,04 \text{ Гэв/с}$

*А.О.Атаньянц, М.Д.Бажков, Л.С.Воробьев, В.Н.Деся,  
С.В.Донсков, Н.А.Иванова, В.М.Колыбасов, Г.А.Лексин,  
В.Д.Столин, В.Б.Федоров, В.Д.Хованский*

Целью данной работы было исследование механизма реакции  $C^{12}(\pi^-, \pi^-p)V^{11}$  (1) путем проведения измерений, необходимых для идентификации полюсного механизма, и сравнение экспериментальных результатов с предсказаниями теории прямых ядерных реакций [1].

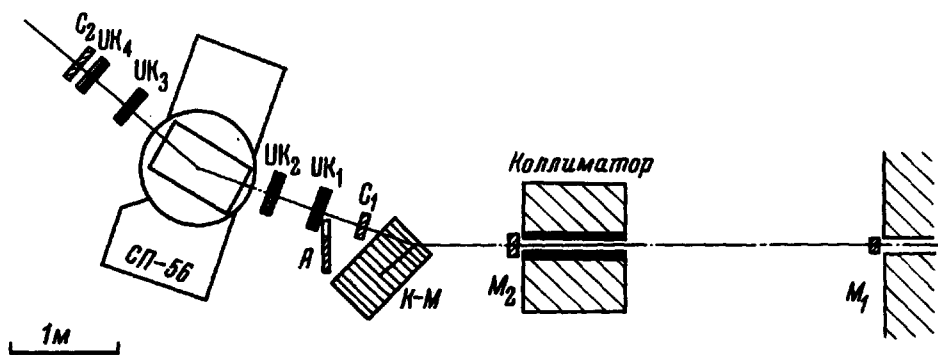


Рис.1. Схема экспериментальной установки

Программа таких измерений обсуждалась ранее в [1, 2] и включает в себя:

- 1) измерение распределения по углу Треймена – Янга; 2) измерение зависимости дифференциального сечения от импульса остаточного ядра в лабораторной системе; 3) измерение зависимости дифференциального сечения как функции кинематических инвариантов соответствующей упругой реакции; 4) исследование углового распределения ядер отдачи; 5) получение абсолютной величины дифференциального сечения; 6) исследование зависимости  $|M|^2$  от начальной энергии при фиксированных значениях остальных переменных; 7) изучение поляризационных эффектов в экспериментах на поляризованных мишенях; 8) проверка изотопических соотношений. Постановка нашего эксперимента позволила впервые для реакций выбивания реализовать первые пять пунктов.

Измерения проводились на  $\pi^-$ -пучке с импульсом  $1,04 \text{ Гэв/с}$  протонного синхротрона ИТЭФ на  $7 \text{ Гэв}$ . Схема установки дана на рис. 1. Пучок первичных  $\pi^-$ -мезонов [ $\Delta p_{\parallel} / p_{\parallel} = \pm 2,5\%$ ,  $\Delta p_{\perp} / p_{\perp} = \pm 1\%$ ] пере-

секал первые 13 полиэтиленовых электродов искровой камеры-мишени, расположенной под углом  $45^\circ$  к направлению пучка. Искровая камера-мишень, имевшая 44 разрядных промежутка, служила одновременно для регистрации вылетающего протона и измерения его импульса по проходу с точностью  $\Delta p_p / p_p = \pm 2\%$ . Рассеянный  $\pi^-$ -мезон регистрировался с помощью магнитного спектрометра с четырьмя оптическими искровыми камерами. Разрешение спектрометра  $\Delta p / p \approx \pm 0,7\%$ .

Импульс, запускающий установку, формировался по следующей логике:  $M_1, M_2, C_1, C_2, \bar{A}$ . Счетчик  $A$  исключал прямое прохождение пучка и образование заряженных частиц в угловом конусе  $\sim 25^\circ$  по отношению к направлению начального пучка кроме  $\pi^-$ -мезонов рассеянных в горизонтальной плоскости в интервале углов  $18 - 22^\circ$  в лабораторной системе.

Наличие водорода в мишени позволяло измерять дифференциальное сечение упругого  $\pi^-p$ -рассеяния, входящего как вершина в предполагаемую полюсную диаграмму, и откалибровать установку.

Всего было получено 40 000 фотографий. Из них  $\sim 2\,500$  было идентифицировано как упругое рассеяние  $\pi^-$ -мезона на свободном водороде, а  $\sim 800$  — как события реакции (1).

Дифференциальное сечение упругого  $\pi^-p$ -рассеяния под углом  $20,5^\circ$  лабораторной системы, определенное из этих данных, оказалось равным  $d\sigma/d\Omega_{\text{л.с.}} = 11,0 \pm 0,4$  мбн/стерад, что хорошо согласуется с величиной  $d\sigma/d\Omega_{\text{л.с.}} = 10,0 \pm 0,7$  мбн/стерад [3].

