

ОКОЛОПороГОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫХОДА ПРЯМЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Б. С. Ратнер

Настоящая работа была предпринята с целью изучения прямых фото-ядерных реакций в области энергии γ -квантов, близкой к порогу испускания нуклона. Исследования подобного рода могут содержать информацию об относительно "чистых" переходах в ядре с возбуждением малого числа степеней свободы.

Измерения выхода реакции (γ, p) были проведены для двух ядер: оболочечного по протонам, четно-четного изотопа никеля Ni^{64} и ядра Cr^{53} . Большая положительная величина разности энергии связи протона и нейтрона (2,82 Мэв для Ni^{64} и 3,19 Мэв для Cr^{53} [1]) приводит к подавлению вероятности испускания "испарительных" протонов, что позволяет отнести указанные реакции к прямым. Образец никеля весом в 0,884 г, обогащенный изотопом Ni^{64} до 90,3% и образец окиси хрома весом в 2,0 г (по металлу), обогащенный изотопом Cr^{53} до 84,3%¹⁾ помещались в пучок γ -квантов от синхротрона с максимальной энергией $E_{\gamma m} = 35$ Мэв на расстоянии 25 см от внутренней мишени ускорителя – вертикально расположенной платиновой проволоки диаметром 0,3 мм.

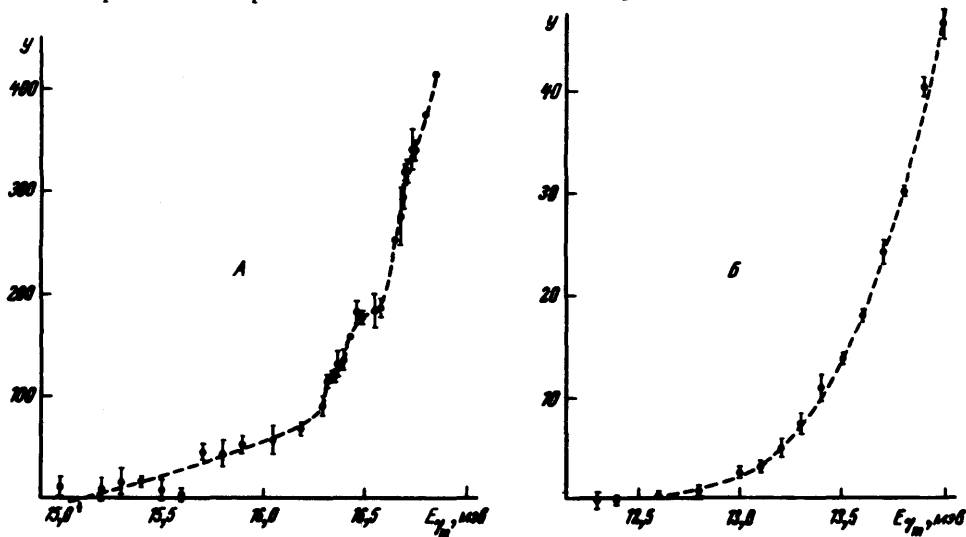


Рис. 1. Выход реакций $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$ – А и $Cr^{53}(\gamma, p)U^{52}$ – Б. вблизи порога, усредненный по $E_{\gamma m}$ в интервале 10 – 100 кэв

Эффективная толщина мишени обусловлена, в основном, шагом спирали пучка электронов, который составлял 1 мк. Наведенная в образцах активность регистрировалась посредством проточных счетчиков [2]. Период полураспада конечного ядра Co^{63} , равный 34,8 сек был найден в предварительных измерениях [3]. Проверка стабильности энергии

¹⁾ Образцы получены в Государственном фонде стабильных изотопов СССР.

$E_{\gamma m}$ осуществлялась согласно [4], до и после облучения образцов, причем статистическая ошибка в определении $E_{\gamma m}$ составляла, в среднем, $\pm 1,3$ кэв. При измерении выхода реакции $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$ фон был связан, главным образом, с вкладом реакции $Ni^{64}(n, \gamma)Ni^{65}$ с $T = 154$ мин.

