

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ НЕЙТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 13,6 - 14,6 МЭВ НА ЯДРЕ Pb^{208}

Г. Е. Беловицкий, Л. Н. Колесникова,
Л. В. Сухов, И. М. Франк

Детальное изучение энергетической зависимости различных процессов взаимодействия быстрых (> 10 Мэв) частиц (n, p, d, α) с ядрами позволяет получить информацию как о механизме взаимодействия, так и спектроскопическую информацию. Такие исследования с заряженными частицами в недалеком прошлом привели к открытию аналоговых состояний. Подобного рода исследования с помощью нейтронов выполнены, в основном, для энергий $\lesssim 10$ Мэв. Для нейтронов больших энергий, как правило, имеются лишь данные об энергетической зависимости полных сечений (недостаточно подробные и только для естественной смеси изотопов элемента). Измерения энергетической зависимости дифференциальных сечений взаимодействия практически отсутствуют.

Это, несомненно, связано с тем, что при высоких энергиях возбуждения и особенно в тяжелых ядрах вследствие большой плотности уровней и их перекрытия не ожидалось ничего, кроме медленной и плавной зависимости эффективных сечений от энергии. Однако после открытия аналоговых состояний такой вывод уже не представляется заранее очевидным. Наиболее чувствительным к возможным нерегулярностям, как можно ожидать, является ход парциальных эффективных сечений.

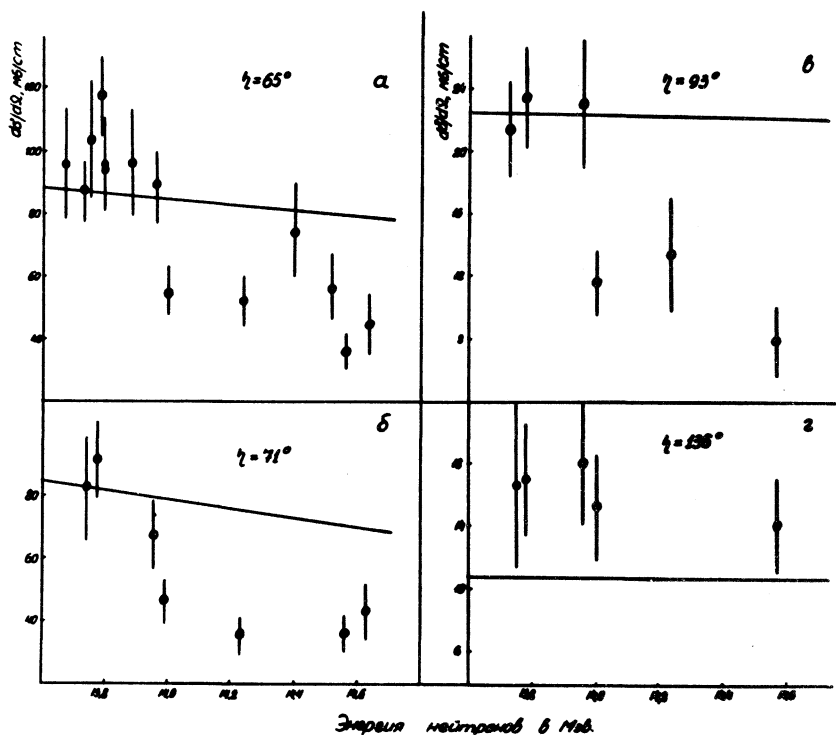
В связи с этим были предприняты исследования дифференциальных сечений упругого и неупругого рас-

сеяния нейтронов с энергией 13–15 Мэв на изотопах свинца¹. Уже в первых экспериментах получено указание на то, что даже в этой сравнительно узкой области энергий зависимость сечения упругого рассеяния от энергии для Pb^{208} не является плавной (для углов 45–140°). Краткое сообщение по этой работе было представлено на XX совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра в январе 1970 г. в г. Ленинграде².

В настоящем сообщении более подробно изложены ранее полученные результаты измерений энергетической зависимости дифференциальных сечений упругого рассеяния нейтронов с энергией 13,6–14,6 Мэв на дважды магическом ядре Pb^{208} (обогащение 98%). Нейтроны получались с помощью реакции $\text{T}(d,n)\text{He}^4$. Использовалась толстая ($\text{Zr} + \text{T}$) – мишень, которая облучалась дейтронами с энергией $\sim 0,3$ Мэв. Энергия нейтронов варьировалась изменением угла между направлением первичного пучка дейтронов и направлением мишень–рассеиватель. Энергетическое размытие первичного пучка нейтронов, падающих на рассеиватель, равнялось $\pm (0,1 - 0,15)$ Мэв, угловое размытие $\pm 10^\circ$. Вес рассеивателя 1,1 + 2,2 г-атома. Расстояние от мишени до рассеивателя 8,2 см. Угловое распределение рассеянных нейтронов измерялось в широком диапазоне углов 45–136° с помощью многоселевого коллиматора, характеристики которого приведены в работе³. Для регистрации нейтронов использовались фотопластики НИКФИ–К толщиной 400 микрон. Методика измерений энергетических спектров рассеянных нейтронов изложена в работе⁴. Для изотопа Pb^{208} первое возбужденное состояние отстоит от основного на 2,6 Мэв, что при нашем энергетическом разрешении 0,3 Мэв позволяло надежно отделять неупруго рассеянные нейтроны от упруго рассеянных.

