

С 341.2а

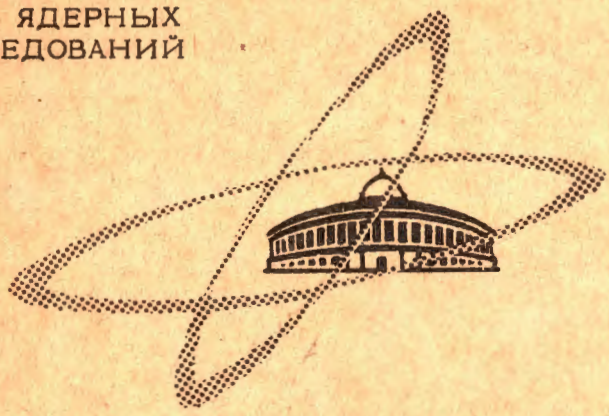
3/12/65

А-465

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2014



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Ю.А.Александров, Ю.В.Рябов, Г.С.Самосват

ПОПЫТКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧЕТНОСТИ
ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ Pu^{239}

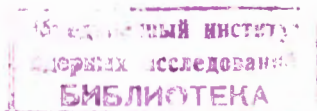
1965

P-2014

Ю.А.Александров, Ю.В.Рябов, Г.С.Самосват

ПОПЫТКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧЕТНОСТИ
ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ Pu^{240} *)

Работа была представлена в качестве доклада
на XIV ежегодном совещании по ядерной спектроскопии
в Тбилиси, февраль 1964 г.



В в е д е н и е

В настоящее время принято, что четность основного состояния Pu^{239} положительна /2/. Однако в ряде работ /3,4,5/ обращалось внимание на то, что этот вывод не может считаться окончательным, и ставился вопрос о дополнительной проверке четности. В работе /3/ была предложена систематика четностей основных состояний α - активных ядер. Одним из немногих исключений в этой систематике была положительная четность Pu^{239} . В работе /4/ было показано, что формула Вера-Уиллара /6/ для среднего значения делительных ширин уровней составного ядра с заданным спином и четностью дает удовлетворительное согласие с экспериментом на делениях в ядрах U^{235} , U^{233} и Pu^{241} . Однако для резонансов со спином 0 четности Pu^{239} расхождение составляет почти 2 порядка. Авторы работы /4/ отмечают, что это расхождение устраняется, если основное состояние Pu^{239} имеет отрицательную четность.

Одним из возможных путей получения информации о четности основного состояния Pu^{239} является изучение спектров γ -лучей реакции $Pu^{239}(\alpha, \gamma) Pu^{240}$ /4/, в процессе которой могут образовываться состояния составного ядра Pu^{240} со спинами 0 и 1.

На рис. 1 приведена схема нижних уровней Pu^{240} /2/ и указаны возможные переходы на эти уровни из захватных состояний обоих спинов как для положительной, так и для отрицательной четности. Если принять во внимание известные соотношения вероятностей Y - переходов различных типов, то из этого рисунка можно видеть, что в случае отрицательной четности общая интенсивность переходов на уровни Pu^{240} с возбуждением до 700 кэВ в резонансах со спином 1 должна быть много больше, чем соответствующая интенсивность в резонансах со спином 0. В случае же положительной четности этот эффект будет гораздо слабее. В частности, для переходов в основное и первое возбужденное состояния такая зависимость интенсивности от спина исходного состояния обуславливается различием вероятностей переходов типа E1 и M2 при отрицательной четности и переходов M1 и E2 - при положительной.

Исходя из этого, в данной работе была предпринята попытка измерения Y -лучей от захвата нейтронов в ряде резонансов Pu^{239} . Возможности подобного эксперимента сильно ограничиваются наличием Y -лучей деления, вклад которых необходимо учитывать.

Помимо информации о четности Pu^{238} , исследование γ - спектров радиационного захвата резонансных нейтронов само по себе представляет интерес, так как подобные сведения для делящихся ядер в литературе отсутствуют.

