

с 341.16  
Б-272

3/IV-65 V

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2032



А.С.Басина , Т.Бэдикэ, К.Я.Громов ,  
Б.С.Джелепов , Н.А.Лебедев, В.А.Морозов ,  
А.Ф.Новгородов

РАСПАД  $P_{\tau}^{138}$

Работа доложена на XIV ежегодном совещании  
по ядерной спектроскопии в г. Тбилиси,  
февраль, 1964 г.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

3055/3 4p.

А.С.Басина<sup>х)</sup>, Т.Бэдикэ, К.Я.Громов,  
Б.С.Джелепов<sup>х)</sup>, Н.А.Лебедев, В.А.Морозов,  
А.Ф.Новгородов<sup>хх)</sup>

РАСПАД  $P_{\tau}^{138}$

Работа доложена на XIV ежегодном совещании  
по ядерной спектроскопии в г. Тбилиси,  
февраль, 1964 г.

Направлено в журнал "Ядерная физика "

---

х) Ленинградский государственный университет.

хх) Институт ядерной физики АН Казахской ССР.



## В в е д е н и е

Изотоп  $Pg^{138}$  с  $T_{1/2} = 120 \pm 5$  мин был обнаружен Стовер<sup>/1/</sup> как продукт реакции  $Ce^{140}(\rho, 3n)Pg^{138}$ . Методом поглощения было показано, что при распаде  $Pg^{138}$  возникает  $\beta^+$ -излучение с  $E_{\beta} \approx 1,4$  Мэв и  $\gamma$ -лучи с энергией 180, 500 и 1300 кэв.

Хандлей и Олсон<sup>/2/</sup> подвергали бомбардировке протонами с энергией 9,5 Мэв мишени, обогащенные  $Ce^{138}$ . При этом наблюдалась активность, приписанная распаду  $Pg^{138}$  с  $T_{1/2} = 2,0$  ч:  $\gamma$ -лучи с энергиями 300, 800 и 1050 кэв, менее интенсивные  $\gamma$ -лучи с энергиями 1400 и 1700 кэв, а также  $x$ -лучи и аннигиляционное излучение. Была определена граничная энергия позитронов  $E_{\beta^+} = (1,4 \pm 0,1)$  Мэв.

Прямое масс-спектрометрическое подтверждение существования изотопа  $Pg^{138}$  было проведено Данби и др.<sup>/3/</sup>. На сцинтилляционном  $\gamma$ -спектрометре наблюдались интенсивные  $\gamma$ -лучи:  $h\nu = 300 \pm 10, 800 \pm 10, 1040 \pm 10$  кэв и менее интенсивные  $h\nu = 180, 1295 \pm 15, 1580 \pm 20$  кэв. На магнитном  $\beta$ -спектрометре были обнаружены конверсионные линии переходов с энергиями  $300 \pm 5, 800 \pm 7$  и  $160 \pm 2$  кэв. Относительные интенсивности  $K$ -линий соответствующих переходов составляют 100, 3-5, 3-5, соответственно. Исходя из отношений интенсивностей конверсионных линий перехода 300 кэв  $K/(L+M) = 2,2 \pm 0,1$ , было высказано предположение, что этот переход типа E3. Определено также отношение  $\lambda_K/\lambda_{\beta^+} = 4,5 \pm 1,2$ .

Морозов и др.<sup>/4/</sup> в результате реакции  $La^{139}(\rho, 2n)Ce^{138}$  возбудили изомерный уровень  $Ce^{138}$  с энергией 2140 кэв, который распадается с испусканием  $\gamma$ -лучей  $300 \pm 10, 800 \pm 10$  и  $1040 \pm 10$  кэв. Время жизни изомерного уровня оказалось равным  $(9,2 \pm 0,5)$  мсек.

Москати<sup>/5/</sup> изучал совпадения аннигиляционных квантов с  $\gamma$ -лучами  $Pg^{138}$ . Изотоп  $Pg^{138}$  был получен по реакции  $(\gamma, 3n)$  на  $Pg^{141}$ . Интерпретируя экспериментальные данные, автор<sup>/5/</sup> делает заключение о возможности  $\beta^+$ -распада на уровень 1,86 Мэв. ( $\beta^+ \leq 17\%$ ,  $\epsilon \leq 83\%$ ).

В работе Джеллепова и др.<sup>/6/</sup> можно найти указание на существование второй ветви  $\beta^+$ -распада  $Pg^{138}$  с  $E_{\beta^+} = 3300$  кэв.

К началу нашей работы можно было считать твердо установленным, что: 1. При распаде  $Pg^{138} \rightarrow Ce^{138}$  имеет место каскад переходов 300-1040-800 кэв (или 1040-300-800 кэв).

было не хуже 10 нсек.

не быстро-медленных соединений. Разрешающее время быстрой схемы сопаленный  
Установка  $\beta^+$  ( $\gamma$ - $\gamma$ ) - и ( $\gamma$ - $\gamma$ ) - сопаленный были собраны по стандартной схе-

с фотомножителем ФЭУ-13.

Телем ФЭУ-13, а в качестве  $\gamma$  - спектрометра кристалл  $\text{NaI(Tl)}$  размером  $40 \times 40$  мм  
 $\beta$  - датчика использовались кристалл антрацена размером  $10 \times 20$  мм с фотомножи-  
связанным фильтром толщиной 3 мм. В установке  $\beta^+$  ( $\gamma$ - $\gamma$ ) - сопаленный в качестве  
разрешение на линии  $\text{Cs}^{137}$   $\eta = 15,5\%$ , камерная провадимость при  $\eta = 5$  мм со  
тителя мягких  $\gamma$  - лучей. Кристалл  $80 \times 80$  мм с фотомножителем ФЭУ-24 имел  
кристаллом и источником  $\eta = 2,5$ ;  $90$  и  $180$  мм. Кристалл использовался без подго-  
на на линии  $\text{Cs}^{137}$   $\eta = 9,7\%$ , камерная провадимость при равных расстояниях между  
Кристалл  $\text{NaI(Tl)}$  размером  $40 \times 40$  мм с фотомножителем ФЭУ-13 имел разрешение  
время позволяло использовать анализатор для камерная периодов  $\gamma$  - линии.

