

ВОЗБУЖДЕНИЕ ИЗОБАРАНАЛОГОВЫХ СОСТОЯНИЙ НЕЙТРОНАМИ В ЯДРЕ Pb^{207}

Г.Е.Беловицкий, О.С.Пресняк

В работе наблюдалось возбуждение изобараналоговых состояний (ИАС), запрещенных по изоспину в реакции $\text{Pb}^{206}(n\gamma)$. Экспериментальные данные сопоставлены с расчетом.

Изучение запрещенных по изоспину реакций с возбуждением ИАС, в частности реакций под действием нейтронов, позволяет сделать заключение как о механизме реакции, так и о механизме нарушения изоспиновой симметрии. В [1] было показано, что распад ИАС по нейтронному каналу может иметь место, если предположить смешивание состояний T_+ с фоновыми T_- . Возбуждение ИАС под действием нейтронов исследовалось в [2, 3]. Величины наблюдавшихся резонансных эффектов составляли 1 – 2% по отношению к сечению вне резонанса.

В данной работе впервые исследовалось возбуждение ИАС в составном ядре в реакции $\text{Pb}^{206}(n\gamma)$. Энергия нейтронов, необходимая для возбуждения ИАС, определялась по формуле: $E_n^{cm} = \Delta E_c - Q_{n\gamma} - B_n$, где $\Delta E_c = (1,430 Z / A^{1/3} - 0,992)$ МэВ – кулоновский сдвиг изобарной пары, Z – средний заряд изобарной пары, $Q_{n\gamma}$ – энергия реакции для исследуемого ядра, B_n – энергия связи нейтрона в родительском ядре. Величины $Q_{n\gamma}$ и B_n взяты из [4, 5]. Точность определения энергии нейтронов ± 100 кэВ. В доступном нам интервале энергий для Pb^{206} возможны два ИАС при $E_n = 13,9$ и $14,3$ МэВ.

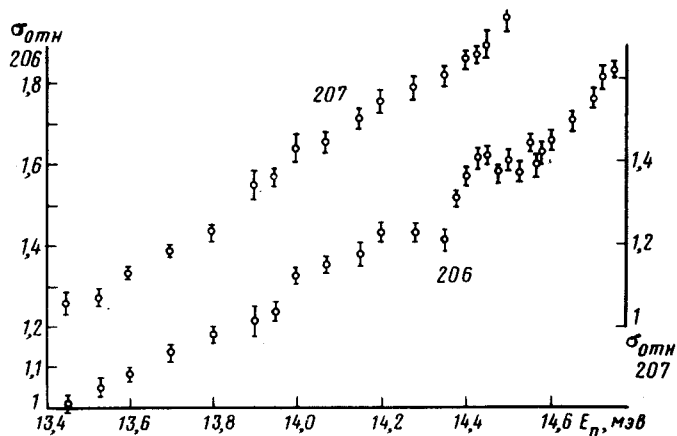


Рис. 1. Энергетическая зависимость сечений реакции $(n\gamma)$ на Pb^{206} – нижние точки (левая шкала) и на Pb^{207} – верхние точки (правая шкала)

Реакция $\text{Pb}^{206}(n\gamma) \text{Tl}^{206}$ идентифицировалась по наведенной β -активности. Остаточное ядро Tl^{206} является чистым β -излучателем с

$E_{\beta max} = 1,5$ МэВ, $T_{1/2} = 4,2$ мин. Нейтроны получались в реакции $T(dn)$. Энергия ускоренных дейтронов 300 кэВ. Диаметр пучка 2 мм. Энергия нейтронов изменялась установкой образцов под разными углами к пучку дейтронов с шагом по энергии 50 — 100 кэВ. Энергетическое разрешение не хуже 150 кэВ. Измерения выполнялись на мишенном устройстве, позволявшем не вводить поправок на поглощение. Образцы Rb^{206} имели высокую степень обогащения $Rb^{206} - 90\%$, $Rb^{207} - 7\%$, $Rb^{208} - 3\%$ и представляли собой пластины размером 30×50 мм и толщиной 0,8 мм. При облучении они устанавливались узкой стороной к источнику нейтронов. Расстояние от образцов до мишени 10 см. Время облучения 8 минут. Активность образцов измерялась на установках, каждая из которых представляла собой два торцевых счетчика, смонтированных окнами друг к другу (4π геометрия). Счетчики работали в гейгеровском режиме. Фон установки составлял 1% от измеряемой активности.

Измерение энергетического хода проводилось относительным методом, который описан в работе [6], при этом один из образцов устанавливался под разными углами α , а другой — мониторинный — стоял под фиксированным углом $\alpha = 160^\circ$ ($E_n = 13,4$ МэВ). Измерение σ_{nr} таким способом не требует стабильности пучка и специального монитора потока нейтронов.

Результаты измерений функции возбуждения реакции $Rb^{206}(n, p)$ и $Rb^{207}(nr)$, выполненные для сравнения, приведены на рис. 1. Сечение реакции $Rb^{206}(nr)$ при $E_n = 13,4$ МэВ равно 1,2 мбн [6]. Указанные на графике ошибки представляют собой полную экспериментальную ошибку и составляют для вероятности 0,7 величину 2 — 2,5%. На графике для Rb^{206} наблюдается отклонение от регулярного хода σ_{nr} при $E_n = 13,9 - 14,5$ МэВ.