На рис. 1а,б,в,г приведены экспериментальные данные, полученные для углов рассеяния $\eta = 65^\circ, 71^\circ, 93^\circ$ и 136° . Светлые и черные кружки соответствуют

данным, полученным на различных экспериментальных установках. По оси абсцисс отложена энергия нейтронов в Мэв, по оси ординат – дифференциальное сече-



Р и с. 1. Дифференциальные сечения упругого рассеяния нейтронов на Rb^{208} для углов $\eta = 65^\circ, 71^\circ, 93^\circ, 136^\circ$ в функции энергии нейтронов

ние упругого рассеяния в миллибарнах на стерадиан. Указанные на рисунках ошибки включают как статистическую ошибку, так и ошибку 10%, связанную с неточностью измерений первичного потока нейтронов, расстояния мишень – рассеиватель и т.д. Эта ошибка, связанная с экспериментальными погрешностями, была вычислена на основании 6 независимых измерений сече-

ния упругого рассеяния для $\eta = 65^\circ$ для нейтронов с энергией $13,6 + 13,8$ Мэв.

Для сравнения теории с экспериментом на рисунке приведены также теоретические кривые (усредненные по экспериментальному угловому интервалу $\pm 10^\circ$), полученные в работе⁵ на основе оптической модели ядра с потенциалом общепринятого типа, содержащим действительный, мнимый и спин-орбитальный члены. Согласно оптической модели ядра, для всех приведенных углов рассеяния при изменении энергии нейтронов на 1 Мэв происходит плавное и небольшое уменьшение сечения с увеличением энергии нейтронов.

Проверка с помощью критерия χ^2 дает для вероятности P значение $< 0,01$ (для угла рассеяния $\eta = 65^\circ$ и теоретической кривой, проведенной по методу наименьших квадратов). Отсюда следует, что наблюдаемая на опыте энергетическая зависимость отличается от теоретически ожидаемой. Согласие теории с экспериментом имеет место только для больших углов рассеяния ($\eta = 136^\circ$).

Обнаруженная нами аномалия в энергетической зависимости сечения упругого рассеяния может быть связана с наличием в составном ядре Pb^{209} при энергии возбуждения $17,5 - 18,5$ Мэв сравнительно простых и потому резко выделенных возбужденных состояний. Наблюдаемая энергетическая зависимость, по-видимому, обусловлена интерференцией распада избирательно возбуждаемого состояния во входной канал с процессом прямого взаимодействия.

Выполнены также измерения дифференциальных сечений упругого рассеяния при нескольких значениях энергии нейтронов для изотопов Pb^{207} , Pb^{206} и естественной смеси изотопов свинца. При этом также наблюдается энергетическая зависимость дифференциальных сечений упругого рассеяния. Полностью экспериментальные данные по каждому из изотопов свинца будут опубликованы позже.

Приведенные выше результаты вызвали интерес к измерениям энергетической зависимости полных сечений взаимодействия нейтронов с изотопами свинца, а также дифференциальных сечений в более широком интервале энергий и углов. Выполнение первой из этих задач начато в работе⁶. При сравнении наших результатов с данными по энергетической зависимости полного сечения взаимодействия нейтронов с ядром Pb^{208} следует иметь в виду, что область углов рассеяния $60\text{--}136^\circ$ дает небольшой вклад в полное сечение упругого рассеяния. Поскольку при этом зависимость от энергии для сечения упругого рассеяния на малые углы, для которых сечение велико, неизвестна, то количественное сравнение в настоящее время не может быть выполнено.

Поступила в редакцию
23 сентября 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Г. Е. Беловицкий, А. Е. Воронков, Л. Н. Колесникова, Л. В. Сухов, И. М. Франк. Известия АН СССР, 32, 2044 (1968).
2. Г. Е. Беловицкий, Л. Н. Колесникова, Л. В. Сухов, И. М. Франк. Тезисы докладов XX ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Часть II, стр. 41, январь 1970 г., Ленинград.
3. Г. Е. Беловицкий, Л. Н. Колесникова, Л. В. Сухов, Т. А. Романова. ПТЭ № 5, 206 (1969). Труды ФИАН (в печати).
4. А. Е. Воронков, Г. Е. Беловицкий, Л. Н. Колесникова, В. С. Маренков, М. Ф. Соловьева, Л. В. Сухов, П. Н. Комолов. Успехи научной фотографии 12, 140 (1966), Труды ФИАН, 42, 62 (1968).

- Г. Е. Беловицкий, А. Е. Воронков, Л. Н. Колесникова, Л. В. Сухов, И. В. Штраних. Труды ФИАН (в печати).
5. L. Rosen, J. Veegu, A. Goldhaber. *Ann. Phys.*, 34, 96 (1965).
6. Б. А. Бенецкий, В. В. Нефедов, И. М. Франк, И. В. Штраних. Краткие сообщения по физике № 12 (1970) (в печати).