

СЗ41.1Δ

Г-874

13.7.64

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-1687



К.Я. Громов, И. Махунка, М. Махунка, Т. Фенеш

ИССЛЕДОВАНИЕ α -СПЕКТРА
ИЗОТОПОВ ТЕРБИЯ

*Изв. АН СССР. Сер. физ.
1965, т 29, №2, с 194-199.*

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1964

P-1687

К.Я. Громов, И. Махунка, М. Махунка, Т. Фенеш

ИССЛЕДОВАНИЕ α -СПЕКТРА
ИЗОТОПОВ ТЕРБИЯ



2523/1 220.

В в е д е н и е

В печати появилось много статей /1-7/ о α -распаде тербиевых изотопов. В этих статьях сообщается об обнаружении α -излучения Tb^{149} и Tb^{151} и даются значения энергий обнаруженного излучения и α -парциальные периоды полураспада. У Tb^{150} и Tb^{152} до сих пор не наблюдалось α -излучение, только был дан предел для α -парциального периода полураспада.

Мы ставили своей целью исследовать α -спектр тербиевой фракции, выделенной из Ta-мишени после облучения ее протонами с энергией 660 Мэв.

Экспериментальная установка и методика измерений

Основные характеристики использованного нами полупроводникового α -спектрометра следующие. В качестве детектора использовался полупроводниковый счетчик, изготовленный из кремния р-типа с удельным сопротивлением $\geq 10^4$ ом.см. Эффективная площадь поверхности счетчика 5 мм². П-слой на передней поверхности счетчика изготовлен методом диффузии фосфора и имеет толщину 0,2 мк. Спектрометр пригоден для анализа α -частиц с энергией до 16 Мэв. Предусилитель и главный усилитель - малощумящая система, чувствительная к заряду /8/.

С помощью этой установки получена полуширина α -пиков, равная 18 кэв и разрешение 0,3% на главных α -группах TbC (около 6 Мэв).

α -спектрометр был изготовлен в Институте ядерных исследований ВАН (Дебрецен, Венгрия).

Анализ импульсов по амплитудам производился с помощью 128-канального анализатора типа Y-5-2-R, МТА, КФКИ.

После каждого измерения α -спектра производилась калибровка спектрометра с помощью сигналов от прецизионного импульсного генератора. В этом генераторе ртутное реле периодически прерывало напряжение, которое сравнивалось с нормальным элементом и поддерживалось строго постоянным. Сигналы подавались непосредственно на сетку первой лампы предусилителя и, таким образом, измерения практически не зависели от небольшой нестабильности и нелинейности аппаратуры.

Сигналы импульсного генератора калибровались по α -частицам Gd^{148} , Po^{210} , TbC_{α_1} , TbC_{α_0} .

В процессе измерений температура детектора поддерживалась постоянной. Колебания температуры его не превышали $\pm 0,15^\circ\text{C}$. Изменения температуры в помещении были не больше $\pm 1^\circ\text{C}$. Давление воздуха в вакуумной камере было меньше $5,10^{-2}$ мм рт.ст.

Между источником и детектором создавалось сильное магнитное поле. Это затрудняло попадание на детектор вылетающих из источника электронов и позитронов и, таким образом, существенно понижался уровень шума.

В качестве источника использовалась тербиевая фракция, т.е. сумма изотопов тербия, образующихся при облучении тантала протонами с энергией 880 Мэв на синхротроне ОИЯИ. Редкоземельные элементы отделялись друг от друга хроматографическим методом. Третий Тб источник был два раза очищен с целью уменьшения возможного Ду загрязнения. Интенсивность источников составляла $\sim 0,2$ мкюри на Тб¹⁴⁹

Тербий электролитически^{/9/} наносился на тщательно отполированную платиновую пластинку диаметром 13 мм.

Результаты измерений

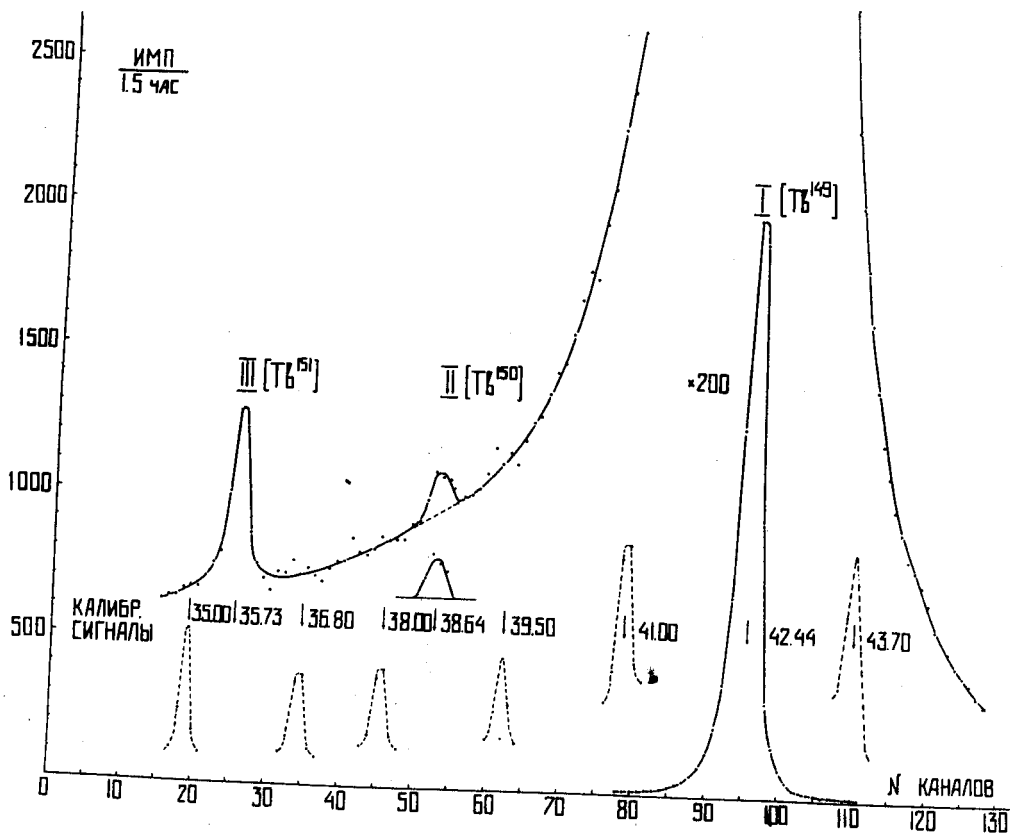
Исследовалось α -излучение трех различных Тб источников. Исследование спектров начиналось через ~ 4 часа после окончания облучений.