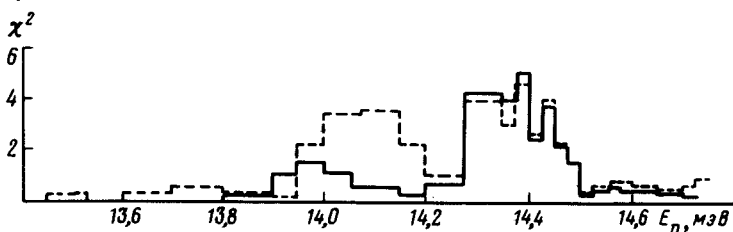


Рис. 2. Компоненты χ^2 , вычисленные относительно кривой, проведенной по МНК через все точки — гистограмма сплошной линией, и относительно кривой, проведенной без учета аномального ($E_n = 13,9 - 14,55$) интервала — пунктирная гистограмма

Обработка измерений функции возбуждения по методу хи-квадрат дает $\chi^2 = 1,2$. Однако, распределение компонент, составляющих сумму χ^2 , показывает, что наибольший вклад дают точки интервала, где наблюдаются аномалии. При этом, кривая, проведенная по методу наименьших квадратов (МНК) уже отягощена весами этих точек, и полученные отклонения являются заниженными (рис. 2). Более правильной представляется такая обработка, когда гладкая кривая проводится по МНК без учета аномального интервала. Вычисленные относительно этой кривой отклонения экспериментальных точек по χ^2 приведены на рис. 2 (пунктирная гистограмма).

Из рис. 2 видно, что в интервале энергий нейтронов 13,9 – 14,55 МэВ имеются аномальные отклонения функции возбуждения реакции $Rb^{206}(np)$ от гладкого хода, Аналогичная статистическая обработка результатов измерений $Rb^{207}(np)$ показала, что функция возбуждения реакции $Rb^{207}(np)$ подобных отклонений не имеет.

Возможной причиной аномалий в ходе сечения $Rb^{206}(np)$ является возбуждение двух изобараналоговых состояний при $E_n = 14,0$ и $14,4$ МэВ. В пользу этого имеются следующие доводы: 1) положение резонансов по энергии хорошо согласуется с расчетом, так же как и их относительное расположение по энергетической шкале; 2) экспериментальные ширины резонансов ≈ 200 кэВ, что характерно для ИАС, наблюдаемых в области тяжелых ядер.

Сопоставим экспериментальные характеристики изобараналогового резонанса при $E_n = 14,4$ МэВ ($2d_{5/2}$) с теоретически ожидаемыми. Эксперимент дает превышение сечения над фоном $\Delta\sigma_{np} = 0,12$ мбн, ширину резонанса $\Gamma \approx 150$ кэВ. Для ядер в области свинца из опытов по возбуждению ИАС протонами следует, что $0,1 \leq \Gamma_p/\Gamma \leq 0,7$. Для Rb^{206} в работе [7] в рамках оболочечной модели выполнен расчет упругой нейтронной ширины для прямого распада ИАС – Γ_n^\dagger и получено значение $0,08$ кэВ. Если теперь в резонансную формулу Брайт – Вигнера подставить эти значения Γ_p/Γ и Γ_n^\dagger , то получим $0,05 \leq \Delta\sigma_{np} \leq 0,3$ мбн. Эти теоретические значения находятся в удовлетворительном согласии с экспериментальными.

В заключение отметим наличие указания (см. рис. 2) на возбуждение ИАС при $E_n = 14,0$ МэВ ($1h_{11/2}$). Верхние значения $\Delta\sigma_{np} \approx 0,1$ мбн и $\Gamma \approx 200$ кэВ. Для получения более точных количественных характеристик этого ИАС необходимы дополнительные измерения. Соответствующие расчеты Γ_n^\dagger для этого ИАС в настоящее время отсутствуют.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
24 апреля 1979 г.

Литература

- [1] D. Robson. Phys. Rev., B, 137, 535, 1965.
- [2] Б.А.Бенецкий, В.В.Нефедов, И.М.Франк, И.В.Штраших. Краткие сообщения по физике, №3, 75, 1972; ЯФ, 17, 21, 1973.
- [3] O.Hicks, A.Leggo. J.Phys. A.Math. Nucl. Gen., 7, №3, 1974; D.Long, S.Onega. Can. J. Phys., 52, №7, 1974; H.Weigman et. al. Phys. Rev., C, 14, 1324, 1976.
- [4] Landolt - Börnstein. New Series, 1/5a, 1972.
- [5] В.А. Кравцов. Массы атомов и энергии связи ядер. М., Атомиздат, 1974.
- [6] Г.Е.Беловицкий, О.С.Пресняк, Л.В.Сухов. Нейтронная физика, ч.4, стр. 209, 1976 г. (Материалы 3-й Всесоюзной конференции по нейтронной физике, Киев, 1975 г); Краткие сообщения по физике, ФИАН, №6, 16, 1974.
- [7] В.Г.Губа, Д.Ф.Зарецкий, М.Г.Урин. Письма в ЖЭТФ, 21, 386, 1975.