Измерения

Измерения выполнены на импульсном реакторе Объединенного института ядерных исследований с использованием метода времени пролета нейтронов при разрешении около 0,5 мксек/м. Образец плутония весом 193 г располагался в пучке нейтронов на расстоянии 100 м от реактора. Спектрометром γ - лучей служил цилиндрический кристалл $\text{NaI}(\text{Tl})$ размером 90x90 мм с фотоумножителем ФЭУ - 2Б, находящийся вне пучка в свинцовой и борной защите. Энергетическая шкала спектрометра калибровалась с помощью источников Na^{22} ($E_\gamma = 1,28$ Мэв) и $\text{Po} - \text{Be}$ ($E_\gamma = 4,43$ Мэв).

Импульсы с фотоумножителя анализировались по времени появления относительно нейтронных импульсов реактора и по амплитуде двумерным анализатором с 32 временными и 64 амплитудными каналами, сделанным на базе серийного анализатора. Это давало возможность одновременно измерять спектры γ - лучей, вызываемых поглощением нейтронов различных энергий.

Измерения проводились в два приема: мягкая часть спектра (1-5 Мэв) измерялась около 8 часов, жесткая часть (4,5 - 8,5 Мэв) - 53 часа.

В той же геометрии был измерен спектр γ - излучения образца при остановленном реакторе. Жесткая часть этого спектра целиком обязана спонтанноделящемуся изотопу Pu^{240} , присутствующему в образце. Как и при делении Pu^{239} нейтронами, она содержит сравнимые вклады мгновенных γ - лучей деления и γ - лучей от захвата нейтронов деления в кристалле и окружающих материалах. В более мягкой части добавляются γ - лучи от осколков и α - распада.

Кроме того, для абсолютных оценок выхода γ - линий было проведено измерение спектров γ - лучей реакции $\text{Pt}^{195}(n,\gamma)\text{Pt}^{196}$ в резонансах при 11,9 и 19,6 эв с известным выходом трех самых жестких линий ^{17/}. Разница в суммарных выходах этих линий для указанных резонансов величиной в 1,6 кванта на 100 захваченных нейтронов надежно регистрировалась нашим спектрометром.

Результаты и их обработка

В таблице приведены параметры резонансов $\text{Pu}^{239}/8,9/$, в которых были измерены спектры γ - лучей. Эти спектры содержат вклады захвата и деления. Часть временного спектра импульсов, содержащая пять исследованных резонансов, показана на рис. 2.

Для суждения о четности нужно было выяснить различия в спектрах вблизи энергии связи нейтрона ($\approx 6,5$ Мэв) и связь этих различий со спинами резонансов. Однако сравнение всех измеренных спектров показало, что их формы выше 4-5 Мэв в пределах ошибок совпадают. Поскольку нет причин ожидать различий в γ -спектрах от деления в разных резонансах, то отсюда следует, что не обнаружено различий в γ -спектрах захвата. Привлечение данных по Pt^{195} позволило дать оценку для разности интенсивностей переходов из состояний со спином 1 и спином 0 на нижние уровни 0^+ и 2^+ ядра Pu^{240} : $I_\gamma < 0,1$ кванта на 100 поглощенных нейтронов. В шестом столбце таблицы эта оценка, пересчитанная на 100 нейтронов радиационного захвата, приводится для разных резонансов.

Дальнейшая информация о спектрах захвата была получена путем нормирования всех спектров по площади выше 6,6 Мэв, в которую дает вклад только деление. Результат нормирования изображен на рис. 3. Видно, что кривые начинают расходиться только при энергии ниже 5 Мэв. При этом в соответствии с относительным вкладом захвата (пятый столбец таблицы) ниже всех идет кривая для резонанса 10,93 эв, выше всех — для резонанса 11,90 эв; остальные кривые располагались между ними и на рисунке не показаны. Вычитание нижней кривой из всех остальных дает чистые спектры захвата за вычетом некоторой части захватного спектра резонанса 10,93 эв (рис. 4). Площади этих спектров $S_{\text{эксп}}$ почти совпадают с соответствующими площадями $S_{\text{расч}}$ полученными из известных ширин резонансов Γ_γ и Γ_f . Неточное совпадение вызвано, по-видимому, неполным разделением резонансов, особенно при 10,93 и 11,90 эв.

