

$\frac{10}{H-76}$ 493

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P-493

НОВЫЕ ИЗОТОПЫ

Tm, Ir и Pt

Дубна 1960 год

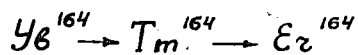
С о д е р ж а н и е

1. Абдуразаков А.А., Громов К.Я., Далхсурен Б., Желепов Б.С., Левенберг И.Ю., Мурип А.Н., Норсеев Ю.В., Покровский В.Н., Чумин В.Г., Ютландов И.А. "Цепочка распада $U_6^{164} \rightarrow Pu^{164} \rightarrow E_2^{164}$ "
2. Баранов В.И., Громов К.Я., Желепов Б.С., Зыонг Чонг Бай, Малышева Г.В., Хотин Б., Чумин В.Г. "Новые изотопы U_2 и Pu "

P-493

А.А.Абдуразаков, К.Я.Громов, Б.Далхсурен, Б.С.Джелепов,
И.Ю.Левенберг, А.Н.Мурин, Ю.В.Норсеев, В.Н.Покровский,
В.Г.Чумин, И.А.Ютландов

ЦЕПОЧКА РАСПАДА



Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

618/10 m.

Среди продуктов реакции расщепления Ta установлено существование изотопа Yb^{164} / $T_{1/2} = 75 \pm 2$ мин/, при распаде которого образуется неизвестный ранее изотоп Tm^{164} / $T_{1/2} = 2 \pm 0,5$ мин/. Tm^{164} превращается в стабильный Er^{164} с испусканием позитронов с граничной энергией 2940 ± 20 Кэв и γ -лучей $91,5 \pm 0,1$ Кэв и 211 ± 2 Кэв.

В 1955 году Нервик и Сиборг^{/1/} среди продуктов реакции расщепления Ta протонами энергии 340 Мэв обнаружили изотоп Yb , обладающий позитронной / $E_{\beta^+} = 2,4$ Мэв/ активностью с $T_{1/2} = 75$ мин. Позднее аналогичные результаты / $T_{1/2} = 75$ мин, $E_{\beta^+} = 2,9$ Мэв/ получили Калямин и др.^{/2/}. В этих опытах не удалось достоверно установить массовое число указанного изотопа Yb . Используя косвенные соображения, Нервик и Сиборг^{/1/} предположили, что массовое число обсуждаемого изотопа $A = 167$, тогда как Калямин и др.^{/2/} склонились к предположению, что $A = 161$.

Мы попытались получить более детальные сведения о распаде Yb /75 мин/. Препарат Yb получался как продукт реакции расщепления Ta при облучении протонами энергии 680 Мэв. Танталовая мишень весом ~ 5 г облучалась на внутреннем пучке синхроциклотрона Объединенного института ядерных исследований /Дубна/ в течение 15-20 мин. Сумма редкоземельных элементов отделялась от Ta и продуктов расщепления и деления путем соосаждения с малым количеством / ~ 1 мг/ фторида лантана. Осадок фторидов растворялся в смеси борной и азотной кислот, после чего с помощью аммиака осаждались гидроокиси редкоземельных элементов. Гидроокиси растворялись в одной капле соляной кислоты 1 : 4. Из полученного раствора редкоземельные элементы сорбировались небольшим количеством катионита *Dowex-50*. Разделение их производилось хроматографически /3,4/ на колонке, заполненной катионитом *Dowex-50*, при температуре $85,0^\circ C$. Длина колонки 10 см, диаметр - 2 мм; размер зерен смолы 10-15 μ . В качестве элюента использовался лактат аммония при $pH = 4,5$. При разделении всей группы редкоземельных элементов равномерность вымывания различных фракций обеспечивалась непрерывным изменением концентрации элюента. Длительность химических операций /с конца облучения до момента выделения Yb / составляла

около 2 часов. Источники для β - и γ -спектрометров готовились путем испарения капель элюента, содержащих $Ув$, на алюминиевой фольге.

Метод получения препаратов $Ув$ неизбежно приводил к тому, что в исследуемом образце, наряду с $Ув$ /75 мин/, присутствовали и другие изотопы $Ув^{167}$ /18 мин/, $Ув^{166}$ /58 час./, $Ув^{169}$ /30,6 дн./ и их дочерние изотопы $Тm^{167}$ /9,6 дн/ и $Тm^{166}$ /7,7 час /. Это обстоятельство, естественно, затрудняло изучение спектров $Ув$ /75 мин/.

Были изучены γ -, β^+ и e^- - спектры. Для этого были использованы β -спектрометр с однородным магнитным полем / разрешающая способность на К-линии перехода 661 Кэв Cs^{137} 0,8%/, β - спектрограф с постоянным магнитным полем и фотографической регистрацией и сцинтилляционный γ -спектрометр с многоканальным анализатором /число каналов - 128, среднее мертвое время ~ 80 μ сек, запоминающее устройство на потенциалоскопе/.

Экспериментальные результаты изучения цепочки распада, начинающейся с $Ув$ /75 мин/, представлены в таблице 1.

В спектре конверсионных электронов были обнаружены линии переходов 91,5 Кэв и 211 Кэв, в γ -спектре - линия 90 Кэв и очень слабая линия

Т а б л и ц а 1.

Экспериментальные результаты изучения $Ув^{164} \rightarrow Тm^{164} \rightarrow E_2^{164}$.

Энергия Кэв	Интенсивность /интенсивность компоненты позитронов $E_{\gamma} = 2,94$ Мэв принята за 100/			
	γ	К	L	M
γ -переходов				
91,5 \pm 0,1	8 \pm 3	-	14 \pm 3 ^{x/}	5 \pm 1
211 \pm 2	слаб.	0,2	0,1	слаб.
позитронов				
2940 \pm 20		100		
1300 \pm 00		4		

x/ Отношение $(L_I + L_{II}) : L_{III}$ равно 1,08.

210 Кэв. Энергия перехода 91,5 Кэв и относительные интенсивности $(L_I + L_{II}) : L_{III}$ определены на β -спектрографе с постоянным магнитным полем. Линии перехода 211 Кэв на нем зарегистрировать не удалось. Используемые приборы, к сожалению, не позволяли уверенно зарегистрировать К-линию перехода 91,5 Кэв.