При измерениях  $\gamma$  - спектров и спектров ( $\gamma$ - $\gamma$ ) - сопаленный применялись сплит-  
липовые спектрометры с кристаллами  $\text{NaI(Tl)}$  размерами  $40 \times 40$  мм и  $80 \times 80$  мм  
в сочетании с многоканальным анализатором типа АИ-100. Анализатор АИ-100 имел  
счетчик "живого" времени и вывод данных на самописец. Наличие счетчика "живого"  
время позволяло использовать анализатор для камерная периодов  $\gamma$  - линии.

лось.

Оенок выходом  $P_{138}^+$  при облучении мишеней из  $\text{Ta}$ ,  $\text{Bi}$ ,  $\text{Tb}$  не провадл-

Были провадены опыты, где в качестве мишеней использовались  $\text{Bi}$  и  $\text{Tb}$ .  
Известно, что через 4 часа после конца облучения препарат поступает на измерения.  
Затем провадилось повторная очистка, чтобы избежать примесей  $\text{Nd}$ . При-  
его путем хроматографического разделения редких земель выделялась фракция  $P_{138}^+$ .  
с энергией 660 Мэв. Облучение мишени из  $\text{Ta}$  весом 4 г продолжалось 2 часа, после  
 $P_{138}^+$  получался как продукт реакции расщепления  $\text{Ta}$  при облучения протоками

1. При облучении мишени из  $\text{Ta}$  и  $\text{Bi}$  в а п и а р а т у р а

### Экспериментальная часть

300 и 800 кэв, изучая ( $\gamma$ - $\gamma$ ) - и  $\beta^+$  ( $\gamma$ - $\gamma$ ) - сопаленный.  
Таким образом определение коэффициентов внутреннего углового корреляции  $a^k$  - переход с энергии  
спектра  $P_{138}^+$ , определения относительных интенсивностей  $\gamma$  - линий, эксперимен-

Настоящая работа была предпринята с целью более полного исследования  $\gamma$  -

3. Наблюдается  $\beta^+$  - распад  $P_{138}^+$  на уровне  $\text{Ce}^{138}$ .

временем жизни  $8,2$  микросекунды.

2. Среды уровня  $\text{Ce}^{138}$  существует комерный уровень с энергией  $2140$  кэв и

Изучение  $\gamma$ -спектра  $Pt^{188}$  осложнилось тем, что фракция  $Pt$ , кроме  $Pt^{188}$ , содержала в заметных количествах  $Pt^{189}$ . В  $\gamma$ -спектре  $Pt^{189}$  присутствует интенсивный аннигиляционный пик и  $\gamma$ -линии  $h\nu \approx 1350$  и  $1610$  кэВ с относительно высокими интенсивностями 100: 2,7: 1,8, соответственно <sup>17/</sup>.

### Результаты

$\gamma$ -спектр  $Pt^{188}$

Результаты изучения  $\gamma$ -спектра  $Pt^{188}$  представлены в таблице 1 и на рис. 1,2.

Т а б л и ц а 1

Энергия и относительные интенсивности  $\gamma$ -линий  $Pt^{188}$

$E_{\gamma}$ (кэВ)	$I/I_0$ %	$T_{1/2}$ (мин)	Принадлежность $\gamma$ -линии
$303 \pm 1^x$	$81 \pm 10$	$140 \pm 20$	$Pt^{188}$
$789 \pm 3^x$	100	$120 \pm 10$	$Pt^{188}$
$1047 \pm 15$	$94 \pm 8$	$120 \pm 10$	$Pt^{188}$
$1350 \pm 20$		$120 \pm 20$ и 4 ч. 30 мин	$Pt^{188}, Pt^{189}$
$1610 \pm 20$		$120 \pm 20$ и 4 ч. 20 мин	$Pt^{188}, Pt^{189}$
$1830 \pm 20$		$120 \pm 10$	$Pt^{188}$
$2070 \pm 50$		$\approx 70$	
$2540 \pm 50$		$\approx 30$	

x) Энергия первых двух линий основана на результатах измерений энергии конверсионных электронов (см. таблицу 2).

Интенсивности  $\gamma$ -линий были найдены графическим разложением  $\gamma$ -спектров с последующим учетом эффективности регистрации  $\gamma$ -лучей разных энергий. Интенсивности линий 1350 и 1610 кэВ не определялись, так как соответствующие фотопики оказались сложными, относящимися к распаду как  $Pt^{188}$ , так и  $Pt^{189}$ . Линия 1830 кэВ, хотя по периоду и соответствует  $Pt^{188}$ , очевидно, является результатом совпадений в самом кристалле каскадных  $\gamma$ -лучей 789 и 1047 кэВ, так как при изменении геометрии опыта меняется интенсивность этого пика по отношению к  $\gamma$ -789. То же предположение можно высказать и по отношению к  $\gamma$ -лучам 1350 кэВ (каскад 303-1047 кэВ).  $\gamma$ -лучи 2070 и 2540 кэВ нельзя с уверенностью отнести к распаду  $Pt^{188}$  или  $Pt^{189}$ . Не исключено, что их присутствие связано с наличием загрязнений в препарате  $Pt$ .

Анализ измерения интенсивности аннигиляционного пика во времени свидетельствует о том, что основная  $\beta^+$ -активность источника обусловлена распадом  $\text{Pb}^{189}$ .

( $\gamma$ - $\gamma$ ) - совпадения

Измерения производились с двумя парами кристаллов  $\text{NaJ(Tl)} 40 \times 40 + 40 \times 40$  мм и  $40 \times 40 + 80 \times 80$  мм. Эффективность регистрации совпадений достигала 100% при 100 кэв. Измерялись совпадения  $\gamma$ -лучей 303, 789 и 1047 кэв со всем  $\gamma$ -спектром.

