

СПЕКТРОМЕТР γ -КВАНТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИИ
($n, n'\gamma$) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ПУЧКА НЕЙТРОНОВ

А. С. Белов, Ю. М. Бурмистров, Е. С. Конобеевский,
Ю. Г. Куденко, В. И. Попов, В. М. Скоркин

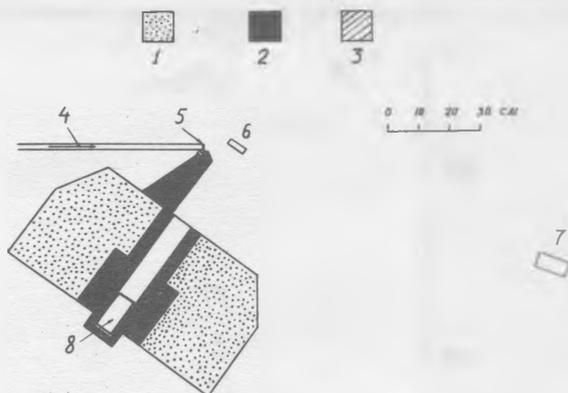
УДК 539.1.074; 539.172.4

Описана установка для измерения сечений реак-
ций ($n, n'\gamma$) с дискриминацией фона по времени про-
лета. Представлены результаты измерения для
 ^{152}Sm при $E_n = 850$ кэВ.

Метод исследования неупругого рассеяния нейтронов, основан-
ный на регистрации γ -квантов, получил особенно широкое распро-
странение в последние годы, благодаря созданию германиевых детек-
торов большого объема. Основные трудности в спектрометрии γ -кван-
тов реакции ($n, n'\gamma$) связаны со значительным фоном γ -излучения,
возникающим при неупругом рассеянии и захвате нейтронов в детек-
торе и окружающих материалах. Во многих случаях эффективным ме-
тодом подавления фона является использование импульсного источ-
ника нейтронов и временного отбора событий при измерении спектра
 γ -квантов. Наибольшую сложность в таких экспериментах представ-
ляет исследование спектров при рассеянии нейтронов на тяжелых
деформированных ядрах. Это связано с малой энергией возбуждения
нижних уровней таких ядер, что приводит к необходимости регистра-
ции γ -спектров с нижней границей ≤ 100 кэВ. Эффективное подав-
ление фона при этом становится особенно существенным ввиду того,
что при энергии ~ 100 кэВ коэффициенты внутренней конверсии и
поглощения γ -квантов имеют большие величины.

В настоящей статье описана установка, предназначенная для
исследования реакции ($n, n'\gamma$) при энергии нейтронов $\leq 1,5$ МэВ,
использующая в качестве нейтронного генератора электростатичес-
кий ускоритель ЭГ-2,5 в импульсном режиме. Импульсный источник

протонов, установленный на ускорителе, был описан ранее /1/. Особенность источника состоит в использовании группирования пучка с помощью продольно распределенного импульсного электрического поля. Группирователь такого типа позволяет легко перестраивать частоту следования импульсов в широком диапазоне и особенно удобен



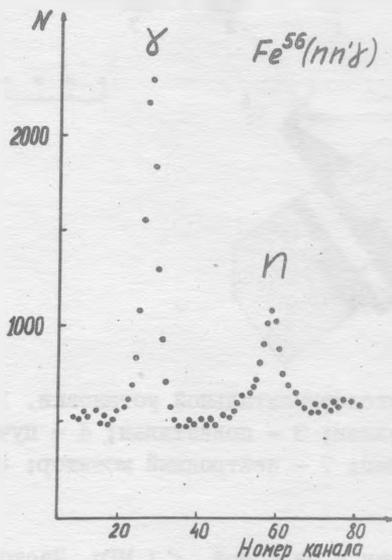
Р и с. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - смесь парафина с Li_2CO_3 ; 2 - свинец; 3 - полиэтилен; 4 - пучок протонов; 5 - мишень; 6 - образец; 7 - нейтронный монитор; 8 - $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектор

для получения пучка с частотой < 1 МГц. Частота пучка в данных экспериментах равнялась 700 кГц, что позволило получить больший коэффициент подавления непрерывного фона по сравнению с другими аналогичными установками, где используемые частоты составляют обычно несколько МГц.

Схема спектрометра показана на рис. 1. Для регистрации γ -квантов используется $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектор объемом 62 см^3 , имеющий энергетическое разрешение 2,3 кэВ при энергии 1330 кэВ. Источником нейтронов служит тритий-титановая мишень, бомбардируемая протонами. Образец в форме диска устанавливается на расстоянии 11 см от мишени. Детектор помещается в коллиматор и располагается на расстоянии 60 см от образца под углом $\theta = 125^\circ$ относительно направления падающих нейтронов. Коллиматор сделан из свинца и смеси парафина с Li_2CO_3 , а его входное отверстие защищено от нейтронов из мишени свинцовым конусом с наконечником из полиэтилена. Для регистрации

потока нейтронов используется время-пролетный сцинтилляционный счетчик, состоящий из ФЭУ-ИО с кристаллом стильбена.

