

СЗУ.26

15/III-71

А-828

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

739/2-71

P6 - 5517



Р. Арльт, Г. Байер, Я. Ваврыщук, В.А. Морозов,
Т.М. Муминов, В.И. Разов, Я. Сажински,
Х. Фую, Х. Штрусный, Э. Херрман

АБСОРПЦИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ^{141}Pm
МЕТОДОМ ЗАДЕРЖАННЫХ СОВПАДЕНИЙ
И УГЛОВЫХ ГАММА-ГАММА
КОРРЕЛЯЦИЙ НАПРАВЛЕНИЙ

1970

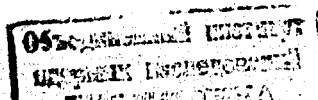
P6 - 5517

Р. Арлыт, Г. Байер, Я. Ваврышук, В.А. Морозов,
Т.М. Муминов*, В.И. Разов**, Я. Сажински,
Х. Фуя, Х. Штрусный, Э. Херрман

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ^{141}Pm
МЕТОДОМ ЗАДЕРЖАННЫХ СОВПАДЕНИЙ
И УГЛОВЫХ ГАММА-ГАММА
КОРРЕЛЯЦИЙ НАПРАВЛЕНИЙ

* Самаркандский государственный университет

** Дальневосточный государственный университет



Арлт Р., Байер Г., Ваврышук Я., Морозов В.А.,
Муминов Т.М., Разов В.И., Сажински Я., Фуя Х.,
Штрусный Х., Херрман Э.

P6-5517

Исследование уровней ^{141}Pm методом задержанных
совпадений и угловых гамма-гамма корреляций направлений

Измерены периоды полураспада и определены спины уровней с энер-
гией 196,5; 628,7 кэВ в ядре ^{141}Pm .

Сообщения Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1970

Arlt R., Beyer G., Vavryschuk Ya.,
Morosov V.A., Muminov T.M., Rasov V.I.,
Sazynski J., Fuiia H., Strusny H., Herrmann E.

P6-5517

Investigation of the ^{141}Pm Levels by the Delayed
Coincidences and the Angular γ - γ Correlation Method

The half-lives are measured and the spins for the 196.5;
628.7 keV levels in the ^{141}Pm nucleus are determined.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1970

Для ^{141}Sm хорошо изучена схема распада, известны энергии уровней/1,2/, но достаточного количества данных для анализа природы уровней ^{141}Pm не было.

В результате данной работы методом задержанных совпадений впервые измерены периоды полураспада уровней 196,5; 628,7; 974,0 кэв и методом угловых корреляций направлений определены спины уровней 628,7 и 196,5 кэв.

Получение источника³

Измерения проводились с источником ^{141}Sm , полученного при 10 + 25 мин облучении на внешнем пучке протонов ($E_p = 660$ Мэв) синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ порошкообразной мишени в виде комплекса (NH_4) (Dy - ДПТА^{x/}) весом 0,5 + 1,0 г с последующим быстрым хроматографическим разделением продуктов реакции/3/.

Экспериментальная методика и результаты

Периоды полураспада уровней с энергиями 628,7; 974,0 кэв измерены на двухмерном временном анализаторе/4/ в режиме задержанных

^{x/} ДПТА - диэтилен triаминпентауксусная кислота.

гамма-гамма совпадений. Для регистрации гамма-квантов использовались: в одном опыте два кристалла NaJ(Tl) размерами δ 40x40 мм; в другом - Ge(Li) детектор ($V_{\text{эф}} = 38,5 \text{ см}^3$) и кристалл NaJ(Tl) - δ 40 x 40 мм. Временное разрешение для двух NaJ(Tl) кристаллов получено равным $2\tau_0 = 3 \cdot 10^{-9}$ сек ($E_{\gamma} = 511$ кэв), для $\text{Ge(Li)} \times \text{NaJ(Tl)}$ $2\tau_0 = 9 \cdot 10^{-9}$ сек ($E_{\gamma} = 511$ кэв).

Время жизни уровня 196,5 кэв определено на установке для измерения времен жизни методом задержанных $e - \gamma$ -совпадений при $2\tau_0 = 4,8 \cdot 10^{-10}$ сек^{5/}.

