

При энергии налетающих π -мезонов в области $\Delta(3,3)$ -резонанса (импульс 340 МэВ/с) реакция $\pi d \rightarrow \pi p n$ изучалась на мезонной фабрике в Лос-Аламосе. Экспериментальные данные работы¹⁰ соответствуют двум кинематическим областям: а) область квазиупругого рассеяния (импульс нейтрона мал); б) область, удаленная от квазиупругой (большие значения импульсов двух нуклонов). В первой области результаты эксперимента соответствовали однократному взаимодействию, а во второй — теоретическое описание данных было получено лишь после добавления диаграммы с дибарионным резонансом (${}^5S_2 N\Delta$ -резонанс с массой 2,17 ГэВ). На основании этого в работе сделано заключение о наблюдении сигнала от дибарионного резонанса с массой 2,17 ГэВ. Однако в работах¹¹⁻¹³ удовлетворительное описание экспериментальных данных Лос-Аламоса было получено в результате последовательного рассмотрения в рамках теории многократного рассеяния без привлечения дибарионных резонансов. Сравнение разных теоретических подходов^{11,12} с экспериментом также показывает, что существующие данные и в области $\Delta(3,3)$ -резонанса не показывают каких-либо значительных эффектов перерассеяний частиц с кратностью больше двух.

Таким образом, во всей области промежуточных энергий решена задача неупругого взаимодействия пионов с малонуклонной системой. Обнаружены эффекты, возникающие из-за наличия $\Delta(3,3)$ -резонанса в пион-нуклонной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Glauber R. J. — Phys. Rev., 1955, v. 100, p. 242. Ситенко А. Г. — УФЖ, 1959, т. 4, с. 152.
2. Макаров М. М. — УФН, 1982, т. 136, с. 185.
Yokosawa A. — Phys. Rept., 1980, v. 64, p. 47.
3. Simonov Yu. A. — Phys. Lett. Ser. B, 1981, v. 107, p. 2.
Matveev V. A., Sorba P. — Nuovo Cimento, 1977, v. 20, p. 435.
4. Обрант Г. З. — ЯФ, 1982, т. 36, с. 862.
5. Chew G. F. — Phys. Rev., 1950, v. 80, p. 196.
Chew G. F., Goldberger M. L. — Ibid., 1952, v. 87, p. 778.
6. Дахно Л. Г. и др. — ЯФ, 1980, т. 31, с. 630.
7. Dakhno L. G. et al. — Phys. Lett. Ser. B, 1983, v. 123, p. 33.
8. Дахно Л. Г. и др. — Препринт ЛИЯФ-780. — Ленинград, 1982.
9. Дахно Л. Г. и др. — Письма ЖЭТФ, 1979, т. 30, с. 467.
10. Hoftiezer J. et al. — Phys. Rev. Ser. C, 1981, v. 23, p. 407.
11. Макаров М. М., Обрант Г. З., Саранцев В. В. — В кн.: Труды симпозиума. 12—14 апреля 1982 г. — Л.: ЛИЯФ АН СССР, 1982. — С. 202; Phys. Lett. Ser. B, 1983, v. 122, p. 343.
12. Garoizalo H. — Phys. Rev. Lett., 1982, v. 48, p. 577.
13. Matsuyama A. — Nucl. Phys. Ser. A, 1982, v. 379, p. 415.

539,126,34(048)

Ю. Р. Гисматуллин, В. И. Остроумов. Механизм эмиссии протонов из ядер при неупругом рассеянии π - и K -мезонов промежуточных энергий. В первых же экспериментах по исследованию реакции типа $(\pi, \pi N)$ с регистрацией образующихся ядер было обнаружено, что функция возбуждения ее в области 100...300 МэВ в основном повторяет резонансную зависимость сечения упругого рассеяния π -мезонов на свободных нуклонах¹. Это послужило основанием для утверждения, что неупругое рассеяние π -мезонов на ядрах с эмиссией одного протона или нейтрона осуществляется механизмом прямого выбивания, и деформация резонансной кривой $\sigma(E_\pi)$ обязана лишь фермиевскому движению нуклонов, на которых происходит рассеяние пиона. В соответствии с таким предположением сечения выбивания нуклона должны весьма резко зависеть от знака налетающего мезона в указанной области энергий. Однако измерения так называемых изотопических отношений типа

$$R = \frac{\sigma(\pi^-, \pi^- n)}{\sigma[(\pi^+, \pi^+ n) + (\pi^+, \pi^0 p)]}$$