На рис. 2,а приведен спектр возбуждений остаточного ядра  $B^{11}$  для случаев реакции (1) (случаи с  $E_{\text{возб}} > 100$  Мэв не включены). Сплошная кривая — кривая, наилучшим образом описывающая экспериментальное распределение числа случаев упругого  $\pi^-p$ -рассеяния по формально вычисленной для них энергии возбуждения. Она отражает разброс первичного пучка и разрешающую способность установки. Нормировка произведена на полное число событий. Из сравнения видно, что спектр возбуждений не противоречит предположению, что ядро  $B^{11}$  образуется в основном и в низковозбужденных состояниях.

На рис. 2,б показано распределение числа случаев по импульсу остаточного ядра. Модуль импульса остаточного ядра определялся с точностью  $\Delta |p_{B^{11}}| = \pm 20$  Мэв/с. Эта цифра учитывает разброс начального пучка, разрешающую способность установки и реальное угловое распределение ядер отдачи. Сплошная кривая — результат расчета по полюсной диаграмме с батлеровским формфактором. В расчет также введены

соответствующие поправки. Радиус ядра углерода брался равным  $4 \text{ ф}$ . Нормировка осуществлялась по "мягкой" части спектра ( $|p_{B11}| < 135 \text{ Мэв/с}$ ), где имеется качественное согласие между экспериментом и теорией. Эту часть будем в дальнейшем называть областью I.

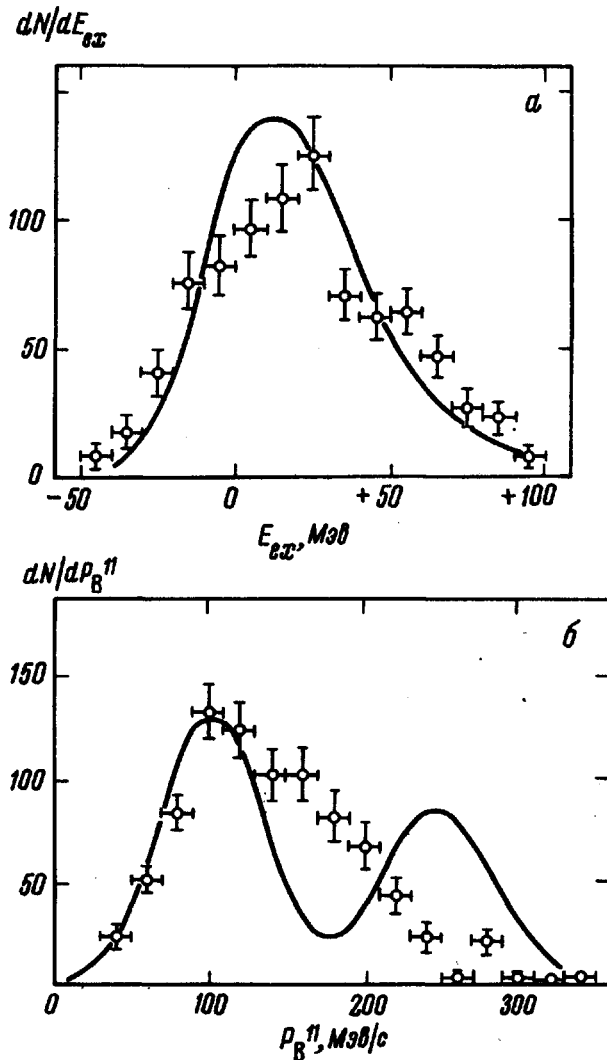


Рис.2. Распределения: а – по энергии возбуждения остаточного ядра; б – по импульсу остаточного ядра

В остальной части спектра ( $|p_{B11}| > 135 \text{ Мэв/с}$  – область II) наблюдается резкое разногласие.

Исходя из этого кажется целесообразным применить критерий Треймена – Янга отдельно для областей I и II. На рис.3,а и б пред-

ставлены распределения по углу Треймена – Янга  $\phi$  для областей I и II соответственно. Точность измерения угла  $\phi$  определяется в основном ошибками в поперечной компоненте импульса ядра отдачи и при нашем разрешении составляет величину  $\Delta\phi = \pm 7^\circ$ . Экспериментальные результаты сравниваются с изотропным распределением, которое

