

$\pi^-$ - $^4\text{He}$ ,  $\pi^-$ - $^{16}\text{O}$  – УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ  
И ВОЗБУЖДЕНИЕ УРОВНЯ  $3^-$  (6,13 Мэв) ЯДРА  $^{16}\text{O}$

$\pi^-$ -МЕЗОНАМИ ПРИ 1 Гэв/с

Н.А.Бургов, М.К.Власов, С.А.Герзон, Ю.Т.Киселев  
В.А.Карманов, А.В.Манько, А.М.Мартемьянов,  
Ю.В.Терехов, В.И.Ушаков, М.М.Чумаков

Измерены  $\pi^-$ - $^4\text{He}$  и  $\pi^-$ - $^{16}\text{O}$  сечения упругого рассеяния  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 1,02 Гэв/с и сечение возбуждения уровня  $3^-$  (6,13 Мэв)

ядра  $^{16}\text{O}$  в интервале переданных импульсов  $0,085 + 0,145$  (Гэв/с)<sup>2</sup>.

Найдено, что экспериментальные величины согласуются с результатами расчетов по теории Глаубера. Получено указание о возможном различии нейтронного и протонного формфакторов перехода.

С помощью установки состоящей из двух прецизионных магнитных спектрометров с проволочными искровыми камерами, жидкогелиевой мишени и водяных мишеней, системы сцинтилляционных счетчиков измерены величины дифференциальных сечений упругого рассеяния  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 1,02 Гэв/с на ядрах  $^4\text{He}$ ,  $^{16}\text{O}$  и сечение возбуждения уровня ядра  $^{16}\text{O}$  с энергией 6,13 Мэв ( $3^-$ ) в интервале переданных импульсов  $0,085 - 0,145$  (Гэв/с)<sup>2</sup>.

Выделение случаев упругого рассеяния и рассеяния с возбуждением производилось методом недостающей массы по измеренным импульсам падающего и рассеянного пионов. Средняя квадратичная ошибка определения недостающей массы составляла 5 Мэв. В спектре масс ядер отдачи гелия наблюдался хорошо выделенный пик основного состояния ядра  $^4\text{He}$ . В спектре масс ядер отдачи  $^{16}\text{O}$  наблюдался пик двух неполностью разрешенных линий, соответствующих основному и возбужденному состояниям ядра  $^{16}\text{O}$  с энергией 6,13 Мэв ( $3^-$ ). Основаниями для исключения значительного вклада состояний ядра  $^{16}\text{O}$  с энергией 6,05 ( $0^+$ ), 6,92 ( $2^+$ ) и 7,12 ( $1^-$ ) Мэв в этом интервале переданных импульсов являются результаты экспериментальных работ по рассеянию протонов и измерению полных сечений возбуждения уровней ядра  $^{16}\text{O}$  [1–3], а также теоретические расчеты в приближении однократного неупругого столкновения (ОНС), выполненные нами.

Для получения дифференциальных сечений упругого рассеяния и возбуждения уровня 6,13 Мэв ( $3^-$ ) использовалась экспериментальная форма аппаратурной линии, полученная при обработке спектров недостающих масс упругого  $\pi^-$ -р-рассеяния. Сумма аппаратурных линий и фона подгонялась под экспериментальные значения. Нормировка сечений выполнялась по упругим  $\pi^-$ -р-событиям.

На рис. 1 показаны полученные нами значения дифференциальных сечений упругого  $\pi^-$ - $^4\text{He}$  рассеяния вместе с данными работ [8, 9] и кривыми, являющимися результатами нашего расчета по теории Глаубера [4]. При расчетах производилась отдельная параметризация ам-