показали, что картина не столь проста, ибо экспериментальные значения R оказались в 2—3 раза меньше теоретических². Возникшее положение стало характеризоваться как «драматическое»³, «перешепная $(\pi, \pi N)$ -загадка»⁴ и т. д. Было выполнено свыше 150 экспериментальных и теоретических исследований, посвященных этой проблеме (см., например,⁵). Методами радиохимии и γ -спектроскопии остаточных ядер уточнялись функции $\sigma(E_\pi)$ и $R(E_\pi)$, в одно- и (реже) двухлучевых экспериментах измерялись вторичные легкие частицы, но лишь в узком диапазоне их кинематических переменных, что не позволяло сделать однозначное суждение о корректности той или иной из предлагавшихся многочисленных моделей. Стало очевидным, что необходимы

эксперименты в условиях полной геометрии и без ограничения по кинематике, причем выбор конкретного вида ядра-мишени не имел решающего значения, поскольку картина процесса была типичной для всех исследованных легких и средних ядер. Такие исследования были выполнены в 1970—1981 гг. с помощью метода эмульсионных камер на ядрах ^{12}C , ^{14}N и ^{16}O при энергии π^\pm -мезонов 60, 112 и 170 МэВ. Измерены интегральные и дифференциальные сечения реакций (π^+, π^+p) (1) (π^+, π^0p) (2) и (π^-, π^-p) (3) и все

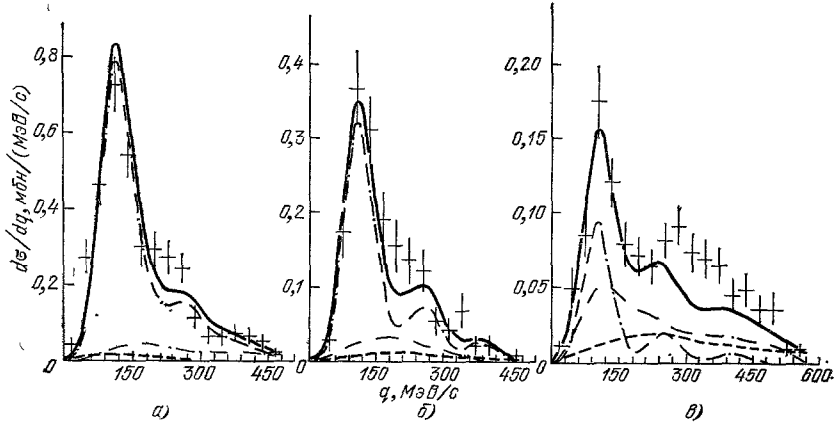


Рис. 1. Импульсный спектр остаточных ядер в лаб. системе при энергии пионов 170 МэВ в реакциях (1) (а), (2) (б) и (3) (в).

Точки — эксперимент. Расчетные кривые: штрихпунктирная — полюсное выбивание нуклона, штриховая — квазиупругое выбивание остаточного ядра, штрих-два-пунктирная — двухстадийный механизм, сплошная — сумма трех механизмов.

другие основные характеристики процесса: энергетические спектры вторичных протонов, их угловые распределения, импульсный спектр остаточных ядер, распределения по углу Треймана — Янга (как известно, в случае прямого квазисвободного рассеяния частиц на внутриядерном нуклоне, когда реализуется полюсное приближение,

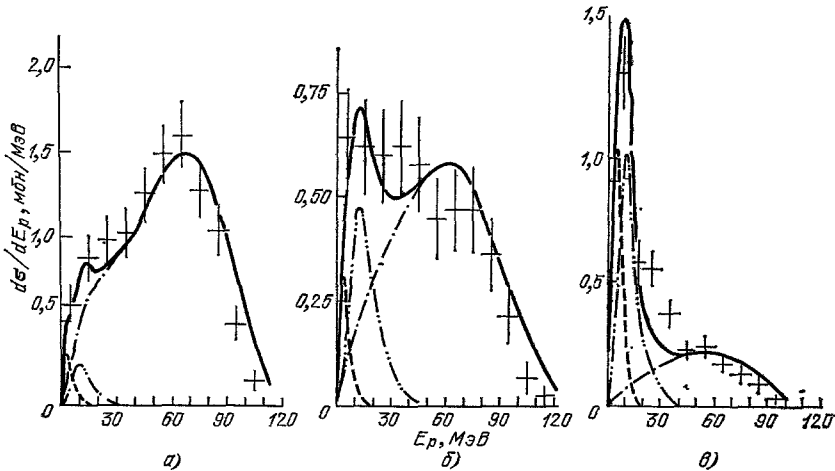


Рис. 2. Энергетическое распределение протонов в лаб. системе при энергии пионов 170 МэВ в реакциях (1) (а), (2) (б) и (3) (в).

Точки — эксперимент. Расчетные кривые те же, что на рис. 1.

это распределение является изотропным) и различные корреляционные зависимости. Оказалось, что все эти характеристики зависят от знака бомбардирующих мезонов и в меньшей степени от их энергии. Наиболее чувствительны к знаку мезона импульсный спектр ядер отдачи, энергетический спектр протонов и распределение по углу Треймана — Янга. Рис. 1 и 2 показывают, что реакция (π^-, π^-p) характеризуется большой

передачей импульса остаточному ядру и более мягким энергетическим спектром протонов, а распределение по углу Треймана — Янга значительно более анизотропно, чем это имеет место в эксперименте с π^+ -мезонами.