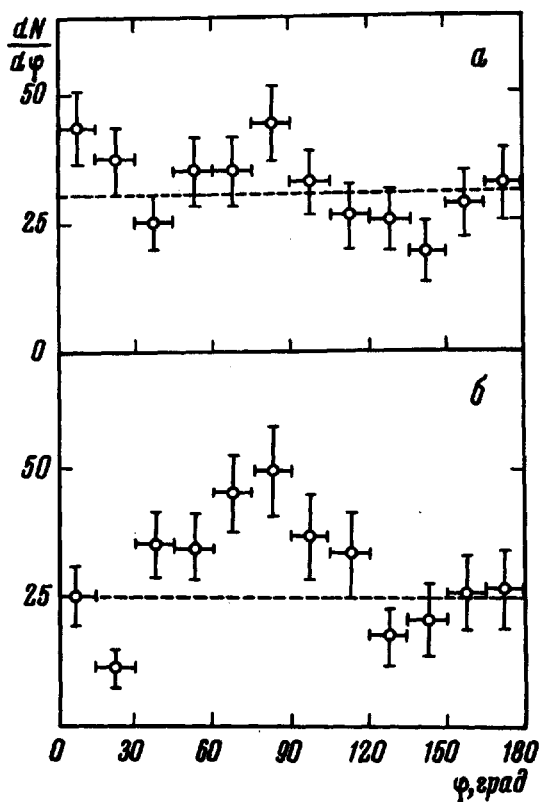


Рис.3. Распределения по углу Треймена – Янга

следует из полюсного механизма реакции. Пунктирные линии – средневзвешенные значения по всем точкам. Видно, что если в области I данные отвечают изотропному распределению ( $\chi^2 = 15$ , достоверность - 0,17), то в области II – этого нет ( $\chi^2 = 41$ , достоверность  $< 10^{-4}$ ).

Для области I было вычислено эффективное число протонов в ядре углерода, определенное как

$$N_{\text{эфф}} = \frac{d\sigma}{d\Omega_{\pi \text{ неупр}}} / \frac{d\sigma}{d\Omega_{\pi \text{ упр}}}$$

Оно приведено в таблице в сравнении с  $N_{эфф}$ , полученными из данных о приведенных ширинах для других реакций [4] в той же области импульсов остаточных ядер при  $R_{C^{12}} = 4 \phi$ . Все результаты находятся в удовлетворительном согласии. Приведенная ширина, пересчитанная из нашего значения  $N_{эфф} = 0,32 \pm 0,03$ , составляет величину  $\theta^2 = 0,59 \pm 0,06$ .

Реакция	Энергия, Мэв	$N_{эфф}(P_{в.} < 135 \text{ Мэв}/c)$	Ошибка, %
$B^{11}(d, n)C^{12}$	9	0,14	15
$C^{12}(p, d)C^{11}$	155	0,32	15
$C^{12}(p, 2p)C^{11}$	155	0,41	15
$C^{12}(\pi^-, \pi^-n)C^{11}$	400 – 600	0,36	15
$C^{12}(\pi^-, \pi^-n)C^{11}$	500 – 1900	0,36	15
$C^{12}(p, pn)C^{11}$	500 – 1900	0,36	15
$C^{12}(\pi^-, \pi^-p)B^{11}$	910	0,32	10

В работе были получены такие данные: зависимость дифференциального сечения от инвариантной массы системы  $\pi^-p$ , спектр рассеянных  $\pi^-$ -мезонов под фиксированным углом, распределение по углу разлета между  $\pi^-$ -мезоном и протоном и угловое распределение ядер отдачи. Они качественно согласуются с теоретическими расчетами как в области I, так и в области II.

Итак, можно думать, что в диапазоне переданных ядру импульсов  $\leq 100 \text{ Мэв}/c$ , полюсной механизм доминирует.

Авторы приносят глубокую благодарность проф. И.С.Шапиро за полезные дискуссии.

Институт теоретической  
и экспериментальной физики  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
29 июля 1968 г.

#### Литература

- [1] И.С.Шапиро. УФН, 92, 549, 1967; I. S. Shapiro, V. M. Kolybasov, G. R. Augst. Nucl. Phys., 61, 353, 1965.
- [2] И.С.Шапиро. Труды проблемного симпозиума по физике ядра. Тбилиси, апрель 1967, том 2, стр.307; Г.А.Лексин. Труды проблемного симпозиума по физике ядра. Тбилиси, апрель 1967, том 2, стр. 321.

- [3] C. D. Wood, T. J. Delvin et al. *Phys. Rev. Lett.*, **6**, 481, 1961;  
J. A. Helland, C. D. Wood, T. J. Delvin et al. *Phys. Rev.*, **134**,  
B1079, 1964; E. Pickup, D. K. Robinson, E. O. Salant et al. *Phys.*  
*Rev.*, **132**, 1819, 1963.
- [4] J. P. Garron, J. C. Jacmart, M. Riou et al. *Nucl. Phys.*, **37**, 126,  
1962; M. H. Macfarlane, J. B. French. *Revs. Mod. Phys.*, **32**, 567,  
1960; D. Bachelier, M. Bernas, C. Detraz et al. *Direct interaction*  
*and nuclear reaction mechanisms*, Gordon and Breach Publ., 1963,  
p. 1141; P. L. Reeder, S. S. Markowitz. *Phys. Rev.*, **133**, B639,  
1964; A. M. Poskanzer, L. P. Remsberg. *Phys. Rev.*, **134**, B779,  
1964; S. Singh, J. M. Alexander. *Phys. Rev.*, **128**, 711, 1962;  
J. B. Grover, A. A. Caretto. *Ann. Rev. Nucl. Sci.*, **14**, 51, 1964.