

К-96

13/X-69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P6 - 4585

В.Куш, Х.Дростэ, Т.Морек, С.Хойнацки,
И.И.Чубуркова

СПЕКТР ЭЛЕКТРОНОВ КОНВЕРСИИ
ИЗ РАСПАДА ^{204}Po ПУТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО
ЗАХВАТА

P6 - 4585

В.Куш, Х.Дростэ, Т.Морек, С.Хойнацки,
И.И.Чубуркова

**СПЕКТР ЭЛЕКТРОНОВ КОНВЕРСИИ
ИЗ РАСПАДА ^{204}Po ПУТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО
ЗАХВАТА**

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

7962/2 ир.

В в е д е н и е

Полные схемы распада легких изотопов полония известны лишь для нескольких случаев, что объясняется трудностями синтеза и короткими временами жизни изотопов, быстро уменьшающимися по мере уменьшения массового числа.

Изотопы полония с массовыми числами меньше 208 в основном распадаются путем электронного захвата, однако, при переходе к более легким изотопам начинает расти вклад альфа-распада, а у изотопов с массовыми числами меньше 200 альфа-распад даже преобладает.

С точки зрения времени жизни для спектрометрических исследований наиболее удобна группа изотопов с массовыми числами 207-204, периоды полураспада которых укладываются в интервале 9,0д-1,5ч.

Распад ^{207}Po ($T_{1/2} = 5,7$ ч) исследован в работе ^{1/}, где на основании гамма-спектров и спектров электронов конверсии определена схема уровней ^{207}Bi .

Распад ^{206}Po ($T_{1/2} = 9$ д) путем электронного захвата исследован в ^{2/} и ^{3/}. Полученные экспериментальные данные позволили авторам предложить схему уровней ^{206}Bi .

Схема распада ^{205}Po изучена слабо. Известно, что время жизни этого изотопа равно 1,5 ч, а альфа-вилка составляет 0,074% ^{4/}.

Недавно опубликованы первые данные о распаде 3,8-часового ^{204}Po путем электронного захвата. Куш и Чубуркова ^{/5/} измерили спектр гамма-лучей с помощью германиевого детектора и идентифицировали 18 линий.

В настоящей работе продолжены исследования схемы уровней ^{204}Bi . Измерены спектры электронов конверсии с целью определения мультипольности переходов.

Эксперимент

Изотоп ^{204}Po получался как и в прежнем эксперименте ^{/5/}: золотая фольга толщиной 10 мкм облучалась ионами ^{15}N с энергией 80 мэв на ускорителе тяжелых ионов ОИЯИ. Время облучения 5 часов, ток ионов - 1 мка. В реакции $^{197}\text{Au} (^{15}\text{N}, 4n) ^{208}\text{Rn}$ получался изотоп ^{208}Rn , который с временем жизни 23 мин. распадался до ^{204}Po .

Полоний отделялся от облученного золота соосаждением его с элементарным теллуридом. После растворения теллурида он вновь осаждался сернистым газом из 6N HCl , а полоний оставался в растворе. В последней стадии полоний методом внутреннего электролиза выделялся на серебре из 0,1 нормального солянокислого раствора при температуре 70-80°C.

Спектр электронов конверсии измерялся с помощью безжелезного тороидального магнитного спектрометра со светосилой 2% и разрешающей способностью 1% (при размерах источника диаметром 15 мм) ^{/6/}.

Результаты

Наши экспериментальные данные получены в трех облучениях. На рис. 1 и 2 показаны спектры электронов конверсии, измеренные в первом и втором облучениях. В третьем облучении, целью которого являлось определение интенсивности высокоэнергетических линий, удалось измерить только отношение интенсивности линий K884 и K270.

Для оценки интенсивности линий K1016 и K1040 использовались результаты контрольных измерений, проводившихся с помощью полупроводникового детектора.

В таблице 1 представлены результаты всех измерений: в столбце I, II, III даются данные, полученные с помощью магнитного спектрометра, в IV - с помощью полупроводникового детектора. I_e означает средние, относительные интенсивности линии K, определенные на основании данных серии I и II. Для последних трех линий K интенсивность определена на основании серии IV. I_y означает относительные интенсивности гамма-линий, опубликованные в работе ^{/5/}.