плитуд  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -рассеяний в виде

$$f(q) = \frac{ik\sigma}{4\pi} (1 - i\rho) \exp(-\beta^2 q^2/2).$$

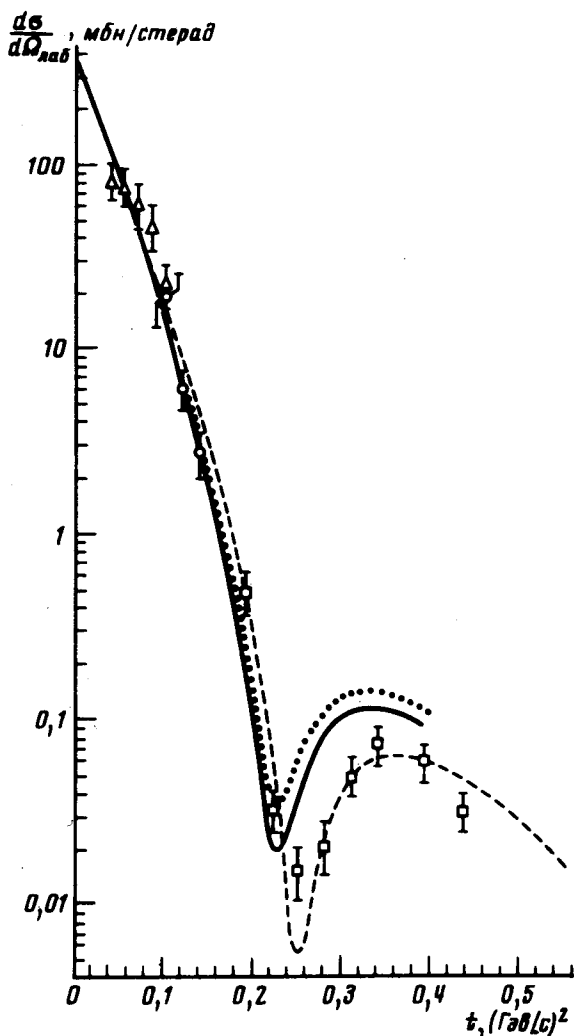


Рис. 1. Дифференциальное сечение упругого  $\pi^-$ - ${}^4\text{He}$  рассеяния:  $\Delta$  — G. Brautti,  $T_\pi$  (кинетическая) = 970 Мэв [8];  $\square$  — M. Querrou,  $T_\pi = 1120$  мэв [9];  $\circ$  — данные этой работы,  $T_\pi = 890$  Мэв. Теоретические кривые — 890 Мэв, — — — — 1120 Мэв, . . . . . 890 Мэв при равных  $\pi^-p$  и  $\pi^-n$ -амплитудах

Значения параметров для энергии 890 Мэв, после обработки данных работы [5], найдены равными:

$$\begin{aligned} \sigma_- &= 61,5 \text{ мбн}, & \rho_- &= -0,12, & \beta_-^2 &= 0,4243 \phi^2 \\ \sigma_+ &= 25,8 \text{ мбн}, & \rho_+ &= -0,24, & \beta_+^2 &= 0,1635 \phi^2 \end{aligned}$$

для  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -амплитуд соответственно. Для волновой функции применялась модель гармонического осциллятора с параметром  $a = 0,535 \phi^{-2}$ . Для энергии 1120 Мэв применялся соответствующий этой энергии набор параметров, полученный после обработки данных той же работы.

На рис. 2 и 3 показаны результаты измерений сечений упругого  $\pi^-$ - ${}^{16}\text{O}$  — рассеяния и сечений возбуждения уровня  $3^-(6,13)$  ядра  ${}^{16}\text{O}$  вместе с

результатами расчетов по теории Глаубера. Волновые функции основного состояния были выбраны осцилляторными с параметром  $R^2 = 3,22 \phi^2$ . Сечение возбуждения уровней рассчитывалось по формулам работы [6] в приближении ОНС с указанной выше параметризацией  $\pi N$ -амплитуд. Введена поправка на отдачу ядра.

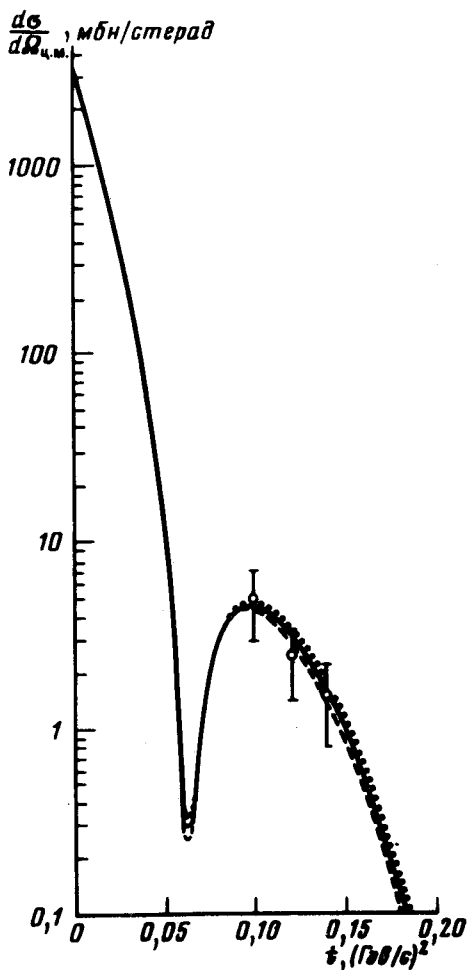


Рис. 2. Дифференциальное сечение упругого  $\pi^-$   $^{16}\text{O}$  рассеяния:  $\circ$  — данные этой работы,  $T_\pi = 890 \text{ Мэв}$ . Теоретические кривые: пределы варьирования параметров наклона  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -амплитуд в ед.  $(\text{Гэв}/c)^{-2}$ : —  $\beta_-^2 = 10,9$ ,  $\beta_+^2 = 4,2$ ; - - -  $\beta_-^2 = 12,0$ ,  $\beta_+^2 = 5,0$  . . . .  $\beta_-^2 = 10,0$ ,  $\beta_+^2 = 3,5$

Результаты сравнения теории и эксперимента подтверждают применимость теории Глаубера для описания упругого рассеяния пионов в области углов вплоть до второго дифракционного максимума и свидетельствуют, что приближения ОНС правильно описывает основные черты процессов возбуждения ядерных уровней пионами высокой энергии. Сравнение описаний приближением ОНС сечений возбуждения уровня  $3^- (6,13 \text{ Мэв})$  ядра  $^{16}\text{O}$  пионами с  $T_\pi = 890 \text{ Мэв}$  и протонами с  $T_p = 1 \text{ Гэв}$  [7] по-видимому указывает, что формфакторы перехода, полученные из экспериментов по рассеянию электронов, обеспечивают лучшее описание дифференциальных сечений возбуждения уровня  $3^-$  пионами, чем протонами, что, возможно, свидетельствует о различии между нейтронными и протонными формфакторами.