С о в п а д е н и я (  $\gamma$  303 кэв ) ( $\gamma$ )

$\gamma$ -лучи  $h\nu = 303$  кэв расположены в  $\gamma$ -спектре на комптоновском распределении от аннигиляционного пика. Поэтому спектр совпадений был измерен дважды: сначала ( $\gamma$  303) ( $\gamma$ ), затем ( $\gamma$  511)( $\gamma$ ). После нормировки производили вычитание вклада от ( $\gamma$  511) в совпадениях ( $\gamma$  303) ( $\gamma$ ).  $\gamma$ -лучи с  $h\nu = 303$  кэв дают интенсивные совпадения с  $\gamma$ -лучами 789 и 1047 кэв - рис. 3. Отношение интенсивностей  $\gamma$ -переходов в спектре совпадений

$$\frac{J(\gamma 303)(\gamma 1047)}{J(\gamma 303)(\gamma 789)} = 0,92 \pm 0,10.$$

С о в п а д е н и я (  $\gamma$  789 кэв ) ( $\gamma$ )

Наблюдаются интенсивные совпадения  $\gamma$  789 кэв с  $\gamma$ -лучами 303 и 1047 кэв - рис. 4. Имеются совпадения в районе  $350 \div 650$  кэв. Совпадения в районе 800 кэв можно объяснить совпадениями квантов комптоновского распределения от  $\gamma$ -лучей 1047 кэв с  $\gamma$ -лучами 789 кэв.

$$\frac{J(\gamma 789)(\gamma 1047)}{J(\gamma 789)(\gamma 303)} = 0,94 \pm 0,10.$$

С о в п а д е н и я (  $\gamma$  1047 кэв ) ( $\gamma$ )

Наблюдались интенсивные совпадения с  $\gamma$ -303 и  $\gamma$ -789 кэв и слабые в районе 350-500 кэв и 1120 кэв (рис. 5). Последние можно объяснить суммированием в кристалле  $\gamma$  303 и  $\gamma$  789 кэв

$$\frac{J(\gamma 1047)(\gamma 303)}{J(\gamma 1047)(\gamma 789)} = 1,06 \pm 0,10.$$

$(\beta^+ - \gamma)$  - совпадения

Были изучены  $(\beta^+ - \gamma)$  -совпадения  $\beta^+$  -частиц и  $\gamma$  -квантов, направления вылета которых составляли угол  $90^\circ$ . Расстояние от источника до кристаллов антрацена и  $\text{NaJ(Tl)}$  было 9 см. Проведено несколько опытов. В каждом опыте было проделано 3 серии измерений: 1) истинные, т.е.  $(\beta^+ - \gamma)$ - и  $(\gamma - \gamma)$ - совпадения + случайные совпадения; 2) случайные совпадения, которые измеряли при введении задержки в один из каналов; 3) совпадения  $\gamma$  с  $\gamma$  -фоном на кристалле антрацена ( $\beta^+$  -частицы поглощались 8-миллиметровым фильтром из плексигласа).

В опытах не было обнаружено совпадений для  $\beta^+$  -частиц с энергией больше 300 кэв с  $\gamma$  -лучами 789 и 1047 кэв.

Позитроны  $\text{P}_\Gamma^{138}$  с  $E_\Gamma = 1,09$  Мэв не искажают картины  $(\beta^+ - \gamma)$ -совпадений, так как  $\beta^+$  -распад  $\text{P}_\Gamma^{138}$  идет в основное состояние  $\text{Ce}^{138}$ .

Спектр конверсионных электронов  $\text{P}_\Gamma^{138}$

В спектре конверсионных электронов наблюдались K - и L -линии перехода 303 кэв (рис. 6) и K -линия перехода 789 кэв (таблица 2).

Для перехода 303 кэв можно определить отношение K/L и сравнить его с теоретическим значением. Необходимые величины приведены в таблице 3. Вклад в L -линию от M -линии принят равным 25%.

Экспериментально полученная величина K/L близка к теоретической для мультипольности E3 и M4.

Т а б л и ц а 2

Данные относительно конверсионных электронов  $\text{P}_\Gamma^{138}$

$E_e$ (кэв)	$J/J_n$ %	$J/J_n$ % по данным	$T_{1/2}$ (мин)	Идентификация
$263,0 \pm 1,0$	100	100	$123 \pm 5$	K - 303
$298,1 \pm 1,0$	$40,7 \pm 4,0$	45,5	$123 \pm 5$	L + M - 303
$748,6 \pm 3,0$	$3,0 \pm 0,7$	3±5	$124 \pm 10$	K - 789

О п р е д е л е н и е  $a_k$

Для определения  $a_k$  были проведены измерения абсолютных эффективностей сцинтилляционного  $\gamma$ -спектрометра и линзового  $\beta$ -спектрометра с помощью калибровочных источников. В результате получено  $a_k^{303} = 0,14 \pm 0,02$ , что хорошо согласуется с теоретическим значением для мультипольности E3 (таблица 3), но плохо

согласуется с мультипольностью M4. Сравнения с теоретическими значениями показывают, что доля мультипольности M4 в смеси E3 + M4 не превышает 0,75%.

Сравнение экспериментально измеренного времени жизни уровня 2140 кэв с теоретическими оценками по Вайскопфу<sup>/8/</sup> (с учетом поправки на конверсию) также говорит в пользу мультипольности E3 для перехода с энергией 303 кэв.