Интенсивность β^+ -спектра на всех участках спадала с $T_{1/2} = 75 \pm 2$ мин. Анализ методом Ферми показывает, что граничная энергия позитронов составляет 2940 ± 20 Кэв и на участке спектра выше 1300 Кэв нет отклонений от формы разрешенных β -спектров. Такие отклонения существуют при меньших энергиях и если предположить, что они связаны с наличием второй компоненты в β^+ -спектре, то ее граничная энергия равна 1300 ± 100 Кэв, а ее интенсивность составляет около 4% от интенсивности жесткой компоненты β^+ -спектра /рис. 1/.

Сравнивая соответствующие интенсивности, мы получили коэффициент конверсии на L-оболочке для перехода 91,5 Кэв $\alpha_{L, 91,5} = 1,75 \pm 1$. Это значение удовлетворительно согласуется с теоретическим /5/ значением 2,16 для перехода мультипольности E2 и сильно расходится с другими наиболее близкими значениями 0,054 /E1/ и 0,45 /M1/. Отношение $(L_I + L_{II}) : L_{III}$ также хорошо совпадает с теоретическим значением 1,05 для перехода мультипольности E2. Далее, отношение /2.3/ энергий двух обнаруженных γ -переходов хорошо совпадает с теоретическим значением /2.33/ для переходов между первыми возбужденными уровнями ротационной полосы основного состояния четно-четных ядер.

Таким образом, и мультипольность, и отношение энергий переходов говорили в пользу предположения о том, что мы наблюдаем переходы между уровнями четно-четного ядра ${}^{164}\text{Er}$ или ${}^{162}\text{Er}$. Энергия перехода 91,5 Кэв в пределах погрешности совпадает с энергией перехода 91,3 Кэв, обнаруженного в ${}^{164}\text{Er}$ при β^- -распаде ${}^{164}\text{Ho}$ /6/. Предположение $A=164$ согласуется и с полуэмпирическими данными о массах ядер /7,8/, если отнести позитронное излучение к распаду ${}^{164}\text{Tm}$. Согласно упомянутым таблицам, разность масс ${}^{164}\text{Yb}$ и ${}^{164}\text{Tm}$ составляет 1232 Кэв и 1301 Кэв, а разность масс ${}^{164}\text{Tm}$ и ${}^{164}\text{Er}$ - 3785 Кэв и 3097 Кэв, соответственно.

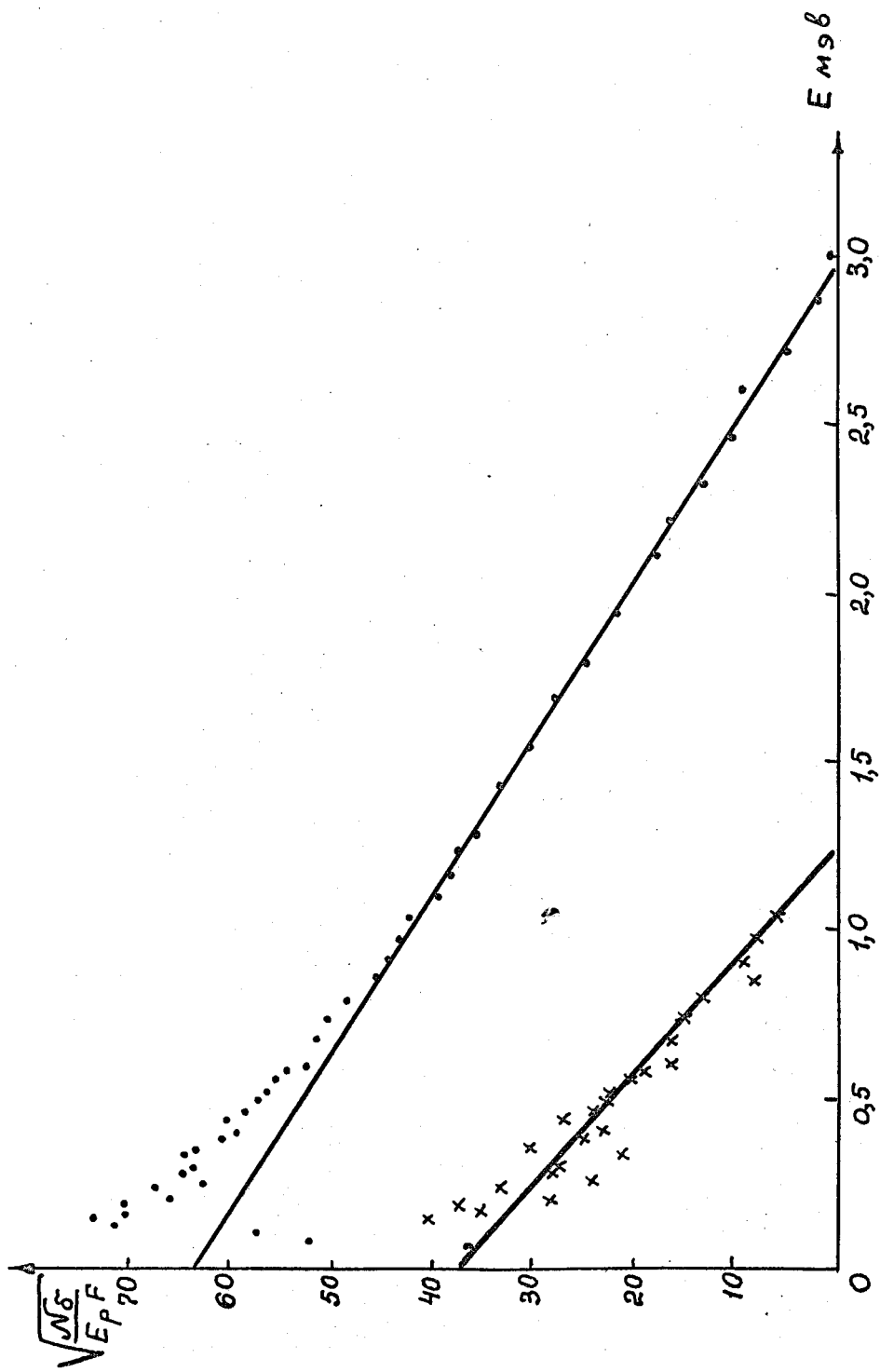


Рис. 1. График Кюри позитронного спектра равновесной смеси U^{164} и Tl^{164} .
 — жесткая компонента позитронного спектра Tl^{164} —
 $E_p = 2840$ Кэв, $\frac{x}{x}$ возможная мягкая компонента позитронного
 спектра / $E_p = 1300$ Кэв/.