Так как для большинства переходов удалось измерить с удовлетворительной точностью только интенсивности линий K, определение коэффициентов конверсии с оболочки K являлось очень существенным для идентификации мультипольностей.

Отношения интенсивности K/L, измеренные для некоторых переходов, помогли в нормировке I_e/I_y к теоретическим кривым для коэффициентов конверсии с оболочки K. Таблица II указывает отношение K/L для пяти переходов, включая известные переходы 375 кэв в ^{204}Pb и 406 кэв в ^{207}Bi , которые проанализированы для проверки правильности обработки данных.

Для перехода 375 кэв с мультипольностью E2 мы получили $K/L = 2,3 \pm 0,4$ ($2,4 \pm 0,4$, согласно данным Фрича и Холландера ^{/7/}) и для

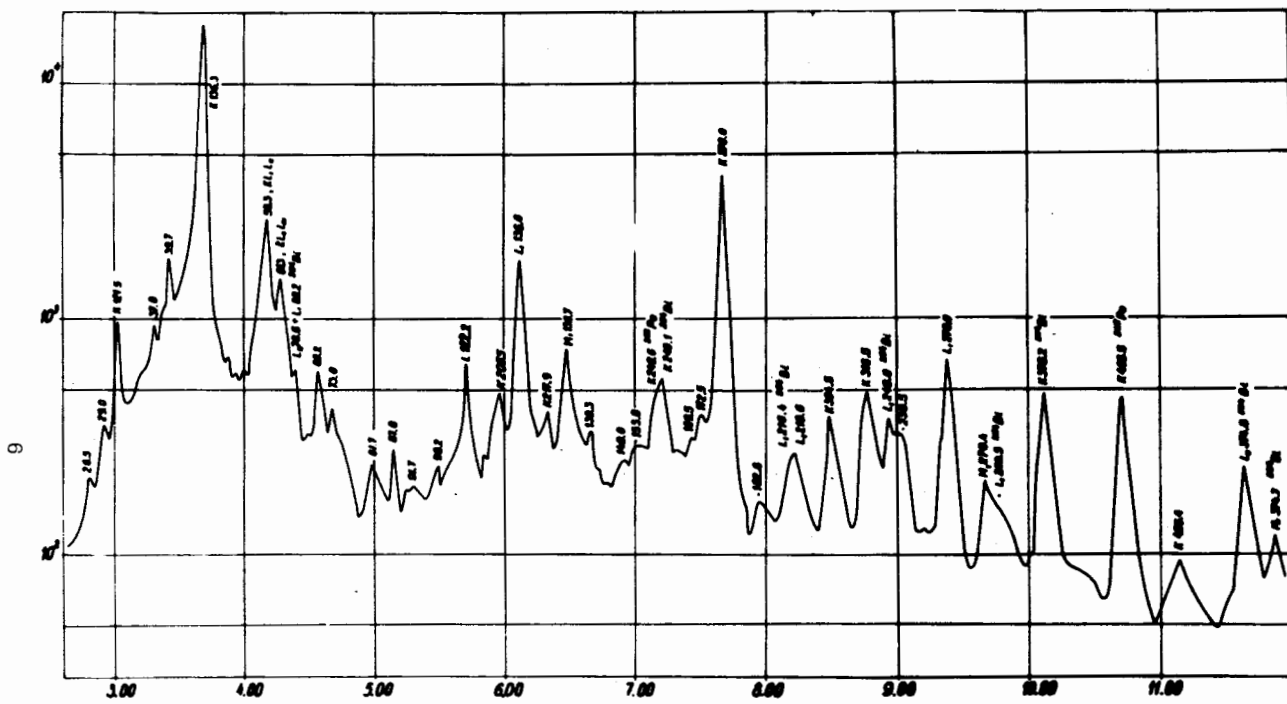


Рис.1. Низкоэнергетическая часть спектра электронов конверсии из распада ^{204}Po .