Исследование угловых корреляций гамма-квантов каскадов (431,7 - 196,5) (777,0 - 196,5) кэв проводилось на автоматизированном спектрометре для измерения угловых гамма-гамма корреляций направлений^{6/}.

Измерение углового распределения каскадных гамма-квантов проводилось при разрешающем времени быстро-медленной схемы совпадений $2\tau_0 = 26$ нсек ($2 \times \text{NaJ(Tl)}$) и $2\tau_0 = 60$ нсек (Ge(Li)). Методика измерений периодов полураспада уровней 628,7; 974,0 кэв была следующей: в одном из каналов выделялись аннигиляционные гамма-кванты ($E_{\gamma} = 511$ кэв), в другом канале энергетическая выборка производилась по методу "цифровых" окон^{7/}, при этом выделялись гамма-кванты с энергией (431,7; 538,0; 684,5; 786,1; 806,2; 911,7; 983,5; 1009,0; 1117,5; 1145,0; 1490,4; 1786,1) кэв и несколько "фоновых" окон. Обработка экспоненциальных кривых проводилась по методу наименьших квадратов. Погрешность определения экспериментальных результатов включает в себя, кроме статистической ошибки, ошибку калибровки цены канала временного анализатора.

На рис. 1 приведены кривые распада уровней 628,7; 974,0 кэв, участки спектров гамма-лучей, а также фрагмент схемы распада ^{141}Sm . Указанные на рисунке значения $T_{1/2}$ являются средними взвешенными значениями периодов полураспада, которые получены при измерении с NaJ(Tl) кристаллами и с Ge(Li) детектором и кристаллом NaJ(Tl) .

В случае измерения времени жизни уровня с энергией 196,5 кэв магнитно-линзовым бета-спектрометром^{8/} выделялись электроны внутренней конверсии с энергией $E_0 = 151,3$ кэв ($K - 196,5$), в гамма-

канале выделялись гамма-лучи в диапазоне от 300 до 900 кэв. Обработка экспериментальных кривых (рис. 1,2) проводилась по методу моментов. Ошибка результата состоит из статистической ошибки и ошибки калибровки цены канала временного анализатора.

Регистрация гамма-квантов при исследовании углового распределения каскада (431,7 - 196,5) кэв производилась двумя NaJ(Tl) кристаллами размерами δ 40 x 40 мм под углами (90-120-150°). Выбор углов делался таким образом, чтобы число совпадений под фотопиком с $E_\gamma = 431,7$ кэв от аннигиляционных гамма-квантов ($E_\gamma = 511$) было минимальным. Положение подвижного детектора менялось автоматически циклическим образом: 90-120-150-150-120-90-90°... Время экспозиции для каждого угла - 1 мин (время перехода от угла к углу \approx 3 сек). В таком режиме эффект искажения углового распределения гамма-квантов за счет распада источника усредняется во времени и становится пренебрежимо малым. Измерение углового распределения гамма-квантов каскада (777,0 - 196,5) проводилось для углов (90°-135°-180°) с помощью Ge(Li) детектора с $V_{эф} = 50$ см³ и NaJ(Tl) кристалла δ 40 x 40 мм. Центровка источника проверялась перед опытом и контролировалась в течение эксперимента. Вычисление коэффициентов углового распределения производилось по методу наименьших квадратов с учётом поправок на телесный угол и эффективность детектора. При этом получены функции углового распределения: $W(\theta) = 1 - (0,056 \pm 0,040) P_2(\cos \theta) - (0,040 \pm 0,056) P_4(\cos \theta)$

для каскада (431,7 - 196,5) кэв,

$$W(\theta) = 1 - (0,09 \pm 0,04) P_2(\cos \theta) - (0,07 \pm 0,09) P_4(\cos \theta)$$

для каскада (777,0 - 196,5) кэв.

На рис. 3 изображены участки одиночных спектров гамма-лучей ¹⁴¹Sm и спектры совпадений ($E_\gamma = 196,5$ кэв - $E_\gamma = 431,7$ кэв), ($E_\gamma = 196,5$ кэв - $E_\gamma = 777,0$ кэв).

Анализ результатов эксперимента

При анализе экспериментальных результатов мы исходили из схемы распада ¹⁴¹Sm, предложенной в работе/2/.