Итак, наши результаты позволяли предположить существование цепочки распада $Ув^{164} / 75 \text{ мин} / \rightarrow Тm^{164} \rightarrow Эр^{164}$. Такая идентификация согласовывалась и с попытками обнаружения конверсионных линий^{х/} возможных дочерних активностей $Ув / 75 \text{ мин} /$. Для этого спустя 1,5 - 2 часа после выделения фракции $Ув$ / за это время $Ув^{167}$ распадался нацело / из нее выделялся $Тm$. В очищенном препарате $Ув$ искались наиболее заметные и удобные для наблюдения линии $Тm^{167, 166, 165, 163, 161}$. Результаты поисков позволяют практически полностью отвергнуть возможности $A = 167, 166, 165, 163$ или 161 .

Для получения прямых доказательств существования $Тm^{164}$ мы прежде всего попытались с помощью сцинтилляционного γ -спектрометра обнаружить присущую ему активность в дочернем $Тm$, выделенном из $Ув$. Эти поиски не дали достоверных результатов, что было истолковано как следствие малости периода полураспада $Тm^{164}$ / с момента появления $Ув$ в хроматограмме до начала измерения дочернего $Тm$ проходило не менее 15 мин/. Попытки более быстрого разделения $Ув$ и $Тm$ также не привели к успеху, так как в этом случае разделение было неполным.

Поэтому мы перешли к установлению накопления $Тm^{164}$ в $Ув$. Для этой цели с переднего фронта $Ув$ пика хроматограммы разделения $Ув$ и $Тm$ бралась капля $Ув$ и прослеживалось изменение интенсивности γ -линии 510 Кэв / пика аннигиляционного излучения / в зависимости от времени. То же самое делалось в другой серии опытов с γ -линией 90 Кэв. Измерения начинались в обоих случаях спустя 2-3 минуты после выхода капли из колонки.

При измерении γ 510 Кэв благоприятствующими обстоятельствами являлись отсутствие заметного β^+ -излучения у других изотопов $Ув$, присутствующих во фракции / $Ув^{166}$, $Ув^{169}$, $Ув^{167}$, последний к тому же распадался к моменту разделения $Ув$ и $Тm$ / и большая интенсивность

γ 510 Кэв в спектре $Ув$. При измерении γ 90 Кэв приходилось учитывать накопление γ 80 Кэв, принадлежащей $Ув^{166}$ и $Тm^{166}$, поскольку γ 80 Кэв и γ 90 Кэв сцинтилляционным спектрометром не разрешаются.

^{х/} С помощью сцинтилляционного γ -спектрометра эту задачу решить трудно из-за наличия $Тm^{166}$, обладающего сложным спектром.

Накопление γ 80 Кэв было исследовано ранее /9/ и проконтролировано в наших опытах. Результаты, полученные для γ 90 Кэв, хорошо совпадают с результатами для γ 510 Кэв.

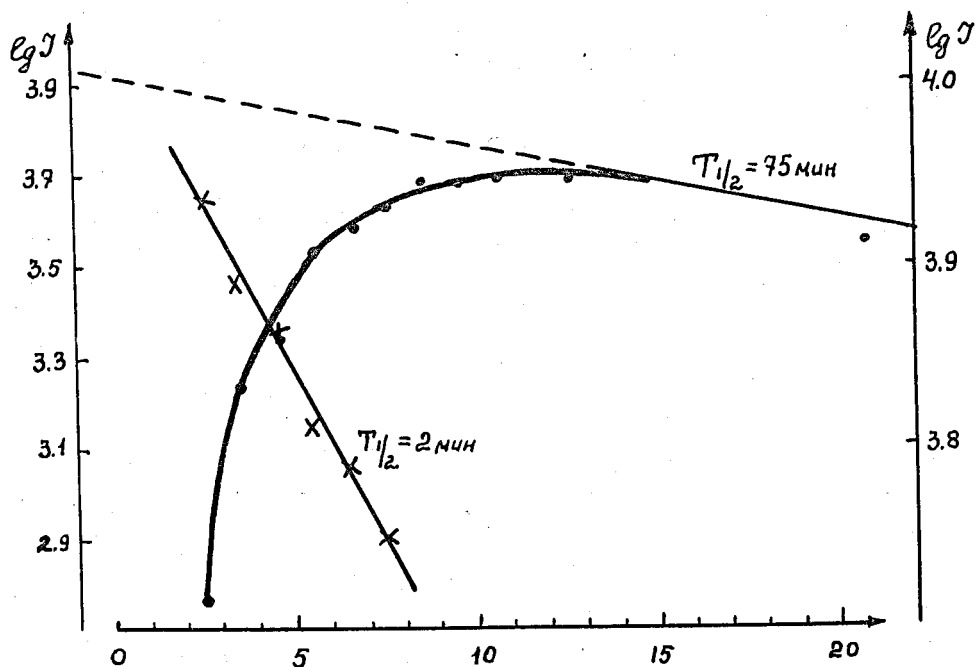


Рис. 2. Начальный участок кривой изменения интенсивности γ -линии 510 Кэв. По оси абсцисс - время с момента разделения $Ув$ и T_m . По оси ординат - логарифм интенсивности линии. \bullet - экспериментальная кривая /правая шкала/. $x-x$ - результат вычитания /левая шкала/.

На рис. 2 изображен результат одного из опытов по измерению накопления γ 510 Кэв. Изображен только начальный участок /измерения длились 5-7 часов/, так что период 75 мин. прослеживался хорошо/. Отчетливо видно накопление; период дочернего T_m^{164} , получаемый отсюда, равен 2 мин.