Т а б л и ц а 3

Коэффициент конверсии для перехода с энергией 303 кэв

	E1	E2	E3	E4	M1	M2	M3	M4	Экспер. значение
$\alpha_k$	0,0108	0,0385	0,1300	0,4000	0,0490	0,2000	0,7000	2,8300	0,14±0,02
$\Sigma \alpha_{L_i}$	0,0014	0,0074	0,0470	0,2800	0,0068	0,0340	0,1800	0,7500	
$\alpha_k / \Sigma \alpha_{L_i}$	7,5	5,22	2,77	1,43	7,2	5,9	4,37	3,51	3,3±0,4
$T_{1/2}$			$1 \cdot 10^{-2}$ сек			$10^{-7}$ сек		$10^5$ сек	$(9,2 \pm 0,5)^{4/3} \times 10^{-3}$ сек

Для перехода 789 кэв  $\alpha_k$  получается равным  $3,4 \cdot 10^{-3}$ . Сравнение с теоретическими значениями (таблица 4) указывает на возможность мультипольности E2 или M1 или смеси E2 + M1.

Т а б л и ц а 4

Коэффициент конверсии для перехода с энергией 789 кэв

$E_\gamma$ (кэв)	$\alpha_{\text{эксп.}}$	$\alpha_k$ теор.					
		E1	E2	E3	M1	M2	M3
789	0,0034	0,0012	0,0029	0,0065	0,0041	0,0110	0,0250

### З а к л ю ч е н и е

Рассмотрим полученные результаты с точки зрения схемы распада  $P_{\Gamma}^{186}$ , предложенной в работе<sup>/6/</sup>. Если учесть конверсию на K-, L- и M-оболочках, то можно найти, что интенсивности каскадных переходов 303, 1047 и 789 кэв относятся, как  $(101 \pm 10) : (94 \pm 8) : 100$ . Это соотношение свидетельствует о последовательном распаде с возбужденного уровня 2140 кэв и отсутствии заметного числа распадов ( $\leq 10\%$ ) на уровнях 1840 и 789 кэв.



Анализ  $(\gamma-\gamma)$ -совпадений также подтверждает этот вывод. Наличие совпадений  $(\gamma 789)$  ( $\gamma 350-650$ ) и  $(\gamma 1047)$  ( $\gamma 350-500$ ) указывает на то, что схема распада  $Pt^{138}$  в действительности сложнее, чем на рис. 7.

Переход с энергией  $(789 \pm 3)$  кэв определяет положение первого возбужденного уровня в  $Ce^{138}$ . Действительно, Гловер и Ватт<sup>/9/</sup> наблюдали  $\gamma$ -лучи с энергией  $\approx 800$  кэв при  $\beta^-$ -распаде  $La^{138}$ . Полная энергия распада  $La^{138} \rightarrow Ce^{138}$  стаб. составляет  $\approx 1000$  кэв и никаких других  $\gamma$ -лучей, кроме  $h\nu = 800$  кэв, не наблюдается. Следовательно, уровень с энергией 789 является нижним среди возбужденных состояний четно-четного ядра  $Ce^{138}$ . Из систематики первых возбужденных состояний для четно-четных ядер следует, что уровень 789 кэв должен быть  $2^+$ . Таким образом, уровню 789 кэв следует приписать характеристику  $2^+$ . Наши экспериментальные данные об  $\alpha_k 789 = 3,4 \cdot 10^{-3}$  не противоречат этому правилу.

Наблюдение изомерного уровня с энергией 2140 кэв в работе<sup>/4/</sup>, а также установленный в настоящей работе факт, что переход с энергией 303 кэв типа E3, определяют положение 2-го возбужденного уровня 1840 кэв. Отношение энергии второго возбужденного уровня к энергии первого равно 2,3. Такое отношение характерно для системы колебательных уровней в четно-четных недеформированных ядрах. В этом случае квантовые характеристики уровня 1840 кэв могут быть  $0^+$ ,  $2^+$  или  $4^+$ . Поскольку переход  $h\nu = 303$  кэв с уровня 2140 кэв на уровень 1840 кэв имеет мультипольность E3, то для уровня 2140 кэв можно ожидать, соответственно, характеристик  $3^-$ ,  $5^-$ ,  $7^-$ . Рассмотрим эти возможности.

Если характеристика уровня 1840 кэв есть  $0^+$ , а характеристика уровня 2140 кэв есть, соответственно  $3^-$ , то должен иметь место переход типа E3 с уровня 2140 кэв в основное состояние  $Ce^{138}$ . Оценки времен жизни для таких переходов, по Вэй-скому<sup>/8/</sup>, позволяют сделать заключение, что интенсивность этого перехода будет, по крайней мере, на четыре порядка выше, чем интенсивность перехода 303 кэв. Однако в спектре  $\gamma$ -лучей такой переход не наблюдается. Следовательно, характеристику  $0^+$  для уровня 1840 кэв (и соответственно,  $3^-$  для уровня 2140 кэв) надо отвергнуть.

Аналогичное рассуждение заставляет отказаться от характеристики  $2^+$  для уровня 1840 кэв и  $5^-$  для уровня 2140 кэв.

В согласии с экспериментальными данными оказывается только одна возможность: уровень 1840 кэв имеет характеристику  $4^+$ , а характеристика изомерного уровня 2140 кэв определяется как  $7^-$ . Наблюдение интенсивного каскада с энергией 303, 1047 и 789 кэв подтверждает предположение<sup>/6/</sup> о том, что заселение уровня 2140 кэв происходит с уровня  $Pt^{138}$ , обладающего высоким спином.

Результаты  $(\beta^+ - \gamma)$ -совпадений говорят об отсутствии заметного числа

распадов на уровень 1840 кэв. Обнаружение таких совпадений в работе<sup>/5/</sup> по  $(\gamma-\gamma)$ -совпадениям, возможно, связано с тем, что не учитывался вклад от комптоновских распределений  $\gamma$ -789 и  $\gamma$ -1047 кэв под линией 511 кэв, которые будут давать истинные совпадения с  $\gamma$  789 и  $\gamma$  1047 кэв.

$\beta^+$ -распад  $P_t^{138}$  на уровень  $4^+$  1840 кэв в  $Se^{138}$  должен быть, по крайней мере, трижды запрещен при квантовых характеристиках  $(1^+)$  и  $(7^-, 8^-)$  основного и изомерного состояний  $P_t^{138}$ .