На рис. 2 изображен время-пролетный спектр нейтронов и γ -квантов, регистрируемых Ge(Li)-детектором, полученный с образцом железа при $E_n = 1$ МэВ. Ширина линии γ -квантов на половине высоты равна 8,5 нс и определяется в основном длительностью импульса

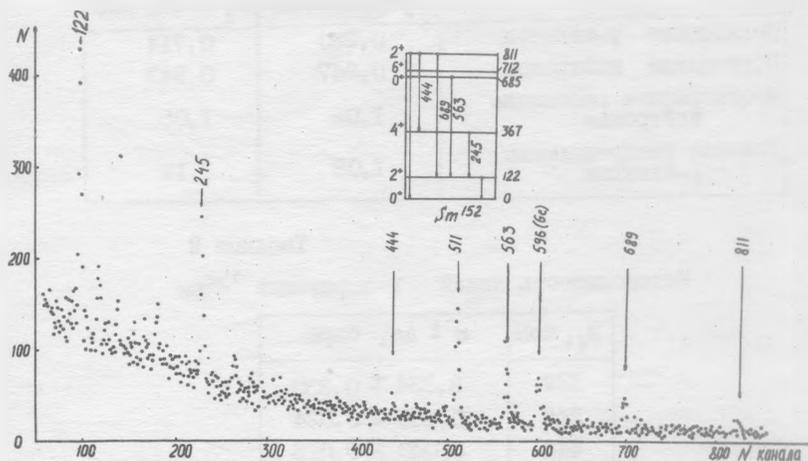


Р и с. 2. Время-пролетный спектр нейтронов и γ -квантов с образцом железа. Ширина канала 2,1 нс, $E_n = 1$ МэВ, $\theta = 125^\circ$

тока пучка. Временной разброс, вносимый детектором, не превышает 4 нс в динамическом диапазоне амплитуд 0,1–1 МэВ. Пики γ -квантов и нейтронов полностью разделяются, что дает возможность снизить фон примерно в 100 раз при измерении $\sigma(n, n' \gamma)$ с нижним порогом регистрации γ -квантов 100 кэВ.

Этот спектрометр был использован для измерения сечения реакции $(n, n' \gamma)$ на ^{152}Sm при энергии нейтронов 850 кэВ. В качестве образца использовался обогащенный до 98,9% изотопом ^{152}Sm порошок Sm_2O_3 , помещавшийся в контейнер диаметром 5,7 см и высотой 1,7 см. Общий вес образца – 52,6 г, количество изотопа ^{152}Sm –

44,7 г. Измерение проводилось в течение 10 часов при среднем токе на мишени 4 мкА. Спектр γ -квантов и схема уровней ^{152}Sm показаны на рис. 3. Для линий 122 и 245 кэВ выход γ -квантов из реакции $(n, n^{\prime}\gamma)$ определен со статистической точностью 5–7%. При определении сечений был проведен расчет ряда поправок, величины которых для линий 122 и 245 кэВ приведены в табл. I. Поправки на



Р и с. 3. Спектр γ -квантов при неупругом рассеянии нейтронов на образце ^{152}Sm при $E_n = 850$ кэВ, $\theta = 125^\circ$

поглощение и многократное рассеяние нейтронов в образце рассчитывались по методике, описанной в /2/. При расчете поглощения γ -квантов использованы значения коэффициентов поглощения для Sm из таблиц /3/. Эффективность счетчика определялась экспериментально с помощью набора калиброванных источников. Коэффициенты внутренней конверсии взяты из таблицы /4/.

Для определения абсолютных значений сечений проведена нормировка по линии 245 кэВ. Нормировочное значение сечения для уровня 4^+ , составляющее 0,215 барна, было взято из /5/. В табл. 2 приведены сечения возбуждения γ -линий спектра ^{152}Sm в барнах, нормированные на $\sigma(4^+)$.

С учетом схемы переходов ^{152}Sm были получены следующие значения сечений возбуждения уровней, указанных на схеме (в барнах):

$$\sigma_1(2^+) = 2,71 \pm 0,30; \quad \sigma(0^+) = 0,181 \pm 0,027;$$

$$\sigma_2(2^+) = 0,220 \pm 0,038.$$

Таблица I
Численные значения поправочных коэффициентов

	$E_\gamma = 122$ кэВ	$E_\gamma = 245$ кэВ
Поглощение γ -квантов	0,260	0,714
Поглощение нейтронов	0,947	0,947
Многokратное рассеяние нейтронов	1,05	1,05
Угловое распределение γ -квантов	1,05	1,13

Таблица 2
Интенсивность линий γ -переходов ^{152}Sm

E_γ , кэВ	$\sigma \pm \Delta\sigma$, барн
122	$3,334 \pm 0,330$
245	$0,255 \pm 0,024$
444	$0,040 \pm 0,015$
563	$0,178 \pm 0,027$
689	$0,119 \pm 0,017$
811	$0,061 \pm 0,015$

В дальнейшем на этой установке будут проведены измерения $\sigma(n, n'\gamma)$ в области деформированных ядер. Авторы выражают благодарность за помощь при проведении измерений Г. А. Юрченкову, А. В. Климанову, Т. Е. Григорьевой.

Институт ядерных исследований
АН СССР

Поступила в редакцию
12 июня 1979 г.

Л и т е р а т у р а

1. А. С. Белов, Ю. М. Бурмистров, Г. А. Юрченков, ПТЭ (1979) (в печати).
2. С. А. Engelbrecht, NIM, 80, 187 (1970).
3. Э. Сторм, Х. Исразль, Сечения взаимодействия гамма-излучения. Справочник, Атомиздат, М., 1973 г.
4. R. S. Hager, E. S. Seltzer, Nucl. Data, A4, 1 (1968).
5. В. П. Ефросини, Е. С. Конобеевский, В. И. Попов, В. М. Скоркин, И. В. Суркова. Тезисы докладов XXIX Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Л., Наука, 1979 г., 274.