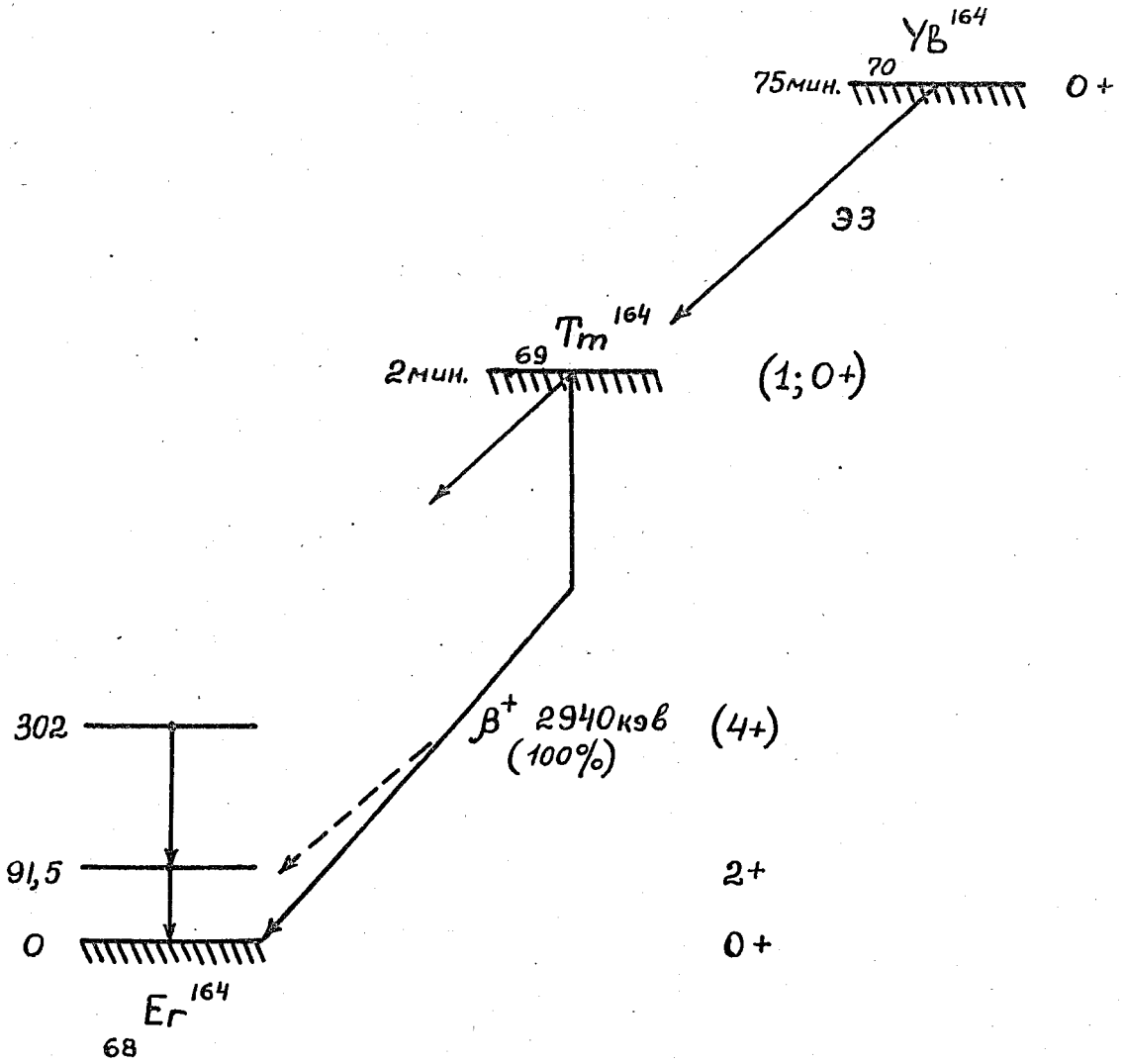


Рис. 3. Схема распада $Yb^{164} \rightarrow Tm^{164} \rightarrow Er^{164}$.

Среднее /более чем из 10 определений/ значение периода полураспада T_m^{164} составляет $2,0 \pm 0,5$ мин. По нашим данным мы могли судить также о наличии позитронного излучения у Yb^{164} . Оказалось, что /если оно вообще существует/ его интенсивность не превышает 10% от общей интенсивности позитронного излучения. Сравнительно невысокая точность этой оценки объясняется невозможностью точно указать момент разделения Yb и Tm в хроматографической колонке. Помимо γ -линий 91,5 и 211 Кэв, в наших опытах не было замечено интенсивных / > 10% интенсивности позитронного излучения/ линий, которые могли бы относиться к Yb^{164} или Tm^{164} . Интенсивность перехода 91,5 Кэв /E2/ составляет не более 40% числа позитронов, испускаемых при распаде Tm^{164} . Все это, видимо, говорит о том, что весьма значительная часть распадов Yb^{164} и Tm^{164} идет на основные состояния /см.рис. 3/. Оценивая величины $f\tau$ для этих переходов, получим для каждого из них $\lg f\tau \approx 5$, что явно указывает на разрешенный характер переходов.

Это, казалось бы, находится в противоречии с возможными значениями спина Tm^{164}_{69} . Действительно, согласно теоретическим правилам /10,11/, обычно хорошо выполняющимся, спин нечетно-нечетного ядра Tm^{164}_{69} должен быть равен $|\Omega_p \pm \Omega_n|$, где Ω_p и Ω_n - спины нечетного протона и нейтрона, соответственно. Согласно схеме Нильсона /12/ $\Omega_p = \frac{1}{2}+$ и $\Omega_n = \frac{5}{2}-$, так что спин Tm^{164} может составлять 2- или 3-. Выбор между этими значениями на основании правила Галлахера и Мошковского /13/ приводит к значению 3-. Ни одно из этих значений не согласуется с разрешенным характером переходов.