На рис. 4 видно, что все спектры кончаются значительно раньше энергии связи нейтрона. Подсчет соответствующих площадей приводит к тому, что суммарная интенсивность переходов на уровни с энергией возбуждения ниже 700 кэв $I_\gamma < 0,5$ кванта на 100 поглощенных нейтронов. Эта оценка в пересчете на 100 захватов приведена в седьмом столбце таблицы для отдельных резонансов.

Т а б л и ц а
Параметры резонансов и оценки интенсивностей γ -лучей

Энергия резонанса, эв	Спин	Γ_γ , мэв	Γ_f , мэв	$\frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma_\gamma + \Gamma_f}$	Выход γ -лучей на 100 захватов I_γ	
					$E_\gamma > 6,3$ Мэв	$E_\gamma > 5,6$ Мэв
0,297	0	39 ± 2	61 ± 2	$0,39 \pm 0,03$	-	-
7,84	.1	38 ± 3	42 ± 3	$0,47 \pm 0,05$	$< 0,2$	< 1
10,93	1	32 ± 13	147 ± 10	$0,18 \pm 0,09$	$< 0,6$	-
11,90	1	41 ± 5	22 ± 2	$0,65 \pm 0,04$	$< 0,15$	< 1
17,5	1	39 ± 7	46 ± 7	$0,46 \pm 0,10$	$< 0,2$	< 1
22,2	0	35 ± 6	75 ± 6	$0,32 \pm 0,08$	-	$< 1,5$

Несколько выпадает из общей картины спектр резонанса при 22,2 эв, имеющего наименьший после резонанса при 10,83 эв вклад захвата и нулевой спин. Площадь жесткого хвоста* для него получается отрицательной и лежит за пределами ошибок. Не исключено, что спектр захвата для этого резонанса мягче остальных. Однако определенные выводы отсюда сделать пока трудно.

В ы в о д ы

1. Проведенные измерения показали, что в составном ядре Pu^{240} , по-видимому, отсутствуют или сильно затруднены переходы типа E1 и M1 из исходных захватных состояний на нижние уровни 0^+ , 2^+ и 1^- с возбуждением до 700 кэВ.

2. Поскольку переходов, подлежащих сравнению, не обнаружено, вопрос о четности основного состояния Pu^{240} остается открытым.

3. Для уточнения настоящих результатов полезно провести подобные измерения более "чисто"; во-первых, нужно отделить спектр захвата от спектра деления, во-вторых, желательно улучшить энергетическое разрешение γ -спектрометра.

Авторы признательны Ф.Л.Шапиро за большой интерес и внимание к работе. Мы благодарны также Н.С.Работнову и Л.Н.Усачеву за полезные обсуждения, Б.Е.Журавлеву и В.Г.Тицину за обеспечение работы электроники и А.А.Лошкареву за помощь при измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. Программа и тезисы докладов XIV ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Тбилиси, февраль 1984 г., стр. 70.
2. Б.С.Джеленов, Л.К.Пекар. Схемы распада радиоактивных ядер. Изд. АН СССР, М-Л, 1958.
3. В.Н.Андреев. Препринт ИТЭФ №34, 1962, ЖЭТФ, 42, 913, 1962.
4. Л.Н.Усачев, В.А.Паалалчук, Н.С.Работнов. Сообщение на XIII ежегодном совещании по ядерной спектроскопии, Киев, 1963.
5. И.В.Кириячиков, К.Г.Игнатьев, С.И.Сухоручкин. Препринт ИТЭФ № 153, 1963.
6. N.Bohr, I.A.Woodard. Phys. Rev., 55, 1124 (1939).
7. I.E.Chinen, N.M.Bohotin, M.Pelevsky. Phys. Rev., 127, 1680 (1962).
8. Д.Юз, Р.Шварц. Атлас нейтронных сечений. Атомиздат, 1959.
9. J.S.Braver, J.B.Schwartz. Nucl. Phys., 30, 269 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел
20 февраля 1985 г.

