

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ИАС В РЕАКЦИИ $^{207}\text{Pb}(np)$

Г.Е.Беловицкий, Ю.А.Преображенский, О.С.Пресняк

В работе исследовалась возможность возбуждения изобараналоговых состояний (ИАС) в реакции $^{207}\text{Pb}(np)$. В пределах ошибок эксперимента возбуждения ИАС не наблюдалось. Верхнее значение сечения возбуждения возможных резонансов $\sigma_{np}^R \leq 0,6$ мбн. Результаты сравниваются с экспериментальными данными, полученными в других работах, и с расчетом.

Изучение возбуждения изобараналоговых состояний в запрещенных по изоспину реакциях с нейтронами важно, как для понимания механизма реакции, так и для выяснения механизма нарушения изоспиновой симметрии.

В [1] впервые в составном ядре ^{208}Pb в реакции $^{207}\text{Pb}(nn)$ наблюдались два резонанса при $E_n = 16,6$ МэВ и $E_n = 17,2$ МэВ. Полная ширина резонансов $\Gamma = 200$ кэВ характерна для ИАС, а упругая нейтронная ширина оказалась необычно большой ($\Gamma_n = 120$ кэВ). В реакции $^{208}\text{Pb}(np)$ [2] не наблюдалось возбуждения ИАС, тогда как в $^{90}\text{Zr}(nn)$, (np) [3] наблюдалось возбуждение нескольких ИАС с типичным значением ширины $\Gamma = 50$ кэВ и $\Gamma_n = 1,0$ кэВ.

Нами ранее наблюдались ИАС в составном ядре ^{207}Pb в реакции $^{206}\text{Pb}(np)$ при энергии нейтронов 14,0 и 14,4 МэВ [4], при этом получено $\Gamma = 150$ кэВ, $\Gamma_n = 0,06$ кэВ.

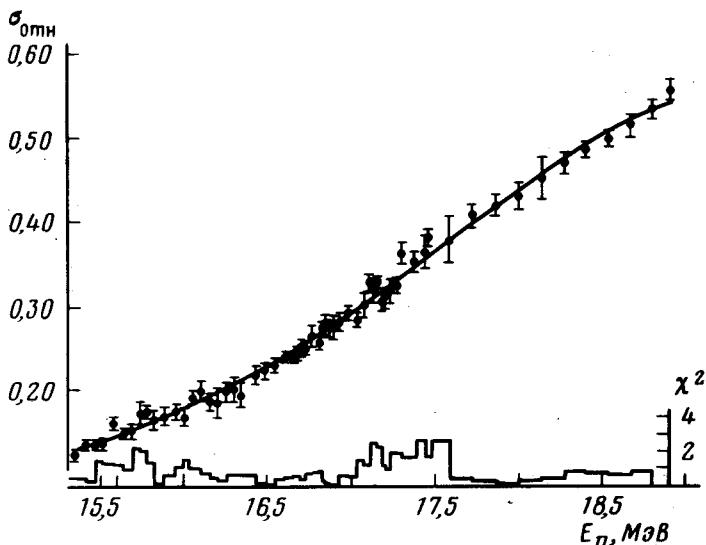
В настоящей работе исследовалось возбуждение ИАС в составном ядре ^{208}Pb в реакции $^{207}\text{Pb}(np)$ нейтронами с $E_n = 15,3 - 19,0$ МэВ. Энергия нейтронов, необходимая для возбуждения изобараналогового основного состояния материнского ядра ^{208}Tl равна 15,6 МэВ. Схема уровней ядра ^{208}Tl для энергий возбуждения более 1 МэВ неизвестна [5]. Поэтому, рассчитать значение E_n для соответствующих аналогов невозможно. Из экспериментальных данных для соседних ядер следует, что общее число уровней материнского ядра в исследуемом интервале энергий более 60. Большинство из них имеет простую частично-дырочную структуру.

Реакция $^{207}\text{Pb}(np) \text{Tl}^{207}$ с $Q = -0,7$ МэВ идентифицировалась по наведенной β -активности. Остаточное ядро ^{207}Tl является чистым β -излучателем с $E_{\beta_{max}} = 1,4$ МэВ и $T_{1/2} = 4,77$ мин. Возможны еще реакции $^{207}\text{Pb}(n, pn + nd) \text{Tl}^{206} \text{Tl}^{206}$ — чистый β -излучатель с $T_{1/2} 4,3$ мин. Эти реакции нельзя отделить от основной активационным методом. Однако, из [7] следует, что они не препятствуют наблюдению ИАС. (Реакция (nd) является дважды запрещенной по изоспину). Обогащенные образцы содержали: $^{207}\text{Pb} - 79\%$, $^{208}\text{Pb} - 18\%$, $^{206}\text{Pb} - 3\%$, поэтому измерялась суммарная активность, связанная с реакциями $^{207}\text{Pb}(np + n, pn + nd) + ^{208}\text{Pb}(np + n, pn + na)$. Нейтроны с энергией 15 — 19 МэВ получались в реакции $T(dn)$ на электростатическом генераторе ЭГ-5 из-