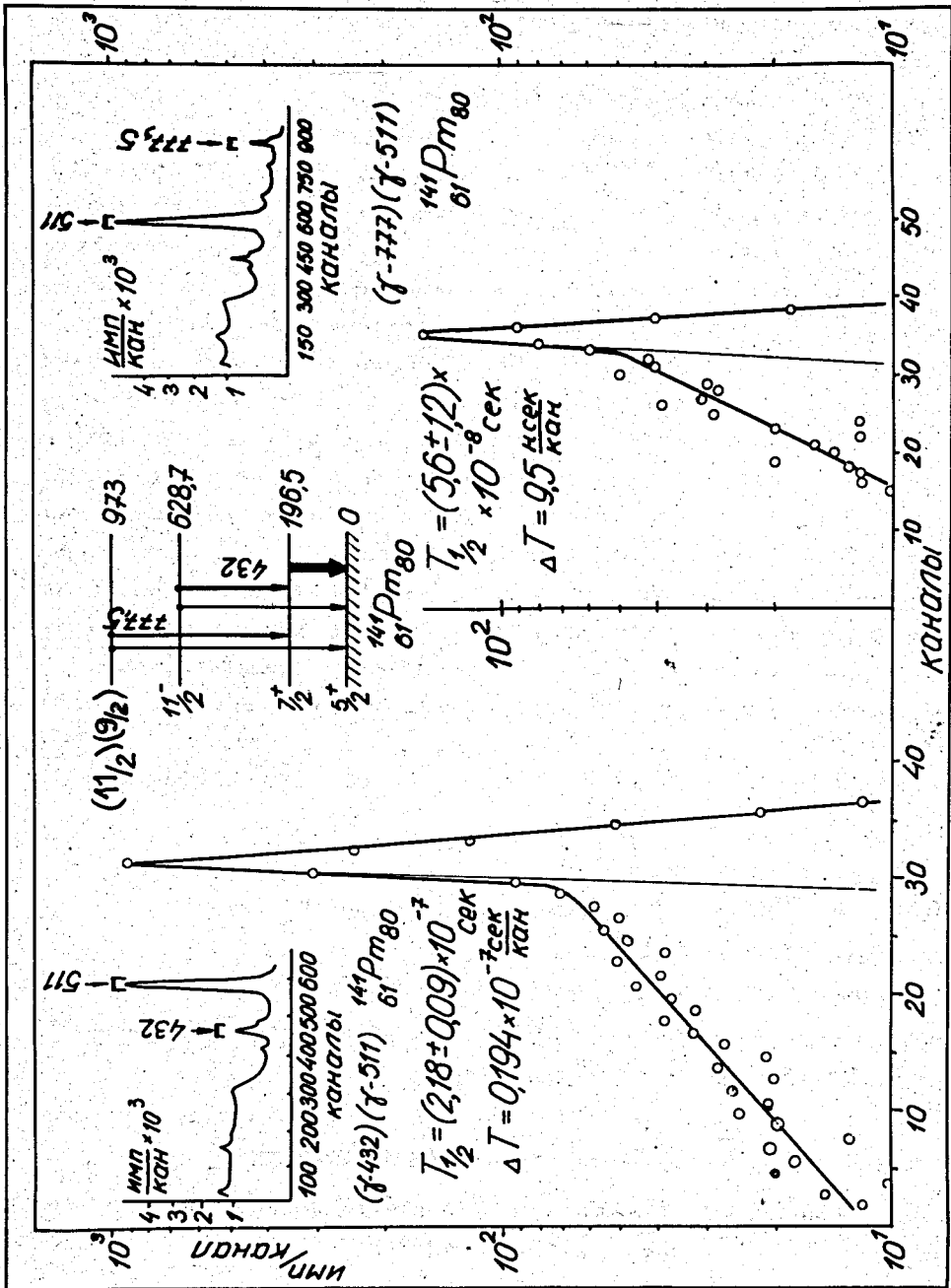


Рис. 1. Кривые распада уровней 628,7 и 974,0 кэв. o — ^{141}Pm
 x — ^{22}Na