$\frac{d\sigma}{d\Omega_{\text{н.м.}}}$ , мбн/стерад

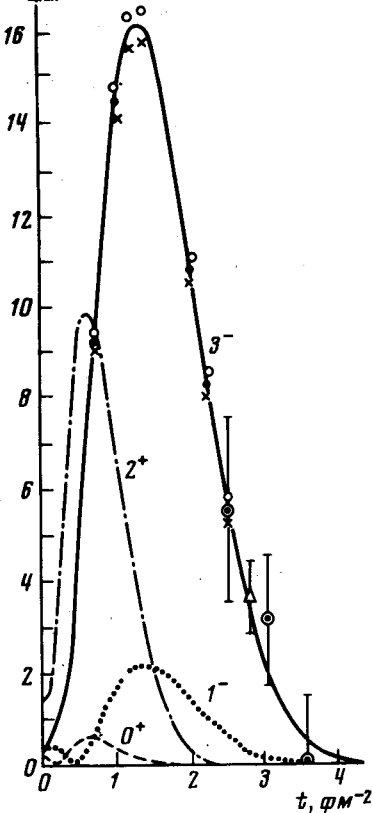


Рис. 3. Дифференциальные сечения  $\pi^- {}^{16}\text{O} \rightarrow \pi^- {}^{16}\text{O}^*$  рассеяния с возбуждением уровней ядра  ${}^{16}\text{O}$ . Теоретические результаты: - - - - -  $\text{O}^+(6,05 \text{ Мэв})$ ; ————  $3^-(6,13 \text{ Мэв})$ ;  $\circ$  —  $3^-$  верхний предел,  $\times$  —  $3^-$  нижний предел; - · - · -  $2^+(6,92 \text{ Мэв})$  .....  $1^-(7,12 \text{ Мэв})$ . Экспериментальные данные:  $\bullet$  —  $T_\pi = 890 \text{ Мэв}$ ,  $\Delta$  — усредненное значение по двум соседним угловым интервалам

Обратим внимание, что  $\pi$ -мезоны в отличие от нуклонов представляют новые интересные возможности исследования сечений возбуждения уровней ядер для извлечения сведений о нейтронных и протонных формфакторах перехода, о различиях плотностей распределения протонов и нейтронов, вследствие сильной зависимости  $\pi^-p$ ,  $\pi^-n$ -сечений от энергии в области энергий  $0,8 + 1,5 \text{ Гэв}$ . В частности, выбирая энергию пионов, можно добиться, чтобы  $\pi^-n$ -сечение было значительно меньше сечения  $\pi^-p$ , и, если предположение о равенстве протонных и нейтронных формфакторов не точно, проявление этой неточности будет значительно слабее в расчетах пион-ядерных сечений нежели в расчетах нуклон-ядерных сечений. Именно такая ситуация имеет место при энергии  $T_\pi = 890 \text{ Мэв}$ . При энергии  $T_\pi > 1100 \text{ Мэв}$   $\pi^-n$ - и  $\pi^-p$ -сечения приблизительно равны, и протонный и нейтронный формфакторы перехода дают одинаковый вклад в сечение. Для  $pp$ - и  $pn$ -рассеяний приближенное равенство сечений наступает уже при  $T_p > 450 \text{ Мэв}$ , т. е. практически почти для всех энергий, при которых можно считать выполненными предположения теории Глаубера.

Авторы признательны Л.А.Кондратюку, Ю.А.Симонову, И.С.Шапиро за полезные обсуждения результатов работы.

Институт теоретической  
и экспериментальной физики

Поступила в редакцию  
27 января 1976 г.

## Литература

- [1] J.Thirion. International Conf. On Nucl. Physics, Munich, August, 1973.
  - [2] J.Friedes et al. Nucl. Phys. 104A, 294, 1967.
  - [3] Ю.Горячев и др. ЯФ, 17, 910, 1973.
  - [4] С.Lesniak. Phys. Lett., B24, 227,
  - [5] E.Brassi, C.Burichetti. "Compilation of differential cross-sections  $\pi^-$  - induced reactions". CERN/HERA 75-2, 20.3.75, p.24.
  - [6] Л.Кондратюк, Ю.Симонов. Элементарные частицы. Вторая школа физики ИТЭФ, вып. 1, 1975.
  - [7] С.Манаенков. ЯФ, 21, 101, 1975.
  - [8] G.Brautti et al. Nuovo Cim. 19, 1270, 1961.
  - [9] J.Combe, J.Gardes, M.Querrou. Nuovo Cim., 3A, 663, 1971.
-