менением энергии дейтронов от 0,8 до 3 МэВ и установкой образцов под углами 10 и 50° к пучку дейтронов. Использовались $Ti - T$ мишени толщиной 0,6 – 0,8 мг/см². Калибровка ускорителя и толщина мишени контролировалась по порогу ($p\eta$) реакции. Энергетическое размытие пучка нейтронов около 200 кэВ, а энергетический шаг при измерениях 50 – 150 кэВ.

Образцы ^{207}Pb – пластины размером 30×50 мм² и толщиной 0,4 мм, устанавливались на расстоянии 5 см от мишени узкой стороной к источнику нейтронов. Время облучения 6 минут. Активность образцов измерялась на установках, представлявших два счетчика СБТ-10, имеющих рабочую площадь 30 см², смонтированных окнами друг к другу (4π -геометрия) и помещенных для уменьшения фона в свинцовый цилиндр толщиной 5 см, окруженный ковром из счетчиков МС-6, включенных в схему антисовпадений. Счетчики работали в гейгеровском режиме.

Мониторингирование первичного пучка нейтронов осуществлялось активацией одного из образцов ^{27}Al , ^{28}Si , ^{138}Ba , которые устанавливались под углом 120° к пучку дейтронов. Для этого угла энергия нейтронов ($\approx 13,4$ МэВ) не зависит от энергии дейтронов. Мониторные образцы обладали $T_{1/2}$ близким к 5 минутам и большим сечением реакции. В случае монитора ^{138}Ba (обогащение 99,8%) использовалась реакция $^{138}Ba(n, 2n)^{137m}Ba$ с $Q = -8,61$ МэВ. Активность изомера ^{137m}Ba , испускающего γ -лучи с $E_{\gamma} = 0,66$ МэВ, измерялась на $Ge - Li$ спектрометре. Более удобными оказались мониторы из алюминия и кремния. Использовались реакции $^{27}Al(n,p)$ и $^{28}Si(n,p)$. Их β -активность измерялась на тех же установках, что и образцов ^{207}Pb . Кроме того, они обеспечивали большую статистическую точность. Наблюдалось хорошее совпадение результатов при использовании разных мониторов.



В образцах ^{207}Pb имеется примесь изотопа ^{208}Pb , поэтому нами был измерен энергетический ход активностей в ^{208}Pb (обогащение 98%) для нейтронов с энергией 16,4 – 17,7 МэВ. Отклонения от глад-

кого хода находятся в пределах экспериментальных ошибок, а вклад ^{208}Pb в активность ^{207}Pb не превышал 25%.

Было выполнено несколько серий измерений функции возбуждения реакции $^{207}\text{Pb}(np)$. Результаты измерений приведены на рисунке (там же приведены распределения усредненных компонент χ^2). Полная экспериментальная ошибка для доверительной вероятности 0,7 в среднем около 5%. Через экспериментальные точки по методу наименьших квадратов была проведена кривая и вычислены отклонения экспериментальных точек от кривой по методу χ^2 (см. рисунок). В связи с [1] особое внимание было уделено интервалу $E_n = 16,40 - 17,20$ МэВ. Обработка во всех сериях дает $\chi^2 = 0,8 - 1,4$ и не указывает на наличие каких-нибудь аномалий. Построение компонент χ^2 , усредненных по скользящему интервалу из трех точек во всех сериях, показывает наличие выбросов с квадратичной амплитудой от 1 до 3, что не позволяет сделать выводов о наличии резонансов во всем исследуемом интервале.

Можно только сделать оценку верхнего значения резонансного сечения: $\sigma_{np}^R = 0,1\sigma_\Phi$ (две ошибки), где σ_Φ — фоновое сечение. Опираясь на [6] и настоящие измерения, с учетом вклада активности ^{208}Pb : $\sigma_\Phi = 6$ мбн, а $\sigma_{np}^R \leq 0,6$ мбн. Используя формулу Брейта — Вигнера для одиночного резонанса и значение $0,1 < \Gamma_p/\Gamma < 0,7$ для ИАС в окрестности свинца [7], получим упругую нейтронную ширину $\Gamma_n^\dagger < 10$ кэВ. Расчет [8] дает $\Gamma_n^\dagger = 0,002$ кэВ. В [1] получено $\Gamma_n^\dagger = 120$ кэВ. Это значение Γ_n^\dagger на порядок больше нашего и больше значений Γ_n^\dagger , полученных в других экспериментах [9]:

Результаты наших опытов и [1], где в том же составном ядре в полных и дифференциальных сечениях для нейтронов с энергией 16,6 и 17,2 МэВ (энергия возбуждения 24,0 и 24,6 МэВ) наблюдались резонансы с $\sigma_{np}^R = 150$ мбн можно согласовать при условии $\sigma_{np}^R = \sigma_i^R \Gamma_p/\Gamma$, откуда $\Gamma_p/\Gamma < 3 \cdot 10^{-3}$ или $\Gamma_n/\Gamma > 3 \cdot 10^2$.

В [7] в реакциях $^{208}\text{Pb}(p, \gamma, pn)$ и $^{208}\text{Pb}(e, e'p)$ при $E_p = 25$ МэВ наблюдались ИАС ($I^\pi = 1^-$). Эти резонансы не видны в реакции $^{207}\text{Pb}(np)$, что возможно связано как с меньшей величиной эффекта, так и с тем, что в реакции (np) в отличие от (γp) может возбуждаться много ИАС, которые из-за их перекрывания оказываются ненаблюдаемы.

Теперь сопоставим результаты приведенных выше трех опытов с σ_γ — полным сечением поглощения γ -лучей в ^{208}Pb [10]. Допустим, что резонансы, наблюдавшиеся в реакциях с нейтронами [1] и γ -лучами, тождественны. Резонансное сечение возбуждения ИАС в реакции (γp) : $\sigma_{\gamma p}^R = 3$ мбн [7]. Используя $\Gamma_n/\Gamma > 3 \cdot 10^2$, полученное из первых двух опытов, можно вычислить резонансное сечение для реакций $^{208}\text{Pb}(\gamma n)$: $\sigma_{\gamma n}^R = 3 \cdot 3 \cdot 10^2 = 900$ мбн. Как следует из [10] в этой области энергии γ -лучей, резонансы в σ_γ не наблюдались, хотя $\sigma_\gamma < 50$ мбн и постоянно в очень широком интервале E_γ .

Весьма вероятно, что резонансы, наблюдавшиеся в экспериментах с нейтронами и γ -лучами относятся к разным высоковозбужденным состояниям ядра ^{208}Pb . Дополнительным указанием в пользу этого служит сдвиг энергий резонансов в обоих опытах на 700 кэВ. Все это, а также необычайно большая Γ_n^\dagger , позволяет высказать предположение,

что резонансы, наблюдавшиеся в [1] возможно связаны с образованием при высоких энергиях возбуждения других входных состояний.

В заключение следует отметить близость резонансных значений энергии нейтронов в [1] с энергиями протонов при возбуждении ИАС $d_{5/2}$ и $S_{1/2}$, которые наиболее сильно возбуждаются в реакции (pp) на изотопах свинца [11].

Авторы выражают благодарность И.Я.Бариту и И.М. Франку за полезные дискуссии.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
20 февраля 1980 г.
После переработки
23 мая 1980 г.

Литература

- [1] Б.А.Бенецкий, В.В.Нефедов, И.М.Франк, И.В.Ш.раних. Краткие сообщения по физике, ФИАН СССР, №3, 75, 1972; №4, 27, 1978.
- [2] D.Long, S.Omega. Can J. Phys., 52, №7, 1974.
- [3] O.Hicks, A.Legge. J. Phys. A: Math. Nucl. Gen., 7, №3, 1974.
- [4] Г.Е.Беловицкий, О.С.Пресняк. Письма в ЖЭТФ, 29, 791, 1979.
- [5] Nucl. Data Sheets, 5, 254, 1971.
- [6] Г.Е.Беловицкий, О.С.Пресняк, Л.В.Сухов, И.В.Мамонтов. Краткие сообщения по физике, ФИАН СССР, №6, 16, 1974.
- [7] H.Dahman, F.Dreyer et al. Nucl. Phys., A164, 140, 1971; K.Shoda, S.Oikawa et. al. Nucl. Phys., A246, 365, 1975.
- [8] В.Г.Губа, Г.Н.Рыкованов, М.Г.Урин. Нейтронная физика, ч. 1, 147, 1977.
- [9] Б.Я.Гужовский. Письма в ЖЭТФ, 26, 408, 1977.
- [10] Ю.Н.Сорокин, В.А.Хрущев, Б.А.Юрьев. Изв. АН СССР, сер. физ, 36, 156, 1973.
- [11] N.Stein, J.P.Coffin et. al. Contr. Int. Conf. of properties of Nuclear Stades, Montreal, 319, 1969.