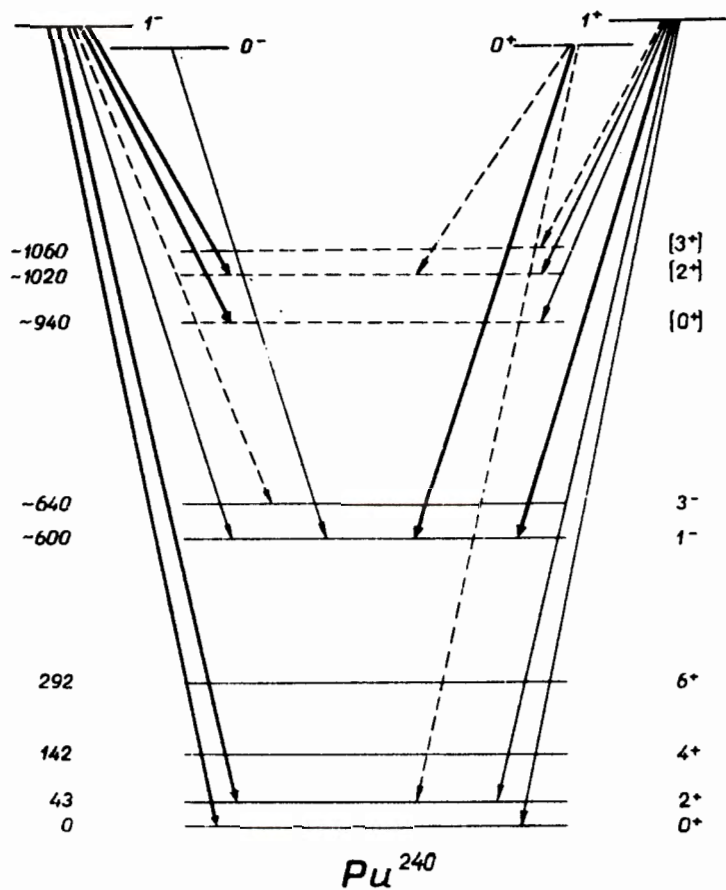


Рис. 1. Схема уровней Pu^{240} и возможные γ -переходы из различных состояний составного ядра. Показаны только переходы типа E1, M1 и E2 соответственно толстыми, тонкими и пунктирными стрелками.