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают схему, предложенную в работе<sup>/6/</sup>, и позволяют сделать заключение о квантовых характеристиках уровней 789, 1840 и 2140 кэв.

### Л и т е р а т у р а

1. B. L. Stover. Phys. Rev., 81, 1 (1951).
2. T. Handley, E. Olson. Phys. Rev., 96, 4 (1954).
3. G. T. Danby, I. S. Foster, A. L. Thompson. Can. J. Phys., 36, 1487 (1958).
4. А. М. Морозов, В. В. Ремаев, П. А. Ямпольский ЖЭТФ, 39, 973 (1960).
5. G. Moskatti. Nucl. Phys., 26, 321 (1961).
6. Б. С. Дзелепов, Л. К. Пекер, В. О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер, 1963.
7. Е. И. Бирюков, В. Т. Новиков, И. С. Шиманская. Изв. АН СССР, т. XXVI, №11, 1408 (1963).
8. А. Х. Ванстра, Г. И. Нинх, Р. Ван Лишут. Таблицы по ядерной спектроскопии. Атомиздат, 1960.
9. R. N. Glover, D. E. Watt. Phil. Mag., 13, 49 (1957).

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 февраля 1965 г.

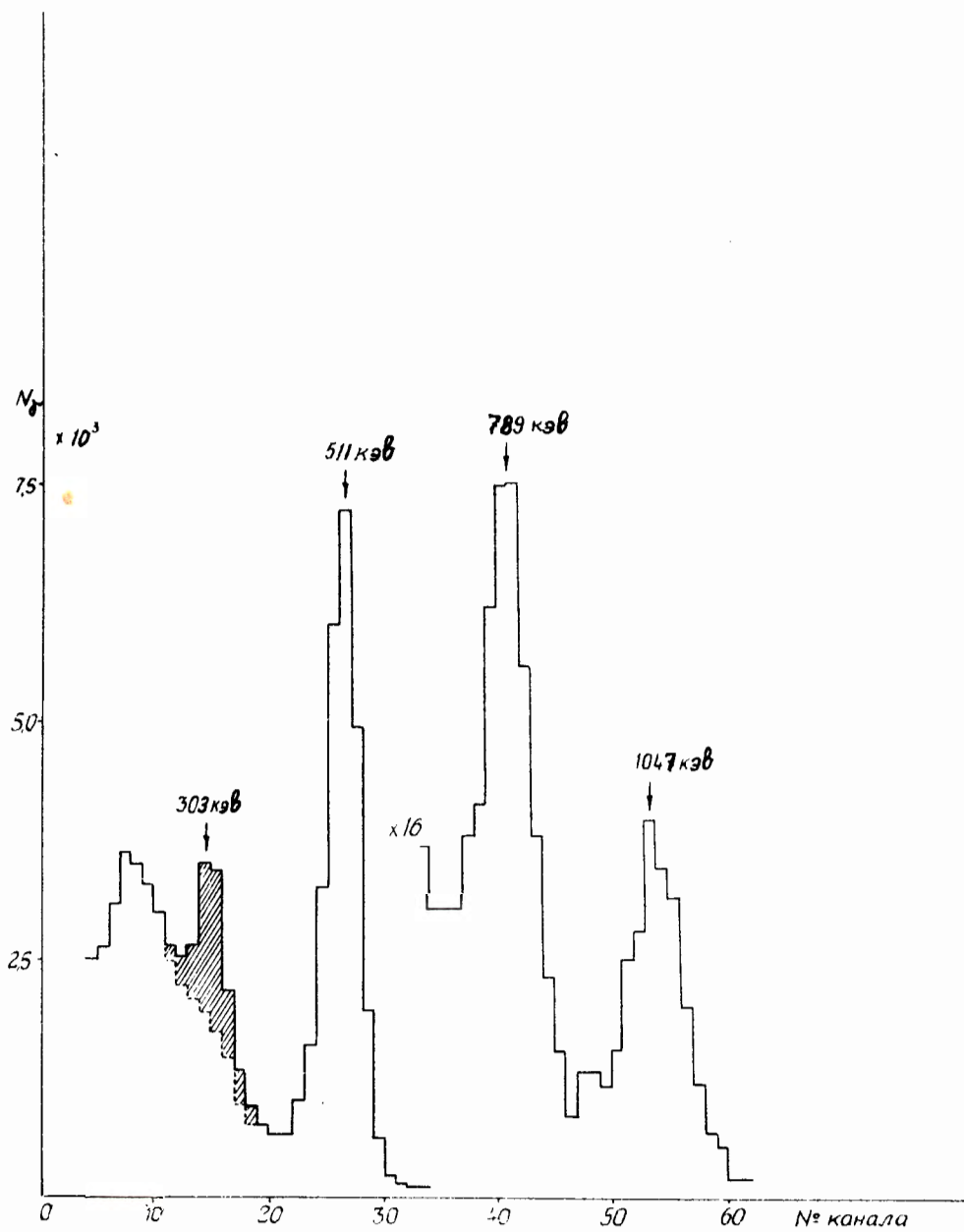


Рис. 1. Спектр  $\gamma$ -излучения фракции Rg (кристалл NaJ(Tl) 40x40 мм) заштрихована  $\gamma$ -линия 303 кэВ Rg<sup>188</sup>.