Однако, известно, что для 95 нейтрона осуществляется состояние $5/2+$, расположенное вблизи состояния $5/2-$ /для Dy^{161}_{66} и Er^{163}_{68} , см. /14,15/ /. Известно, далее /14,15/, что для $Z = 69$ реализуется состояние $1/2+$, но по мере уменьшения числа нейтронов к нему все ближе подходит состояние $7/2+$. Так, для Tm^{171}_{69} энергетическое расстояние между основным состоянием $1/2-$ и возбужденным $7/2+$ составляет 636 Кэв, для Tm^{169}_{69} - 316 Кэв, для Tm^{167}_{69} - 178 Кэв. Таким образом, не исключена возможность, что в Tm^{164}_{69} последний протон находится в состоянии $7/2+$. Тогда $|\Omega_p \pm \Omega_n|$

может составлять 1+ или 6+, а по /13/ следует выбрать 1+. Значение 1+ хорошо согласуется с разрешенностью переходов.

Вопрос нуждается, естественно, в дополнительном исследовании. В частности, в настоящее время нами проводятся поиски более слабых γ -переходов, принадлежащих U_6^{164} или Tm^{164} .

Л и т е р а т у р а

1. Nervik W.E., Seaborg G.T. Phys. Rev., 97, 1092, (1955).
2. Калямин А.В., Левенберг И.Ю., Яковлев В.А., Атомная энергия, 5, 582 /1959/.
3. Mayer Z.W., Freiling E.C. Journ. Amer. Chem. Soc., 75, 5647, (1953).
4. Преображенский Б.К., Лилова О.М., Добронравова А.М., Тетерин Е. Журнал неорганической химии, 1, 2294 /1956/.
5. Слив Л.А., Банд И.М. "Таблицы коэффициентов внутренней конверсии γ -излучения, ч. 1 К-оболочка, АН СССР, 1957,
ч. 2 L-оболочка, АН СССР, 1958.
6. Mihelich J.W., Harmatz B., Handley T.H. Phys. Rev., 103, 989, (1957).
7. Riddel J. 'A table of Levy's empirical atomic masses', Chalk River, Ontario, CRP-654, (1957).
8. Cameron A.G.W. 'A revised semi-empirical atomic mass formula' Chalk River, Ontario, CRP-690, (1957).
9. Барановский В.И., Покровский В.Н., Изв. АН СССР, сер. физ., 23, 819, /1959/
10. Bohr A., Mottelson B.R., Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Medd., 27, n. 16, /1953/.
11. Пекер Л.К. Изв. АН СССР, сер. физ. 21, 1029 /1957/.
12. Nilsson S.G., Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Mat.-Fys. Medd., 29, n. 16, (1955).
13. Callagher C.J., Moszkowski S.A., Phys. Rev., 111, 1282, (1958).
14. Harmatz B., Handley T.H., Mihelich J.W. Phys. Rev., 114, 1082, (1959).
15. Mottelson B.R., Nilsson S.G., Mat.-Fys. Scr., Dan. Vid. Selskab, I, n 8 (1959).

В.И. Баранов, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Зыонг Чонг Бай,
Т.В. Малышева, В.А. Морозов, Б.А. Хотин, В.Г. Чумин

НОВЫЕ ИЗОТОПЫ



Иридий 184

С помощью β -спектрометра типа Даниша изучался спектр конверсионных электронов фракции иридия, образующейся в реакции глубокого расщепления при бомбардировке золота протонами с энергией 660 Мэв. Из облученной золотой пластинки, весом 1-2 г, выделялся иридий без носителя в радиохимически чистом виде /1/.

В конверсионном спектре иридия было обнаружено несколько линий, интенсивность которых спадала с периодом полураспада $3,1 \pm 0,3$ часа. Эти линии идентифицированы как L_{120} , M_{120} ; K_{264} , L_{264} , M_{264} и K_{391} , L_{391} . Экспериментальные данные об этих линиях сведены в таблице I. Измеренный спектр иридия /серия 1/ приведен на рис. 1. L , M и N линии γ -перехода 120 Кэв изучались дополнительно на β -спектрометре с двойной фокусировкой /типа $\pi\sqrt{2}$ /, обладающем лучшим разрешением /2/. Полученные данные помещены в таблице II. Экспериментальный спектр приведен на рис. 1 /а/.

По разности энергий между L_{III} - 119,7 и N -119,7 и между K_{264} и M_{264} можно заключить, что переходы происходят в ядре осмия. Отношение K/L для γ -переходов 264 Кэв и 391 Кэв позволяют предположить у этих переходов мультипольность типа $E2$. Отношение $L_1 + L_{II} / L_{III}$ γ -перехода 120 Кэв /таблица II/ не противоречит приписанию этому переходу мультипольности типа $E2$ /хотя нельзя исключить и E_3 , E_4 и E_5 /. Если предположить, что γ -переходы 264 Кэв и 120 Кэв идут в каскаде, то отношение энергий уровней 384 Кэв и 120 Кэв /3,2/ весьма близко к теоретическому для ротационных уровней основного состояния четно-четных деформированных ядер. Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что наблюдаемые γ -переходы происходят в четно-четном ядре осмия.

Период полураспада 3,2 часа был обнаружен у Zr^{190} /3/. Но у Zr^{190} энергии первых трех γ -переходов равны: 186, 356 и 401 Кэв. Конверсионных линий этих переходов мы не обнаружили. Следовательно, найденные нами γ -переходы не принадлежат Zr^{190} .

Из графика зависимости энергий первых уровней деформированных четно-четных ядер от числа нейтронов /рис. 2/ можно сказать, что первый враща-

Таблица I.

Экспериментальные данные о конверсионных линиях, интенсивность которых спадает с периодом полураспада 3,1 часа.

№ гаусс. см.	E _c Кэв	Относит. интенсивн.	T _{1/2} час.	Идентификация	E _γ Кэв	K/L		Тип пере- хода
						Экспер.	Теор. (E ₂)	
1162	107,4	4,2+0,35	3,1+0,3	L	120,0+0,5			-
1220	117,4	1,8+0,2	3,1+0,4	M				
1600	189,8+0,4	1,0	3,1+0,3	K	264,0+1	1,2-1,8	2	(E ₂)
1891	252,2+0,5	0,7+0,15	3,3+0,5	L				
1932	261,3+0,4	0,25	-	M	391,2+1	4,3	3,1	(E ₂)
2175	317,3+1	0,26	3,3+0,7	K				
2430	378,8+1	0,06	-	L				

618/10 мч.