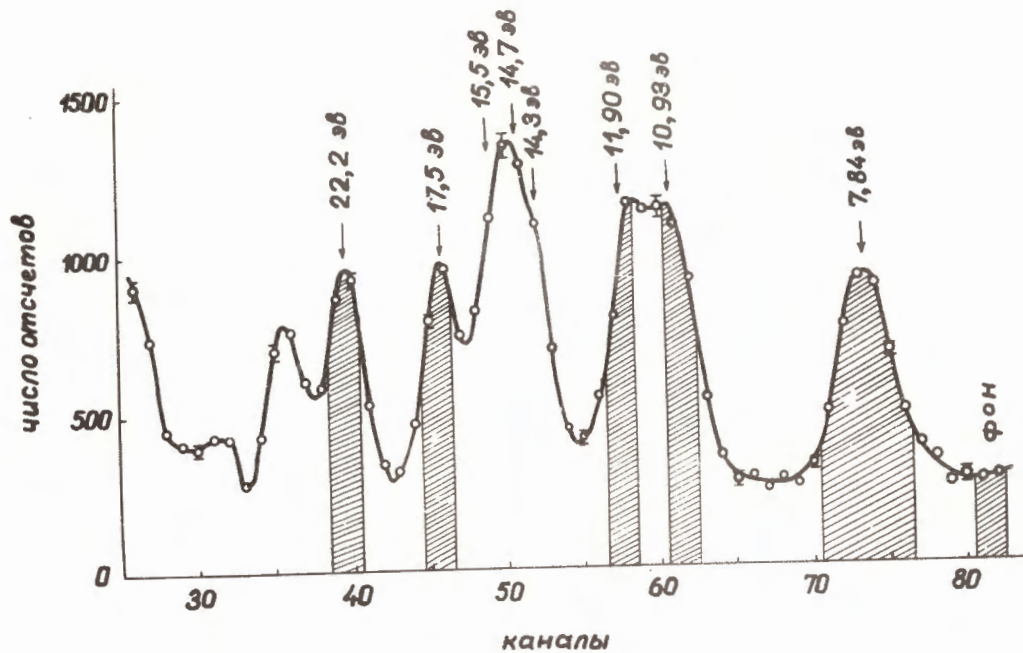


Рис. 2. Участок временного спектра, полученного при пороге регистрации γ -лучей около 1 Мэв. Отмечены положения резонансов Pu^{239} . Заштрихованы участки временного спектра, в которых исследовались амплитудные спектры. Один из участков служил фоном.

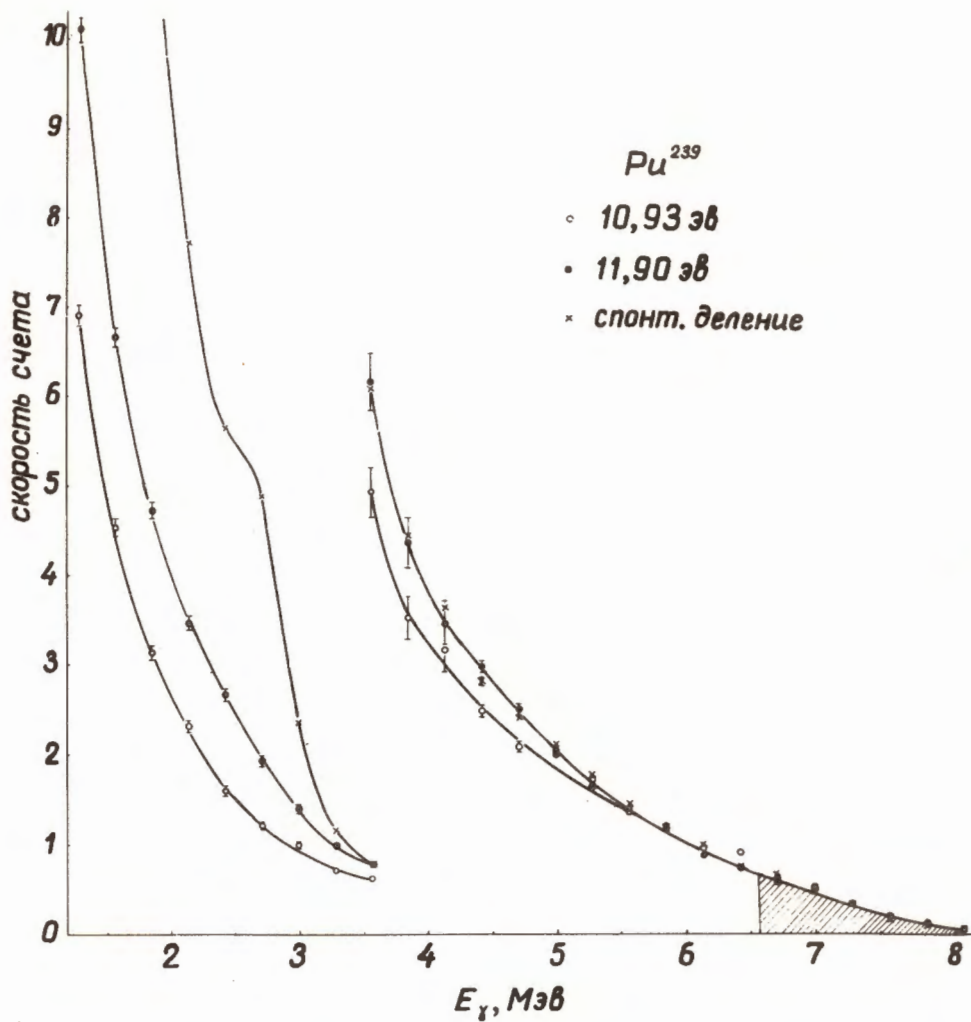


Рис. 3. Результат нормирования спектров выше 6,6 Мэв (область нормировки заштрихована). Показаны только две кривые, остальные проходят между ними. Приводится также γ -спектр необлучаемого образца.