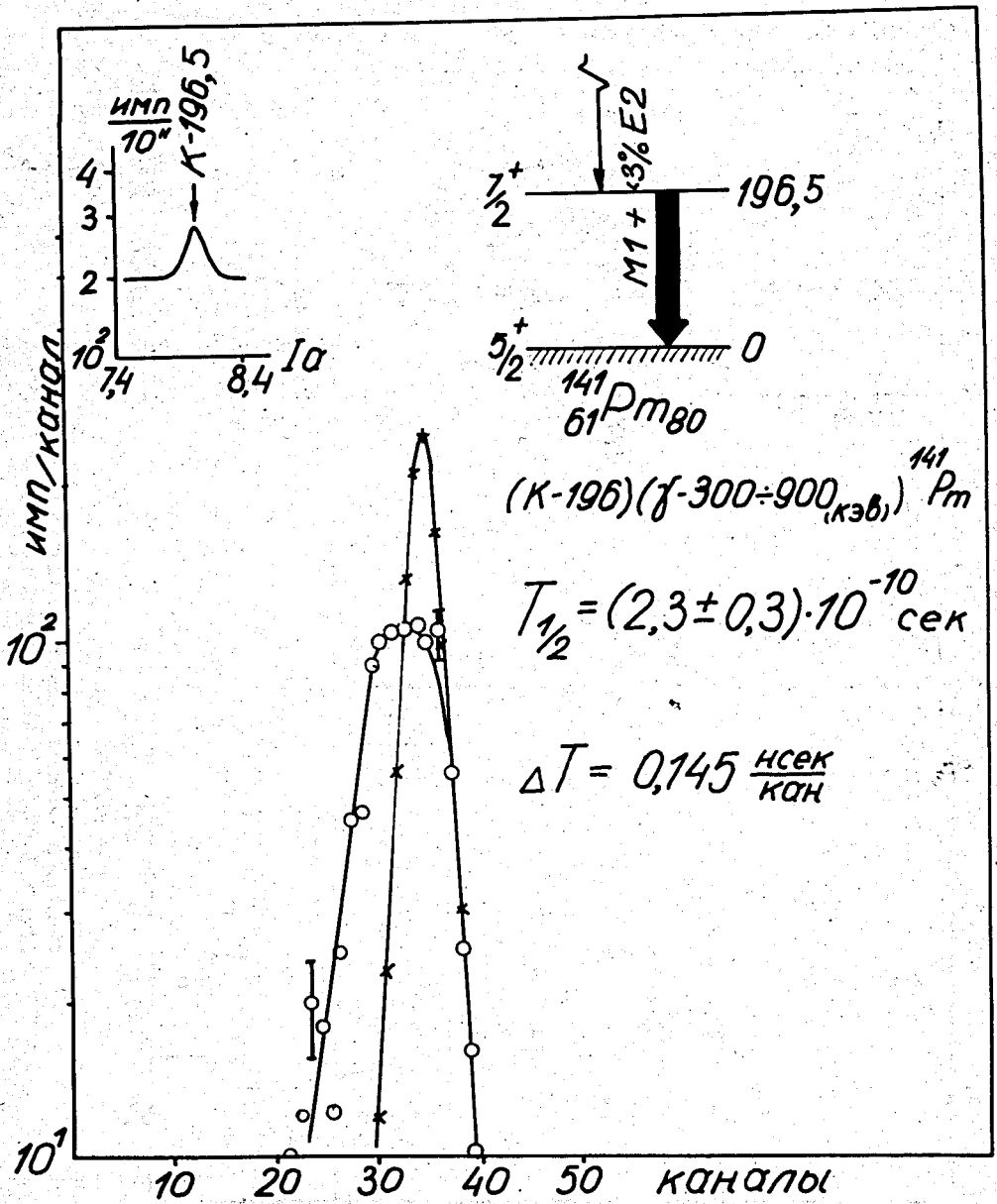


Рис. 2. Кривая распада уровня 196,5 кэв. о - ^{141}Pm , х - ^{60}Co .