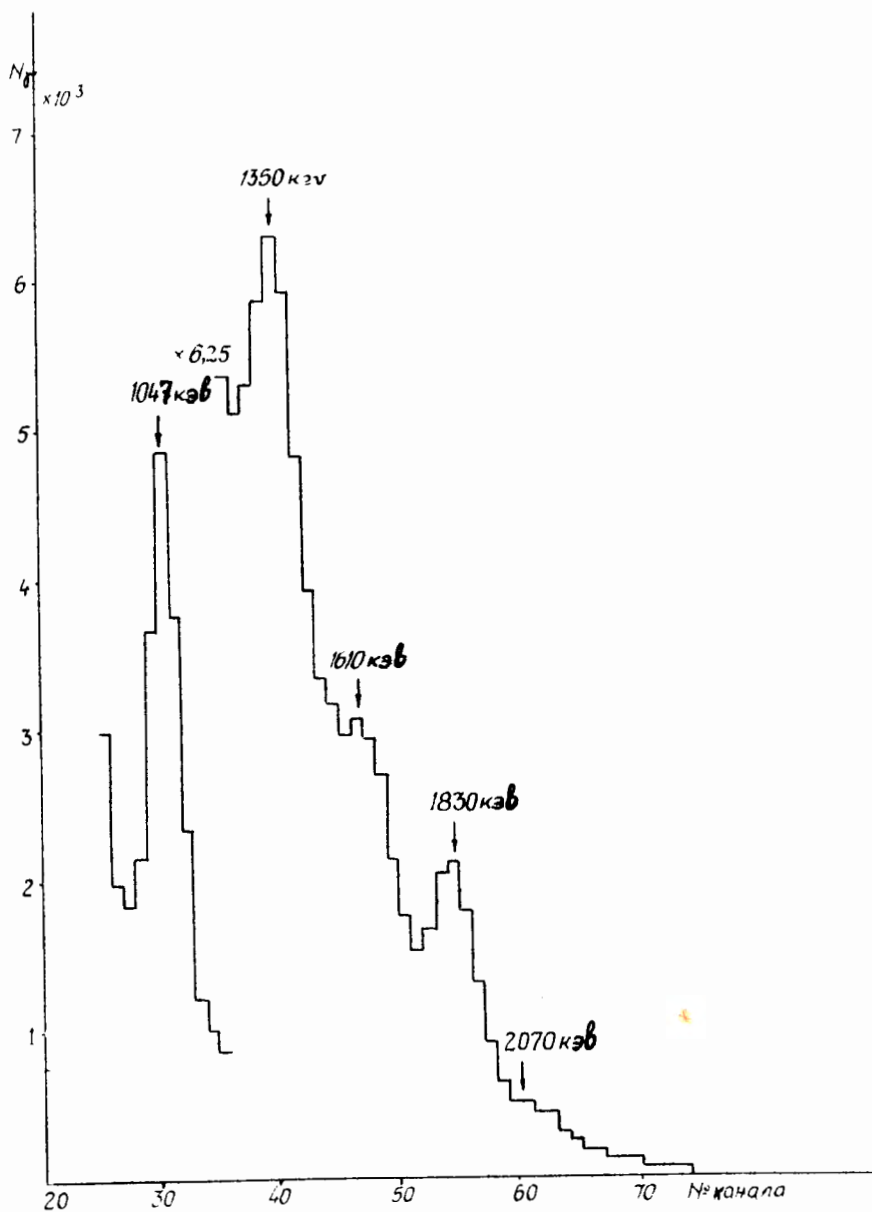


Рис. 2. Спектр  $\gamma$ -излучения фракция Pt (кристалл NaJ(Tl)80x80 мм).

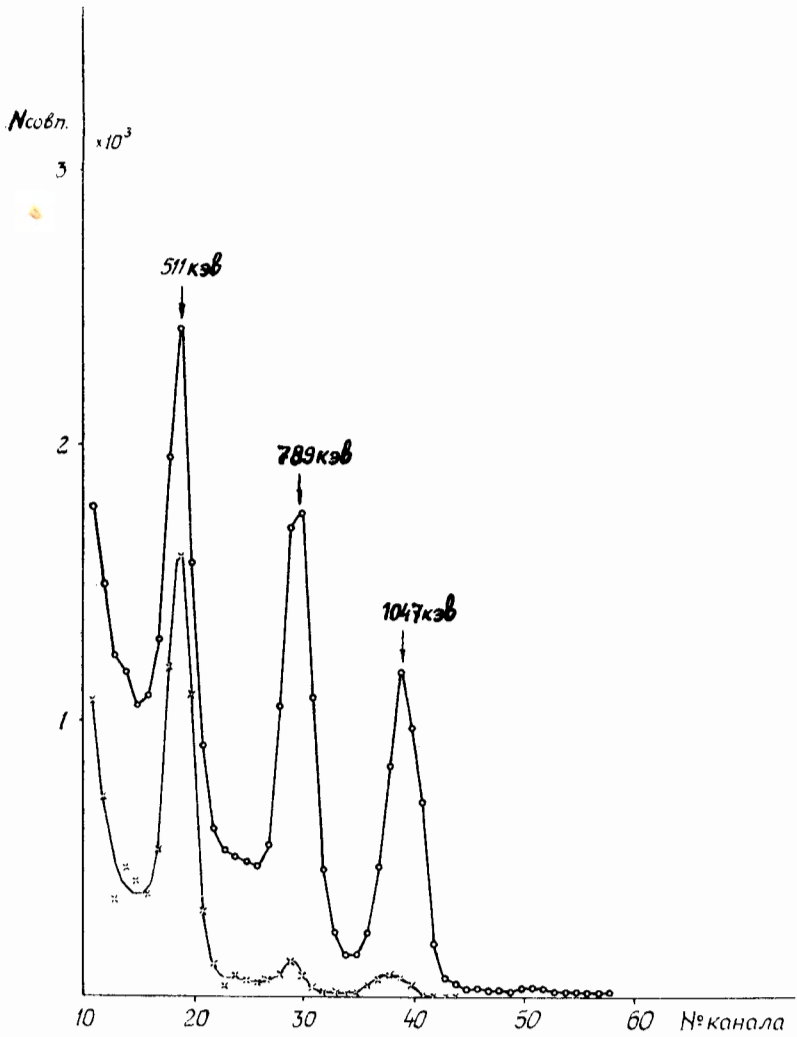


Рис. 3. O -совпадения ( $\gamma$  303) ( $\gamma$ ), x -совпадения ( $\gamma$  511) ( $\gamma$ ), нормированные по времени и вкладу, который составляет комптоновское распределение от  $\gamma$  -511 кэВ под  $\gamma$ -линией 303 кэВ (кристаллы NaJ(Tl) 40x40 мм + 80x80 мм).