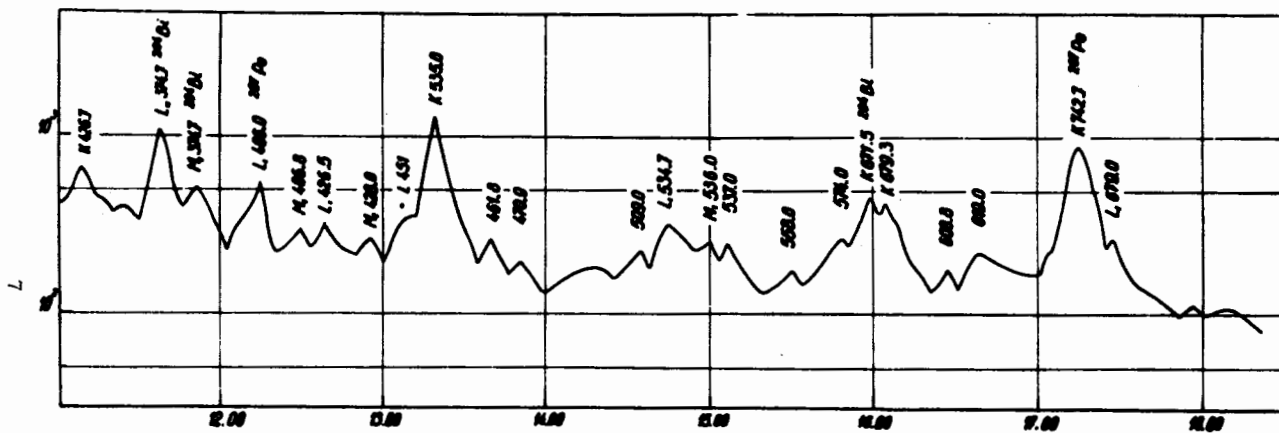


Рис.2. Высокоэнергетическая часть спектра электронов конверсии из распада ^{204}Po .

Таблица I

Результаты измерений интенсивности линии конверсии всех серий (I, II, III, IV). I_e - средние относительные интенсивности линии K, I_γ - относительные интенсивности гамма-линии

E_e	I	II	III	IV	I_e	I_γ	I_e/I_γ	ϵ_K
310	K121.5	0.89			0.89	3.3	0.27	54
45.8	K136.3	17.90	14.10	16.6		27.1		
105.8	L122.2	0.29	0.29					
115.0	K205.5	0.27	0.32		0.30	10.5	0.029	$5.7 \cdot 10^{-1}$
120.2	L136.6	1.00	1.00	1.2				
132.7	M136.7	0.39						
179.5	K270.0	1.57	1.57	1.57	1.57	68.7	0.023	$4.6 \cdot 10^{-1}$
244.0	K304.5	0.17			0.17	11.0	0.015	$2.9 \cdot 10^{-1}$
226.0	K316.5	0.25		0.34	0.25	13.3	0.019	$3.7 \cdot 10^{-1}$
253.6	L270.0	0.33		0.28				
266.4	M270.4	0.096						
287.8	K375.0	0.252						
315.0	K405.5	0.200						
336.2	K426.7	0.037	0.042		0.040	7.7	0.051	$1.0 \cdot 10^{-1}$
359.5	L374.7	0.110	0.238					
370.9	M374.7	0.046	0.092					
389.6	L406.0	0.034	0.037					
402.8	M406.8	0.014						
410.1	L426.5	0.020						
424.0	M428	0.014						
435	L451	0.029						
444.5	K535.0	0.14	0.183	0.15	0.16	32.0	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-1}$
518.3	L534.7	0.041						
532	M536	0.023						
588.3	K679.3	0.057		0.06	0.06	23.2	$2.8 \cdot 10^{-3}$	$5.6 \cdot 10^{-2}$
652.7	K742.7	0.143						
662.6	L679.0	0.040						
	K884		0.013	0.015	0.14	74.0	$1.9 \cdot 10^{-4}$	$3.8 \cdot 10^{-3}$
	K1016			0.012	0.11	50.0	$2.2 \cdot 10^{-4}$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
	K1040			0.009	0.08	25.6	$3.2 \cdot 10^{-4}$	$6.5 \cdot 10^{-3}$