Таблица II.

Экспериментальные данные L , M и N линиях δ -перехода I20 кэв, полученные на β -спектрометре с двойной фокусировкой.

№ гаусс.см	E _с Кэв	Относит. интенсивн.	Идентификация	E δ Кэв	$L_I + L_{II} / L_{III}$		Тип перехода.
					эксперим.	теорет. (E2)	
I160,8	I07,2	I,15 \pm 0,25	$L_I + L_{II}$	II9,7 \pm 0,3	0,9-I,4	I,3	(E2)
I170,3	I08,8	I,0	L_{III}				
I218,1	II7,05	0,7 \pm 0,15	M				
I230,0	II9,13	0,25 \pm 0,15	N				

тельный уровень 120 Кэв может принадлежать $76 Os^{184}$ или $76 Os^{182}$. Против массы 182 говорит тот факт, что при многократном выделении Os из фракции Zr не было обнаружено активности с периодом полураспада 21-24 часа, принадлежащей Os^{182} /4/ /рис. 3/. Также при измерении на 100-канальном сцинтилляционном γ -спектрометре не найдено γ -излучения, принадлежащего Os^{182} /5/.

На основании полученных данных мы предлагаем схему распада Zr^{184} , представленную на рис. 4.

Отметим, что если принять эту схему, то относительные интенсивности переходов 120 Кэв, 264 Кэв и 391 Кэв, подсчитанные из интенсивностей линий конверсионных электронов, в пределах точности опытов оказываются примерно одинаковыми / $I_{120} : I_{264} : I_{391} \approx 13 : 15 : 9$ /. Это можно понять, если предположить, что распад Zr^{184} происходит главным образом на какой-то /не ротационный/ уровень Os^{184} с большим спином. Аналогичные случаи наблюдаются у соседних ядер $Zr^{190} - Os^{190}$ и Hf^{180m} /4/. В нашем случае не исключено, что в Os^{184} при распаде Zr^{184} возбуждается изомерное состояние. Действительно, при многократном выделении Os из фракции Zr наблюдается активность с периодом полураспада около 20 мин /рис. 3/. Может быть этот период полураспада и связан с изомером Os^{184} .

Кроме указанных выше линий во фракции Zr наблюдалось много линий, принадлежащих другим изотопам Zr :

Zr^{186}	γ - переходы	137, 297, 435 Кэв	$T_{1/2} = 18 \pm 2$
Zr^{185}	γ - переход	254 Кэв.	$T_{1/2} = 15 \pm 1$ ч.
Zr^{188}	γ - переход	156 Кэв.	

П л а т и н а 187

Для определения периода полураспада платины 187 из облученного на синхротронном золоте протонами той же энергии выделялась фракция

платины /1/, из которой, затем, через равные промежутки времени / $\Delta t = 4$ часа / выделялся дочерний иридий. Спектр конверсионных электронов дочернего иридия измерялся на магнитном β -спектрометре с двойной фокусировкой / типа $\pi\sqrt{2}$ /. Относительное количество образующегося дочернего иридия ^{187}Ir определялось по интенсивности конверсионной L -линии $E_\gamma = 90,5$ Кэв /6/ с учетом химического выхода и полноты нанесения на мишень. Определенный период полураспада платины ^{187}Pt составляет $2,0 \pm 0,4$ ч. Для контроля определялся период полураспада известного изотопа платины ^{186}Pt по интенсивности конверсионной L -линии $E_\gamma = 137$ Кэв, принадлежащей ^{186}Ir /4/, измеряемой в различных препаратах дочернего иридия. Полученный период полураспада ^{186}Pt , равный $2,5 \pm 0,3$ часа, хорошо согласуется с данными Смита и Холлендера /7/. Конверсионные линии ^{185}Ir в спектре дочернего иридия не найдены.

В ы в о д ы

1. Обнаружен новый изотоп ^{184}Ir с периодом полураспада $3,1 \pm 0,3$ часа.
Приводится предполагаемая схема распада.
2. Найден новый изотоп ^{187}Pt с периодом полураспада $2,0 \pm 0,4$ часа.

Л и т е р а т у р а

1. А.К. Лаврухина, Т.В. Малышева, Б.А. Хотин, Л.Н. Крюкова, В.В. Муравьева. X ежегодное совещание по ядерной спектроскопии в Москве, 1960 г.
2. И.М. Беккерман, Б.А. Гуменюк, И.С. Днепровский. " β -спектрометр типа БПП", Москва, ВИНТИ, 1959 г.
3. T.C. Chu. Phys. Rev., 79, 582, (1950).
4. D. Strominger, J.M. Hollander, G.T. Seaborg. Rev. Mod. Phys., 30, 585, 1958.
5. Ю.А. Сурков, Г.М. Чернов, А.К. Лаврухина, З.М. Хромченко. X ежегодное совещание по ядерной спектроскопии в Москве, 1960 г.
6. R.M. Diamond, J.M. Hollander. Nucl. Phys., 8, 143, 1958.
7. W.G. Smith, J.M. Hollander. Phys. Rev., 98, 1258, 1955.