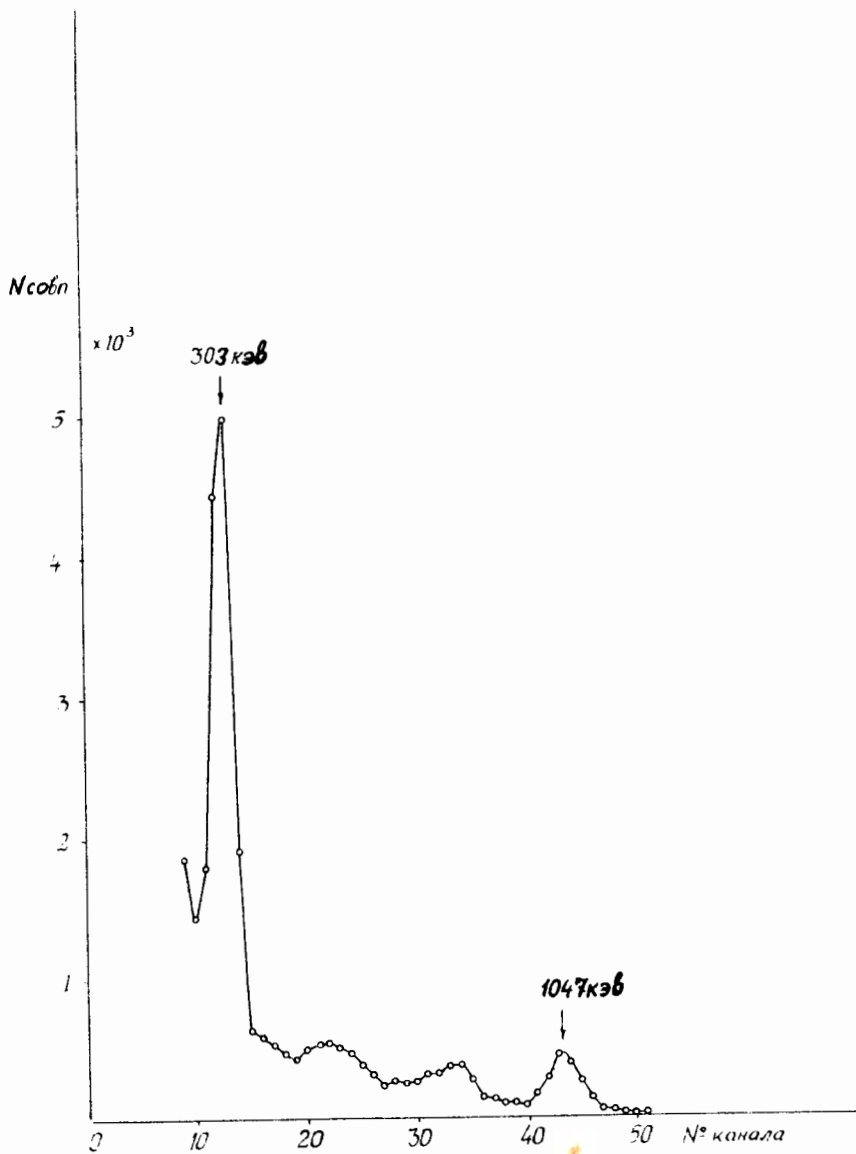


Рис. 4. Совпадения ( $\gamma$  789) ( $\gamma$ ) (кристаллы  $\text{NaJ}(\text{Tl})$  40x40 мм + 40x40 мм).

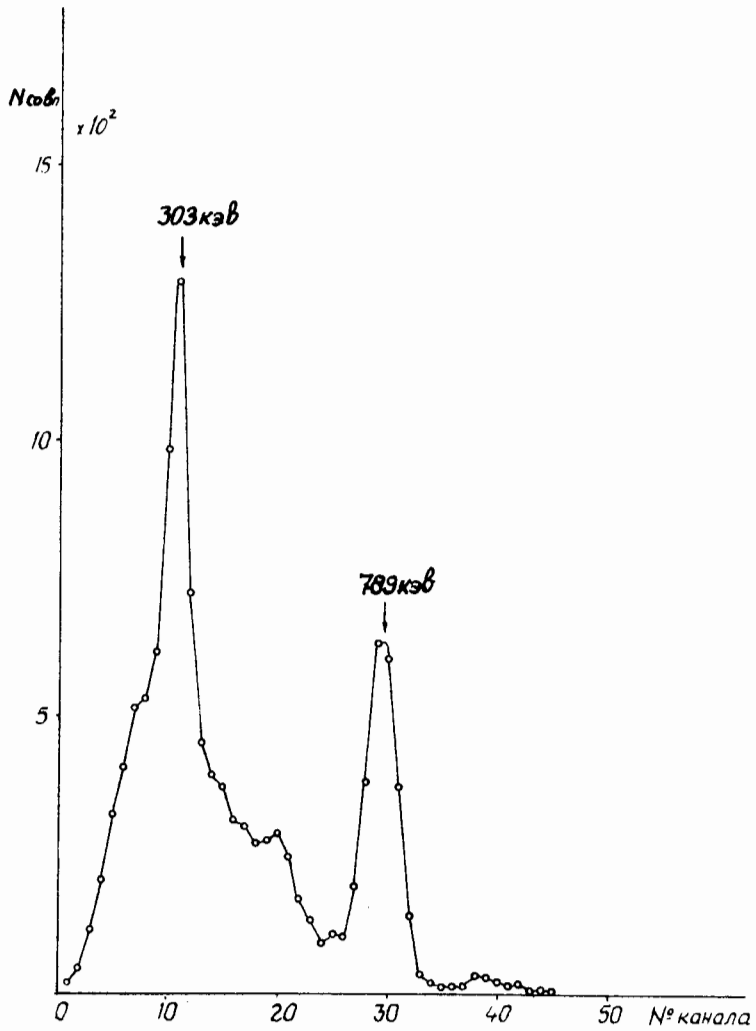


Рис. 5. Совпадения ( $\gamma$  1047) ( $\gamma$ ) (кристаллы NaJ(Tl) 40x40 мм + 80x80 мм).