Таблица II

Отношение K/L для пяти переходов

E_γ	α_1	α_2	α_3	β_1	β_2	β_3
121.8	5.8	0.20	0.01	5.5	2.5	0.50
				3.1 ± 1.8		
270.0	5.9	1.3	0.45	5.6	3.8	2.0
				4.8 ± 1.0		
374.9	6.0	2.2	0.80	5.6	4.2	2.7
		2.3 ± 0.3				
405.7	6.0	2.4	0.95	5.6	4.3	2.8
				5.9 ± 1.0		
534.9	6.0	3.2	1.6	5.6	4.6	3.4
				4.5 ± 1.3		

перехода 406 кэв $K/L = 5,9 \pm 1,0$ (5,7, согласно данным Арбмана и др. ^{/1/}).

Нормировка I_e/I_γ проводилась исходя из данных для сильного перехода 270 кэв. Величины $K/L = 4,8 \pm 1,0$ и $K/M = 16 \pm 5$ указывают на мультипольность M1.

Последняя строчка таблицы I дает величины коэффициентов конверсии ϵ_k , полученные из нормировки I_e/I_γ на основе этой информации.

На рис. 3 представлены кривые ϵ_k в функции энергии для мультипольности E1, E2, E3, M1 и M2 по данным Слива и Банда ^{/8/} для $Z = 83$ и нанесены результаты из таблицы 1 (крестики). Источник, приготовленный для измерений второй серии, был использован для повторного измерения гамма-спектра. Коэффициенты конверсии, полученные на основе этого спектра, тоже представлены на рис. 3 (кружочки).

Обсуждение результатов

Слабый переход 121,5 кэв определен как M1. Величина $K/L = 3,1 \pm 1,2$ могла бы указывать на мультипольность M2. Однако в этом случае ϵ_k должно быть в 4,4 раза больше, а линия M - в 3 раза сильнее, чем K. В полученном спектре линия M вообще не наблюдается.

Переход 136,6 кэв требует обсуждения, так как $K/L = 17,9$ в три раза превышает наибольшую из величин K/L , данную теорией. Кажется разумным подозревать существование неидентифицированного перехода, L линия которого перекрывается с линией K136,6. Этот мог бы быть переход 62,4 кэв в свинце или 61,9 в висмуте.

Целью повторного измерения спектра гамма-лучей являлось также исследование низкоэнергетических линий.