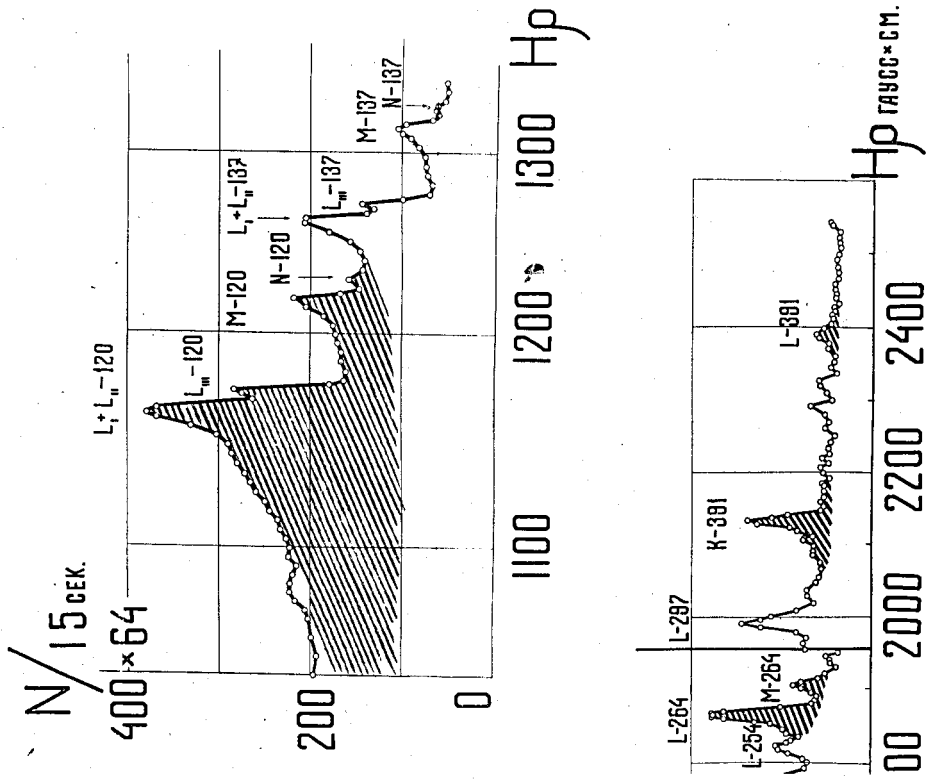
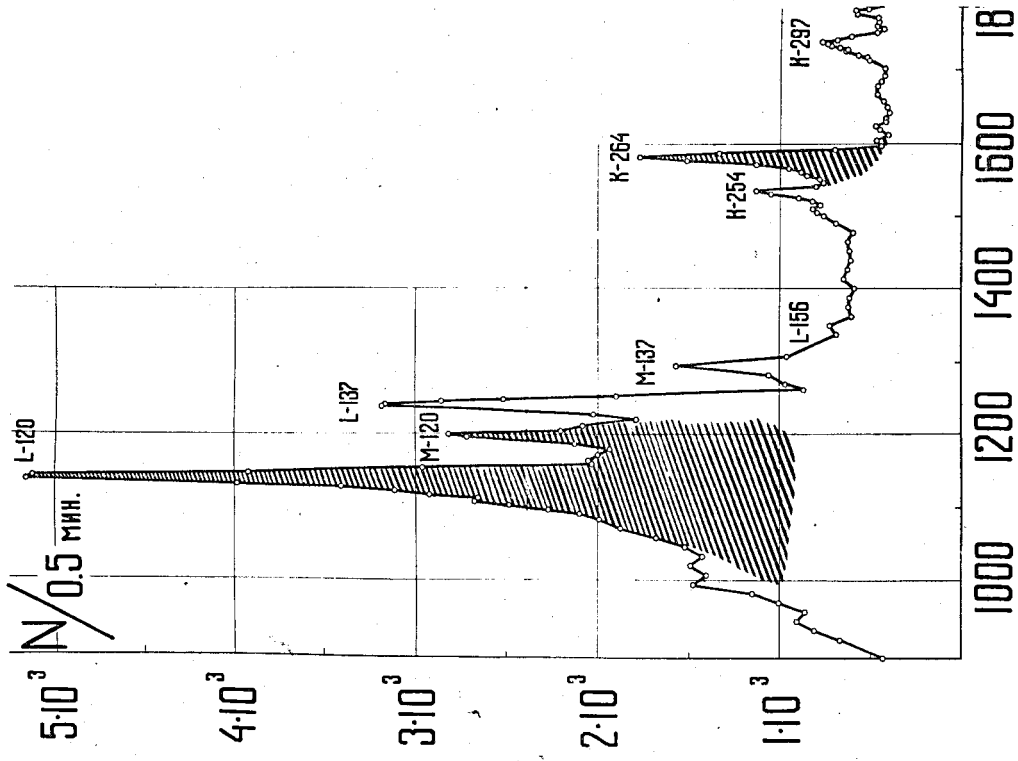


Рис. 1. Экспериментальный спектр фракции Zr . Закрашенные линии относятся к Zr^{139} . /а/ - участок спектра, исследованный на спектрометре с двойной фокусировкой /типа ZVZ /.

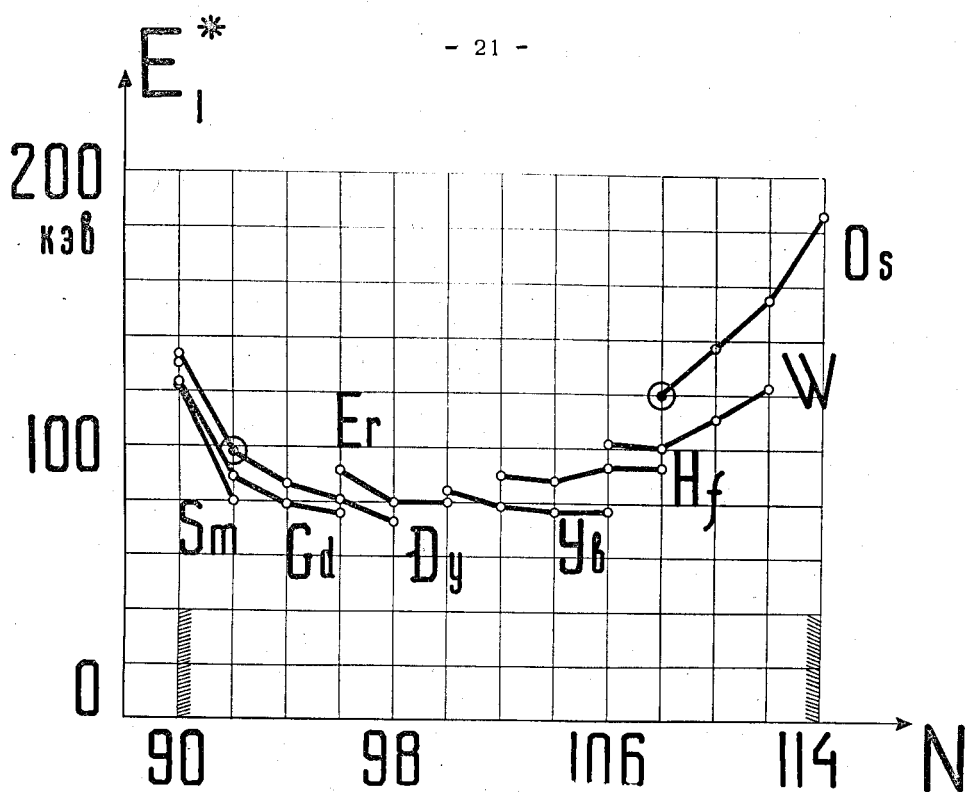


Рис. 2. График зависимости энергий первых уровней деформированных четно-четных ядер от числа нейтронов N .