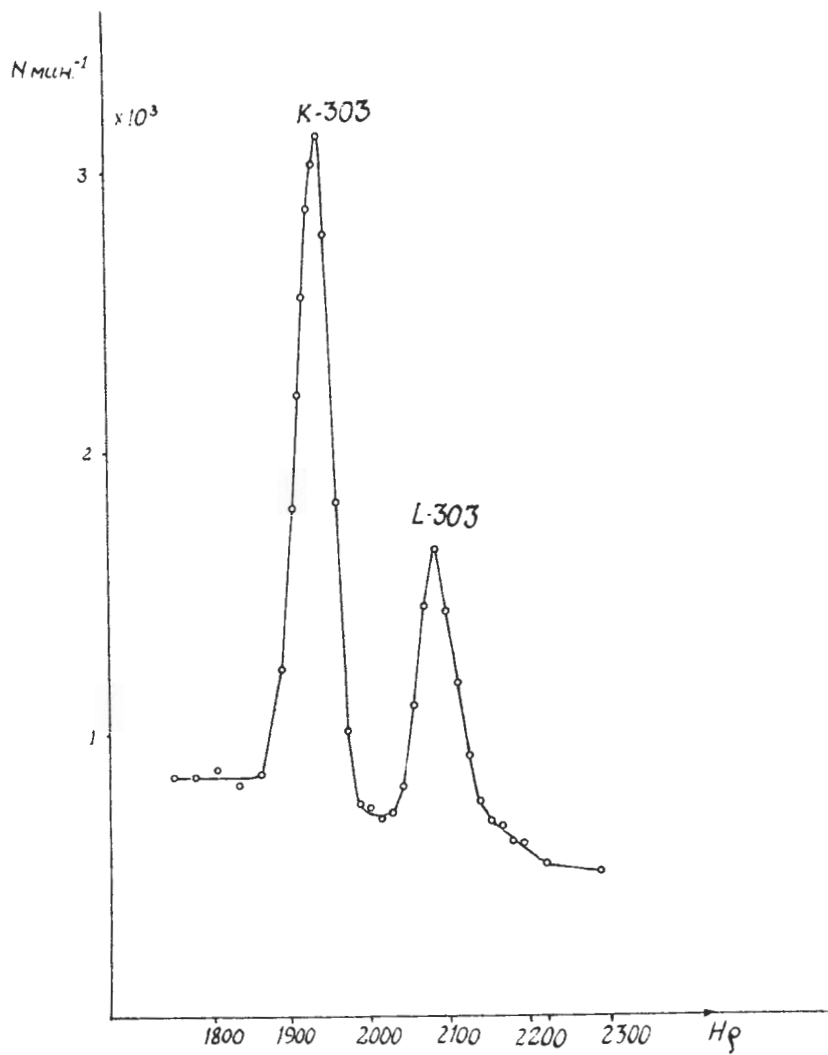


Рис. 6. Спектр конверсионных электронов  $Pr^{138}$ .

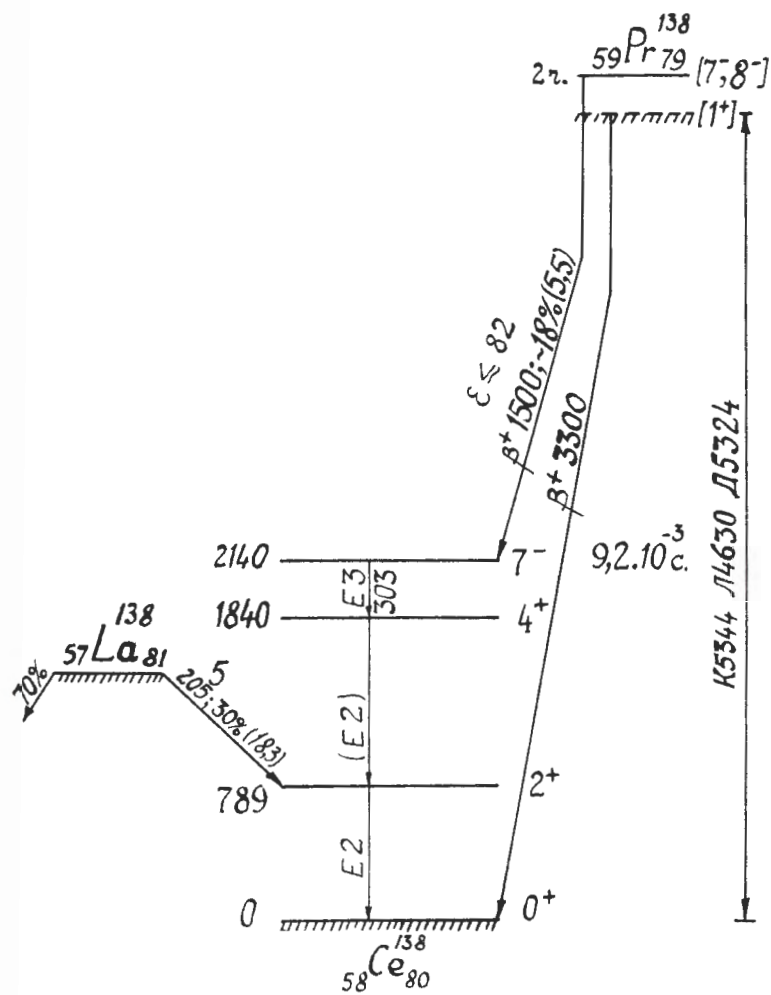


Рис. 7. Схема распада  $Pr^{138}$ .