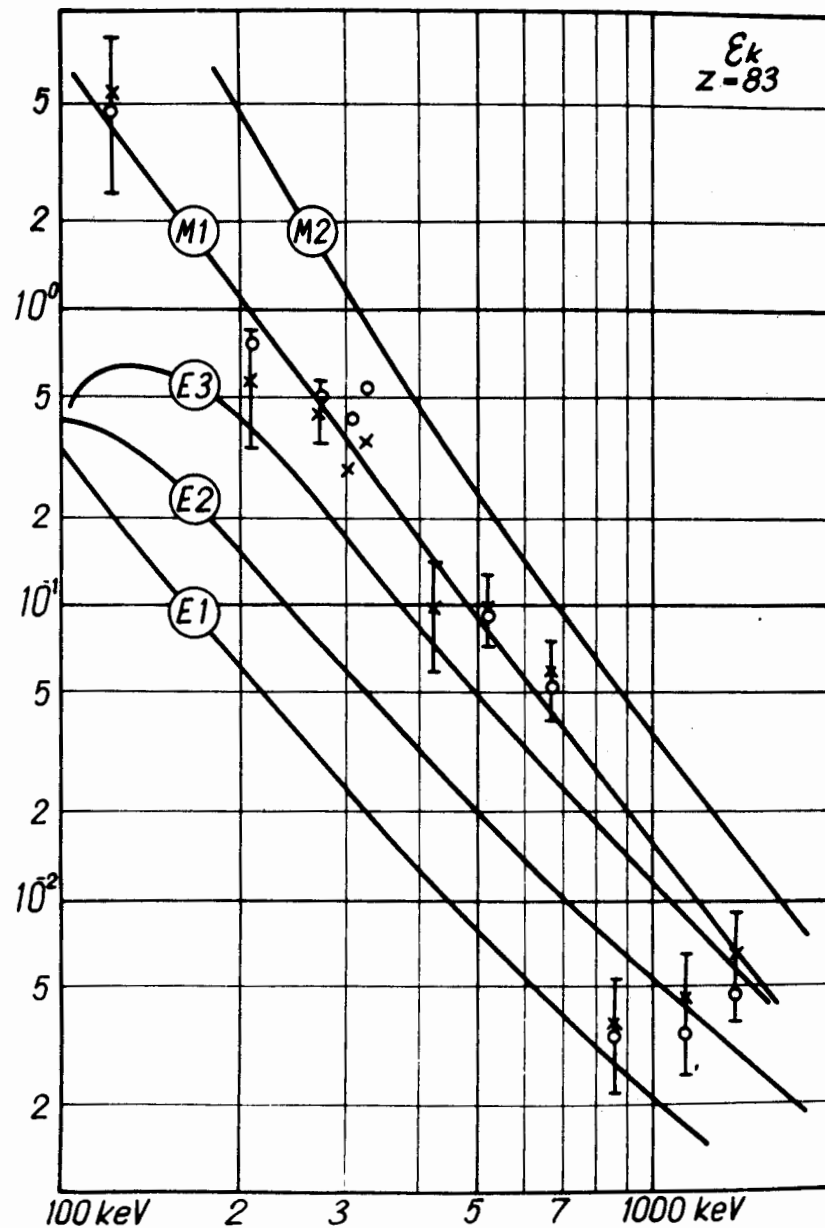


Рис.3. Сравнение коэффициентов конверсии (полученных из нормировки I_e/I_γ для линии 270 кэв) с теоретическими данными.

Действительно, мы обнаружили гамма-линию с энергией 63 ± 1 кэВ и с временем жизни 4 ± 2 часа. Этот переход должен характеризоваться сильной конверсией и его L-линия должна перекрываться с K136,6, а M линия - с группой линий Оже с энергией 58,3 кэВ.

Интенсивность этой группы Оже-линий ($KL_I L_I$, $KL_I L_{II}$, $KL_{II} L_{II}$) должна быть, по расчетам $^{19/}$, в 1,21 раза больше, чем следующей группы ($KL_I L_{II}$, $KL_{II} L_{II}$), энергия которой в спектре определена как 61,3 кэВ.

Измеренное отношение интенсивности обеих групп (3,44) свидетельствует о значительном вкладе линии M63.

Предположение, что переход 136,6 кэВ является переходом M1 с $K/L = 5,5$ и что отношение интенсивностей обеих групп Оже равно 1,2 приводит к выводам: линия электронов конверсии 45,8 кэВ с интенсивностью 17,9 является суммой K136,6 и L 63 с интенсивностями 5,5 и 12,4; линия 58,3 кэВ включает линию Оже и M63 с интенсивностями 1,0 и 1,9.

В результате получаем $K/M = 14,1$ и $\epsilon_k = 4,0$. Обе величины близки к теоретическим значениям для мультипольности M1 (9,6 и 3,3).

Аналогичное рассуждение в предположении мультипольности E2 ($K/L = 0,27$) приводит к величинам $K/M = 0,70$, $\epsilon_k = 0,20$ при теоретических значениях 0,35 и 0,32.

Исходя из остальных мультипольностей получаются величины K/M и ϵ_k , расходящиеся с теоретическими данными.

Коэффициент конверсии ϵ_k перехода 205,5 кэВ указывает на мультипольность E3 или M1. Однако отсутствие сильной линии L исключает E3.

Мультипольность перехода 270 кэВ определена как M1 на основании $K/L = 4,8 \pm 0,5$ и $K/M = 16 \pm 5$.