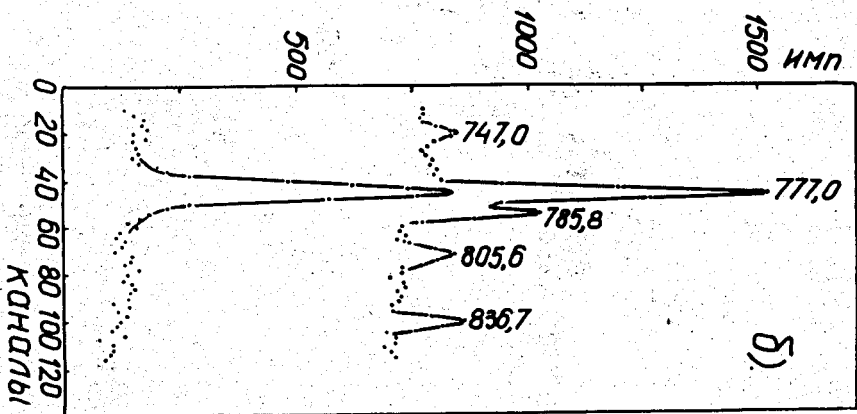
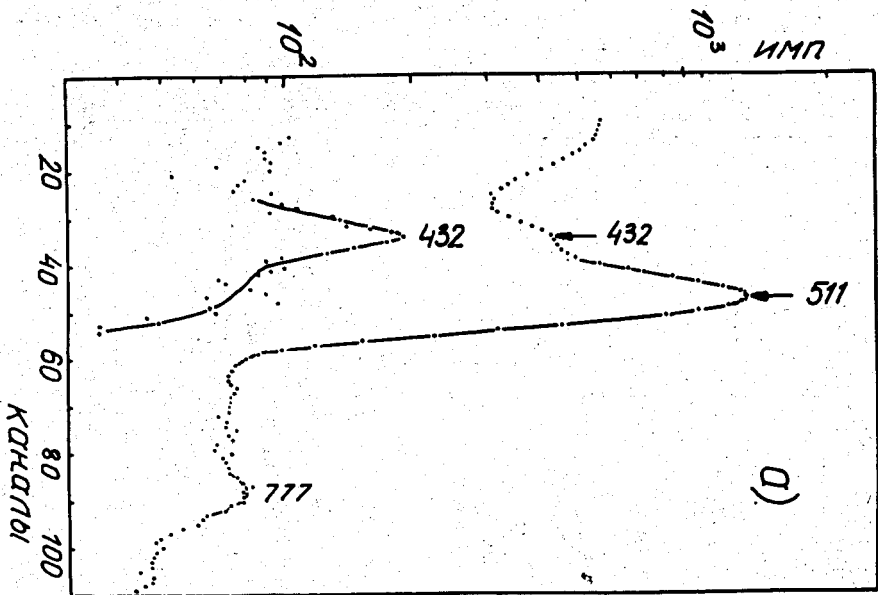


Рис. 3. Орионный спектр и спектр совпадения:
каскад (186,5 - 432) кэв, каскад (186,5 - 777) кэв.

Основное состояние ядра ^{141}Pm имеет спин и чётность $5/2^+$ ($d\ 5/2$). Этот вывод следует из разрешенного характера β^+ -распада ядра ^{141}Pm с $\log ft = 5,3$ на основное состояние ^{141}Nd /9/. Из систематики уровней изотопов $N = 80$ и измерения спектров конверсионных электронов авторы работы/2/ предлагают для уровней 196,5 кэв; 628,7 кэв значения спинов - $7/2$, $11/2$. Коэффициенты углового распределения каскада (431,7 - 196,5 кэв) A_2 , A_4 , полученные в нашем измерении, подтверждают предположение работы/2/ о спинах этих состояний. Поскольку значение A_4 получено с большой ошибкой, проведение анализа для случая двух смешанных переходов затруднительно. Однако данные/10/ о мультипольностях переходов в изотопе $^{139}_{80}\text{Pr}$ позволяют принять для перехода 431,7 кэв в ядре $^{141}_{90}\text{Pm}_{61}$ мультипольность типа $M2$, а из корреляции каскада (431,7 - 196,5) кэв гамма-лучей в ^{141}Pm мультипольность перехода 196,5 кэв определяется как $M1 + 3\% E2$. Коэффициенты углового распределения A_2 и A_4 каскада (777,3 - 196,5) кэв допускают значения спина $9/2$ и $11/2$. Возможные мультипольности перехода с энергией 777,5 кэв приведены в таблице 1.