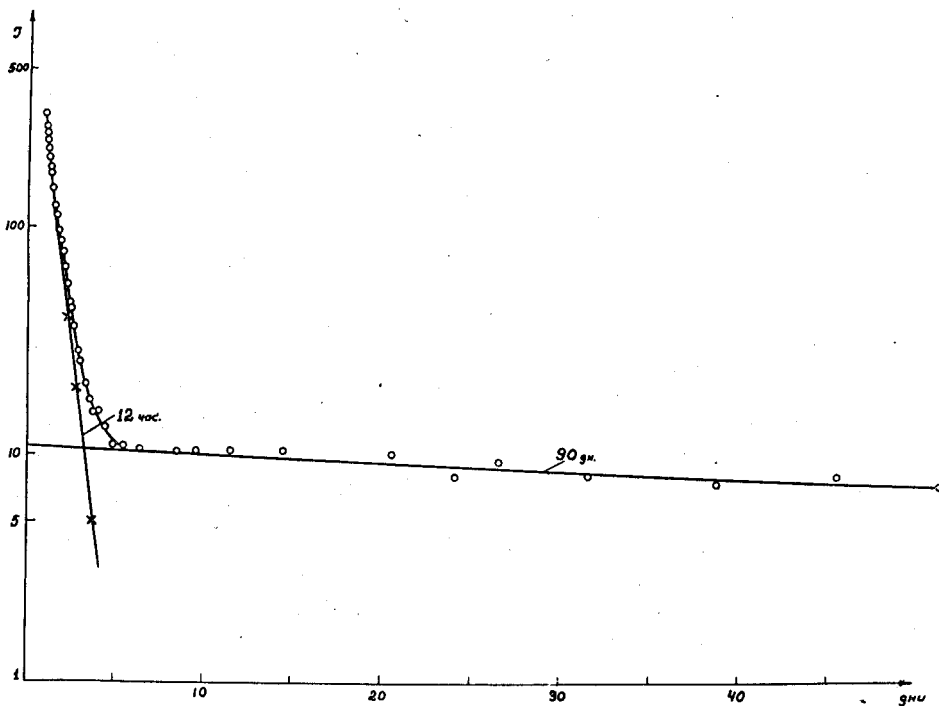


Рис. 3. Кривая распада Os , выделенного из Ir .

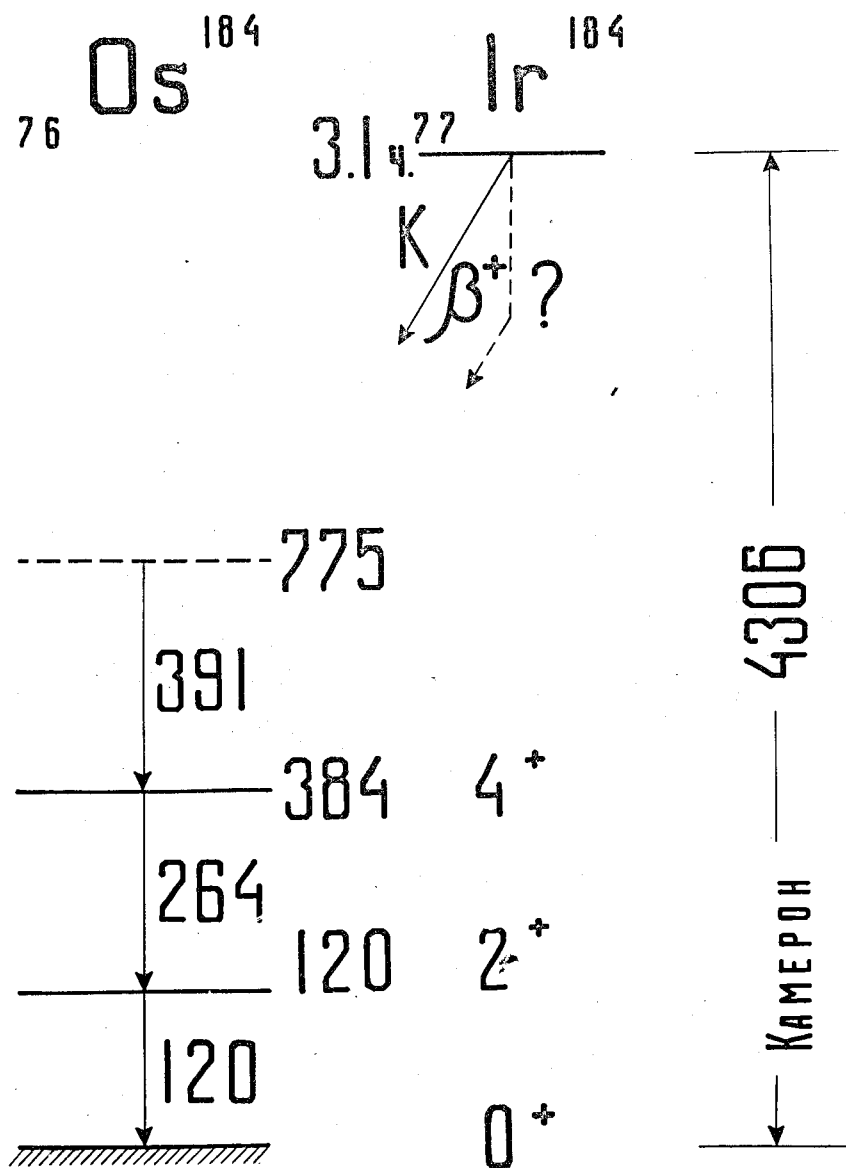


Рис. 4. Схема распада Ir¹⁸⁴.