Слабые переходы 306 и 317 кэВ по значениям ϵ_k должны быть переходами M1.

Для перехода 426,7 кэВ измерены линии конверсии K, L и M. Линия K426,7 перекрывается с линией K422 ^{204}Pb , вклад которой определен по отношению интенсивности K375/K422 с использованием данных Фрича и Холландера $^{17/}$. Коэффициент конверсии $\epsilon_k = (1,0 \pm 0,4) \cdot 10^{-1}$ и $K/M = 3,0 \pm 1,2$ указывает на мультипольность E3, величина $K/L = 2,1 \pm 0,8$ (незначительно больше чем для E3) соответствует мультипольности E2.

Переход 535,0 кэВ на основании $K/L = 4,5 \pm 1,3$ и $K/M = 8 \pm 4$ может быть переходом M2 или M1. ϵ_k указывает на M1. Переход 679,3 кэВ на основании $\epsilon_k = (5,6 \pm 1,7) \cdot 10^{-2}$ определен как M1.

Линии K884, K1016, K1040, измеренные с помощью полупроводникового детектора, пронормированы по интенсивности к линии K270.

При оценке этих данных надо учесть тот факт, что пробег электрона с энергией 1 мэВ в кремнии (1,7 мм) был несколько больше толщины чувствительного слоя нашего детектора ($1,4 \pm 0,1$ мм).

В связи с этим надо считать, что три последние измерения могут давать заниженные значения интенсивности ($\leq 20\%$).

В таблице III даются мультипольности переходов, интенсивность линий электронов конверсии, интенсивности гамма-линий и полные интенсивности переходов.

Авторы выражают глубокую благодарность академику Г.Н. Флерову за предоставление условий для выполнения этой работы и за постоянный интерес к ней.

Л и т е р а т у р а

1. E. Arberman, J. Burde, T. P. Gerholm. Arkiv for Fysik, 13, 501 (1958).
2. A. Stoner, Univ. Calif. Rad. Lab. Report. UCRL-3471 (1956).

3. E. Arberman, P.A. Tove. Arkiv for Fysik, 13, 61 (1958).
4. D.G. Karraker, A. Ghiorso, D.H. Templeton. Phys.Rev. 83, 391 (1955).
5. W. Kusch, I.I. Chuburkova. Acta Phys. Polonica 35, 879 (1969).
6. Z. Wilhelmi, V.C. Alfeev, S. Chojnacki, Ch. Droste, J. Lewitowicz, T. Morek, P. Radecki, K.J. Siomin, J. Srebrny, A. Wojtasiewicz. Preprint JINR E6-4593, Dubna, 1969.
7. A.R. Fritsch, J.M. Hollander, J. Inorg. and Nucl. Chem., 6, 165 (1958).
8. Л.А. Слив, И.М. Банд. Таблицы коэффициентов внутренней конверсии γ -излучений. Изд-во АН СССР, 1956.
9. A.H. Wapstra, G.J. Nijgh, R. van Lieshout. Nuclear Spectroscopy Tables, North-Holland Pub. Comp., 1959.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 июля 1969 года.

Таблица III

Полные интенсивности переходов определены на основе измеренных мультипольностей

E_γ		I_K	I_L	I_M	I_γ	I_T
121.5	M1	17.8	5.8		3.3	26.9
136.6	M1	110.0	20.0	7.8	27.1	164.9
	E2	5.8	20.0	7.8	27.1	60.7
205.5	M1	6.0	~1.0		10.5	17.5
270.0	M1	31.4	6.6	2.0	68.7	108.7
304.5	M1	3.4	~0.5		11.0	14.9
316.5	M1	5.0	~1.0		13.3	19.3
426.7	E3(E2)	8.0	4.0	0.2	7.7	19.9
535.0	M1	3.2	0.8	0.4	32.0	36.4
679.3	M1	1.2			23.2	24.4
884	E3(E2)	0.3			74.0	74.3
1016	E2	0.2			50.0	50.2
1040	M1(E3)	0.2			25.6	25.8