Таблица 1

Возможные значения спина уровня с энергией 974,0 кэв и мультипольности перехода с энергией 777,5 кэв

Спин и чётность для уровня 974,0 кэв	Мультипольности перехода		
	E = 777,5 кэв		
$11/2^-$	E3	или	$M2 + 15\% E3$
$9/2^-$	M2	или	$E1 + 50\% M2$
$11/2^+$	M3	или	$E2 + 15\% M3$
$9/2^+$	E2	или	$M1 + 50\% E2$

Однозначно высказаться о спине уровня 974,0 кэв пока невозможно, т.к. отсутствуют сведения об электронах внутренней конверсии перехода с энергией 777,5 кэв. Используя полученные нами значения спинов уровней 196,5 и 628,7 кэв и сведения о мультипольностях переходов, идущих

1. Р. Арият, Г. Байер, Г. Музюль, Л. К. Пекар, Г. Пфреппер, Х. Штрюсний. ИАН СССР, т. XXXIX, №4, 754, 1970.
2. Р. Арият, Г. Байер, З. Зайндлер, Г. Музюль, Л. К. Пекар, Э. З. Рыллина, Х. Штрюсний. Тезисы XX совещания по нейтроноцепистым изотопам и теории ядра. Ленинград, январь 1970 г.
3. G. J. Beyer, H. Grosse-Rayken, V. A. Khalikin, G. Pfrepper, J. Inorg. Nucl. Chem. 31, 2135 (1969).
4. В. А. Морозов, В. И. Фоминных, В. М. Цулко-Ситников. Препринт ОИЯИ, P13-3485, Дубна, 1970.
5. В. А. Морозов, Т. М. Мушинов. Препринт ОИЯИ, 13-4625, Дубна, 1969.
6. Я. Ваврышук, В. Жук, Э. Круца, В. И. Разов, Я. Сажински, М. Собо-лович. Препринт ОИЯИ, 13-5500, Дубна, 1970.

Л и т е р а т у р а

за помощь при изготовлении источника.

В заключение авторы выражают благодарность А. Ф. Новгородову за помощь при изготовлении источника.

Нак внутренней конверсии перехода $777,0$ кэв.

($T_{1/2} = 56$ нсек) затруднительно, т.к. отсутствуют сведения об электро-Провести обследование возможной природы состояния $974,0$ кэв.

результатами работ/13,14/.

ниями остова ($7/2$, 3) $11/2$. Такое предположение подтверждается представляет смесь одночастичного состояния с октупольными колеба- на $628,7$ кэв, можно объяснить, если предположить, что данный уровень.

Ускорение перехода типа $E3$ с энергией $628,7$ кэв, идущего с уров- $M1$ с уровня $196,5$ кэв l - запрещено.

для перехода с энергией $196,5$ кэв указывают на то, что переход типа $M1$ с уровня $196,5$ кэв l - запрещен.

Результаты вычислений представлены в таблице 2. Факторы запрета по Мошковскому с учётом статистического множителя/12/.

Одночастичные значения парциальных периодов полураспада рассчитаны и коэффициент внутренней конверсии/11/ на K -, L -, M - оболочках. периоды полураспада данных переходов с учётом фактора ветвления с этих уровней ($E = 196,5; 431,7$ кэв), мы подсчитали парциальные

7. Ф. Дуда и др. Препринт ОИЯИ, 10-4236, Дубна, 1969.
8. В.А. Морозов, Т.М. Муминов. Препринт ОИЯИ, 13-4337, Дубна, 1967.
9. Б.С. Дзелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер с $A \approx 100$, М-Л., 1963 г.
10. В.С. Бутцев, Ц. Вылов, В.Г. Калинин, Н.А. Тихонов. Тезисы XXI совещания по ядерной спектроскопии. Москва, 1971.
11. *Nuclear Data* vol. , 4, No 1 No 1, 1968.
12. Сборник "Гамма-лучи", гл. 3, ИАН СССР, М-Л., 1961.
13. Т.М. Муминов. Автореферат диссертации. ОИЯИ, 6-5240, Дубна, 1970.
14. V.Hise et al., *Phys Lett.*, 161, 4, 1254 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 декабря 1970 года.