В отдельных измерениях в качестве дополнительного монитора использовалась реакция $Cu^{63}(\gamma, n)Cu^{62}$.

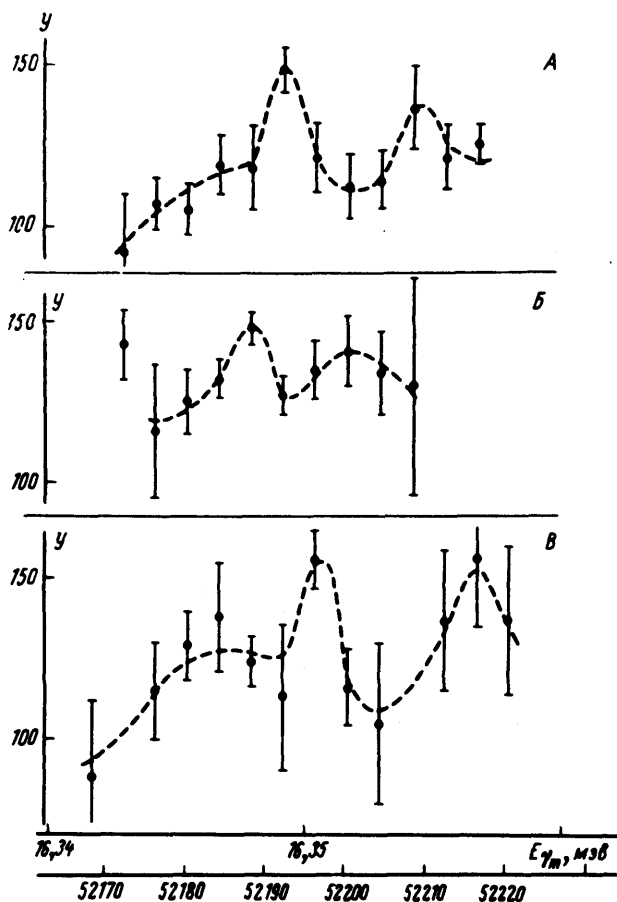


Рис. 2. Выход реакции $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$ в районе $E_{\gamma m} = 16,35$ Мэв

Результаты измерения выхода (γp) усредненного по $E_{\gamma m}$ в интервале 10 – 100 кэв показаны на рис. 1. Превышение наблюдаемого порога реакции над истинным порогом составляет $1,5 \pm 0,1$ Мэв для реакции $Cr^{53}(\gamma, p)U^{52}$ и $2,6 \pm 0,2$ Мэв для реакции $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$. Сечение последней реакции при $E_{\gamma m} = 16,2$ Мэв $\sigma = 1 \cdot 10^{-29}$ см². Для реакции $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$ были проведены тщательные измерения отдельных участков кривой выхода в более узких интервалах $E_{\gamma m}$. На рис. 2 показан один из участков в районе $E_{\gamma m} = 16,35$ Мэв, исследованный в трех сериях (А, Б, В) измерений на протяжении года. Каждая точка объединяет результаты 15 – 20 измерений в интервале $E_{\gamma m} = 1,3$ кэв. Ошибки выхода – средне квадратичные. Другой участок той же кривой в районе $E_{\gamma m} = 16,70$ Мэв показан на рис. 3, а. Изменение энергии $E_{\gamma m}$ за время одного цикла измерений (~ 3 часов) носит монотонный характер [4]. Поэтому, более точно форма кривой выхода следует из ре-

зультатов отдельных циклов (рис. 3, б). В этом случае, однако, статистическая точность измерений выхода оказывается недостаточной (приведены статистические ошибки).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в кривой выхода реакции $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$ в области близкой к порогу реакции, помимо нарастающей части имеется часть, состоящая из отдельных узких ($\sim 1 \text{ кэВ}$) пиков. Оценка по критерию χ^2 дает для вероятности того, что χ^2 больше величины, рассчитанной в предположении сглаженной кривой выхода, значения $p = 0,001, 0,2$ и $0,05$ для данных А, Б, В рис.2, соответственно и $p = 0,0001$ для рис. 3.