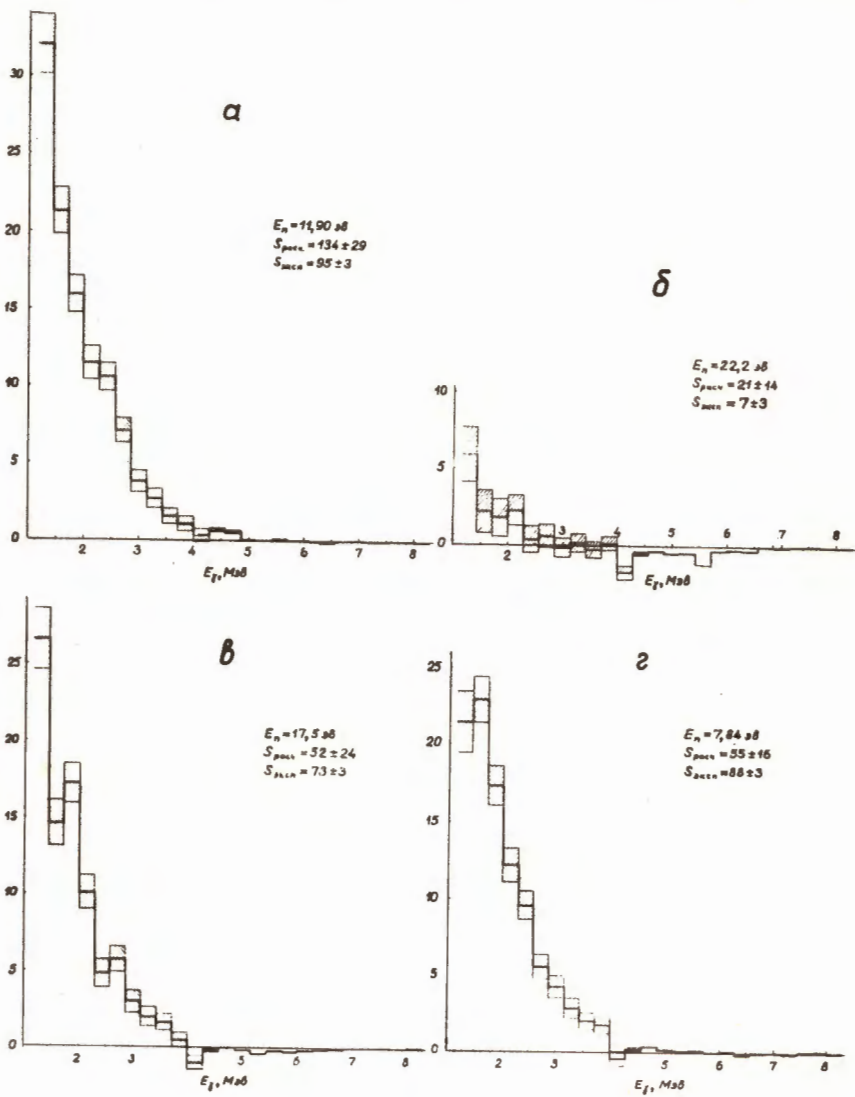


Рис. 4. Спектры γ -лучей захвата, полученные путем вычитания суммарного спектра резонанса при 10,83 эв с малым вкладом захвата из спектров остальных резонансов. Площади спектров $S_{\text{эксп}}$ и $S_{\text{расч}}$ даны в произвольных единицах, выбранных так, что сумма всех $S_{\text{расч}}$ совпадает с суммой всех $S_{\text{эксп}}$.