Весь полученный экспериментальный материал был подвергнут анализу в рамках теории прямых ядерных реакций, предложенной И. Шапиро⁶. Выполнена наиболее полная экспериментальная проверка применимости полюсного приближения для реакции с малой передачей импульса ядру ($q \leq 150$ МэВ/с). Из 9 пунктов программы идентификации полюсного механизма⁷ реализованы все, за исключением поляризационных измерений. Из них три — наиболее общие положения: зависимость абсолютного сечения от энергии пиона, абсолютные дифференциальные сечения (эффективные числа нуклонов) и зависимость изотопических отношений от импульса q . Было показано, что в области малых q доминирует полюсной механизм выбивания нуклона. Примесь других механизмов возрастает с увеличением q и она больше в опыте с π^- -мезонами.

Новые закономерности, обнаруженные в полном опыте, — качественно новая ступень, следующий уровень в понимании механизмов реакций (π , πN). Всю совокупность данных по реакциям (1)—(3) можно удовлетворительно описать в рамках трех механизмов. Это — полюсное выбивание нуклона (спектатор — ядро отдачи), квазиупругое рассеяние на остаточном ядре (спектатор-нуклон) и неупругое рассеяние пиона с возбуждением ядра и последующей эмиссией из него нуклона (двухстадийный процесс). Установлены кинематические области доминирования этих механизмов. Их роль существенно зависит от энергии и знака пиона и отражает особенности сечений упругого π -рассеяния. В резонансе сечение π^+ -рассеяния примерно в 9 раз превосходит сечение π^- -р. Поэтому выбивание нуклона в большей степени проявляется в канале (1). С другой стороны, разница в сечениях упругого πN -рассеяния слабо влияет на два других механизма, поэтому они сильнее скажутся в канале (π^- , π^- р). Отсюда ясно, как разрешить противоречие между хорошим описанием функций возбуждения реакций (π , πN) моделью квазиупругого выбивания нуклона и резким отличием изотопических отношений от соответствующих упругих. Объяснение в том, что механизмы, отличные от прямого выбивания нуклона, преимущественно работают в реакции (π^- , π^- р) и в меньшей степени в каналах (π^+ , π^+ р) и (π^+ , π^+ р). При этом их доля растет с увеличением импульса q . Наглядной иллюстрацией этого является приближение изотопических отношений к соответствующим свободным по мере ограничения небольшими импульсами q .

Дальнейшим развитием исследований прямых ядерных реакций являются: а) реализация программы полюсного механизма в опытах на других частицах; предварительные данные по реакции (K^+ , K^+ р) на ядрах ^{12}C и ^{16}O при импульсе 0,85 ГэВ/с⁸ свидетельствуют в пользу полюсного механизма выбивания протона каоном при малых q ; б) корректный учет взаимодействия частиц в конечном состоянии; в) обсуждаемых работах впервые экспериментально изучен характер движения особенностей соответствующих амплитуд и проведена оценка вклада в сечение реакции (3) перерассеяния нуклонов на ядре-остатке; в) поляризационные измерения.

Материалы доклада опубликованы в журнале «Ядерная физика» (1970, т. 11, с. 285; 1971, т. 13, с. 478; 1974, т. 19, с. 45; 1975, т. 21, с. 950; т. 22, с. 1073; 1977, т. 25, с. 1150, 938; 1978, т. 27, с. 599, 1452; 1979, т. 29, с. 1143; т. 30, с. 626; 1980, т. 31, с. 1139) и в работах^{5,8}.

ЛИТЕРАТУРА

1. Reeder P. L., Markowitz S. S. — Phys. Rev. Ser. B, 1964, v. 133, p. 649.
2. Chivers D. T., Rimmer E. M., Allarduce B. M. et al. — Nucl. Phys. Ser. A, 1969, v. 126, p. 129.
3. Karol P. J. — Phys. Rev. Lett., 1976, v. 36, p. 338.
4. Silber R. R., Ginocchio J. N., Sternheim M. M. — Phys. Rev. Ser. C, 1977, v. 15, p. 374.
5. Гисматуллин Ю. Р. — Изв. АН СССР. Сер. Физ., 1981, т. 45, с. 674.
6. Шапиро И. С. Теория прямых ядерных реакций. — М.: Атомиздат, 1963; УФН, 1967, т. 92, с. 549.
7. Колыбасов В. М., Лексин Г. А., Шапиро И. С. — УФН, 1974, т. 113, с. 239.
8. Бердников Я. А., Гисматуллин Ю. Р., Мелентьев А. А., Никитченко В. И., Остроумов В. И. — В кн.: Тезисы докладов XXXIII Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. — Л.: Наука 1983. — С. 467.