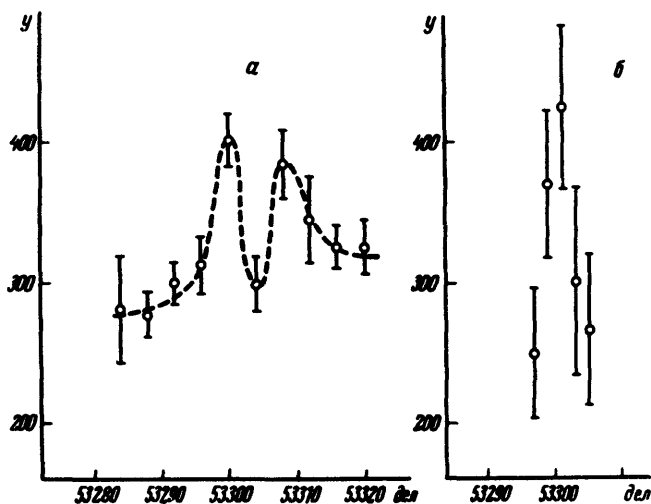


Рис. 3. Выход реакции $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$ в районе $E_{\gamma m} = 16,70 \text{ МэВ}$: а – суммарные данные, полученные в течение одного месяца, б – результаты одного цикла измерений

Как известно, сплошной характер спектра γ -квантов не допускает существования пиков в кривой выхода фотоядерной реакции при любом виде сечения. Для объяснения аномального хода выхода реакции $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$ представляется необходимым предположить присутствие, помимо тормозного спектра γ -квантов, узкой (порядка 1 кэВ) γ -линии с энергией, близкой к кинетической энергии ускоренных электронов и интенсивностью, равной интенсивности тормозного спектра в области $0,2 - 0,4 \text{ МэВ}$ от верхней границы.

В измерениях спектра тормозного излучения вблизи верхней границы, проведенных до сих пор, такая добавка не могла быть обнаружена, поскольку они осуществлялись либо с разрешением по энергии не лучше 100 кэВ , либо с использованием шага $\Delta E_{\gamma m}$, много большего, чем ширина предполагаемой линии.

При изучении выхода фотоядерных реакций указанная линия в спектре γ -квантов может проявиться лишь в тех случаях, когда сечение вблизи порога состоит из отдельных узких пиков. По-видимому, значительное различие в плотности одночастичных уровней оболочечного, четного ядра Ni^{64} и нечетно-четного ядра Cr^{53} приводит к тому, что

лишь для первого ядра наблюдается необычная структура в кривой выхода. Значительный сдвиг относительно порога начала кривой выхода реакций $Ni^{64}(\gamma, p)Co^{63}$ по сравнению с реакцией $Cr^{53}(\gamma, p)U^{52}$ обусловлен, вероятно, той же причиной.

Автор весьма признателен Ю.Н.Ефимову, обеспечившему хорошую работу синхротрона. Автор также благодарит С.С.Вербицкого, Б.С.Долбилкина и Л.Е.Лазареву за полезное обсуждение результатов.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
22 апреля 1971 г.

Литература

- [1] J.H.E.Mattauch, W.Thiele, A.H.Wapstra. Nucl. Phys., 67, 32, 1965.
 - 2] В.Г.Волков, Н.И.Изотов, Б.С.Ратнер. ПТЭ, №4, 64, 1969.
 - [3] Б.С.Ратнер. Препринт №16 ФИАН, 1969.
 - [4] Б.С.Ратнер. ПТЭ, №1, 32, 1970; Б.С.Ратнер. Препринт №66 ФИАН, 1970.
 - [5] E.G.Fuller, E.Hayward, H.W.Koch. Phys. Rev., 109, 630, 1958.
-