Для того, чтобы измерить период полураспада отдельных пиков и избежать возможного расширения пиков из-за небольшой нестабильности системы, каждое измерение спектра длилось полчаса, после чего производилась калибровка с помощью импульсного генератора. Этот цикл повторялся в течение 10 часов 10 раз, а затем реже.

На первом и втором рисунках показаны два полученных спектра. См. также рис. 3.

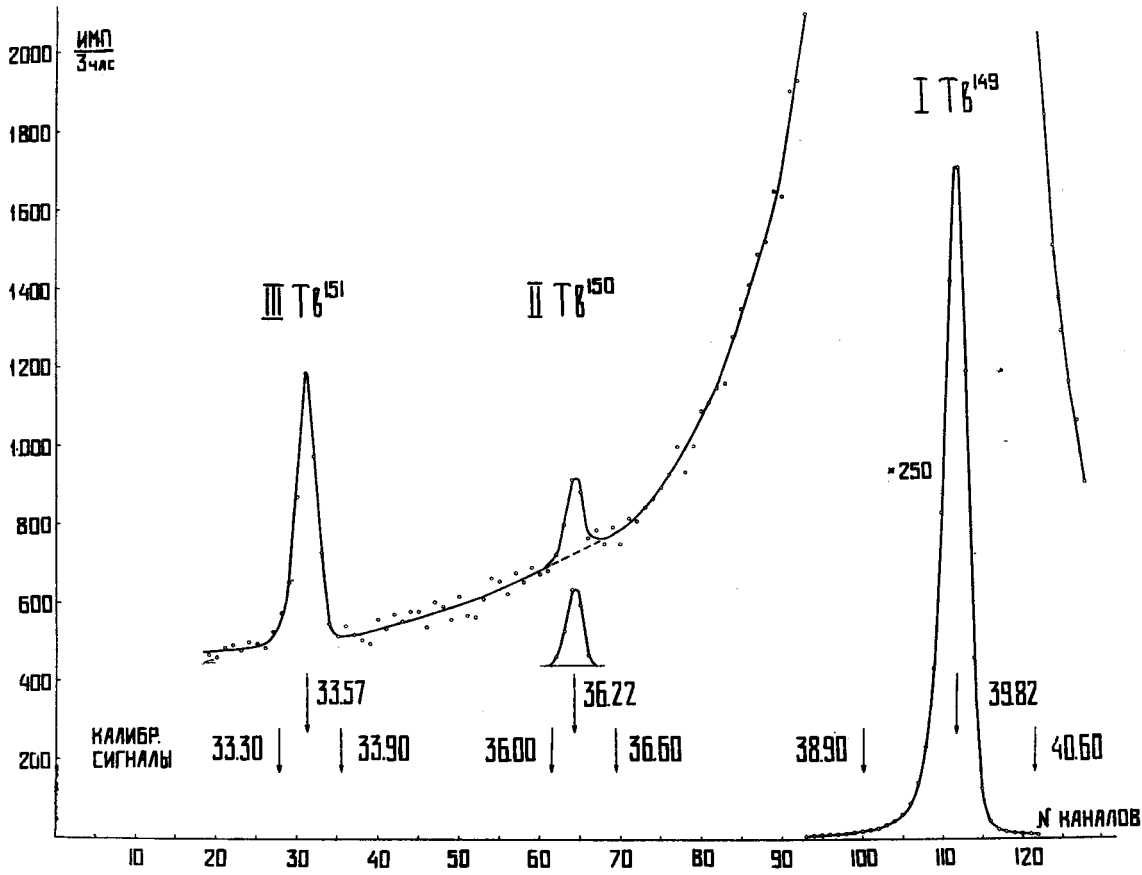
Парциальный период полураспада для испускания α -частиц рассчитывался следующим образом. Сначала на основе кривых распада вычисляли, какова была интенсивность α -линий в момент окончания облучения. Затем с помощью формулы Рудстама^{/10/} и Барановского и Мурина^{/11/} рассчитывались относительные куммулятивные выходы отдельных изотопов Тб. При этом использовались параметры Барановского и Мурина для глубокого отщепления тантала протонами с соответствующей энергией^{/11/}. Наконец, используя известную величину α -парциального периода полураспада Тб¹⁴⁹ : 36 ± 7 ч^{/4,7/}, мы вычислили α -парциальные периоды полураспада отдельных Тб изотопов.

Полученные результаты приведены в таблице 1.



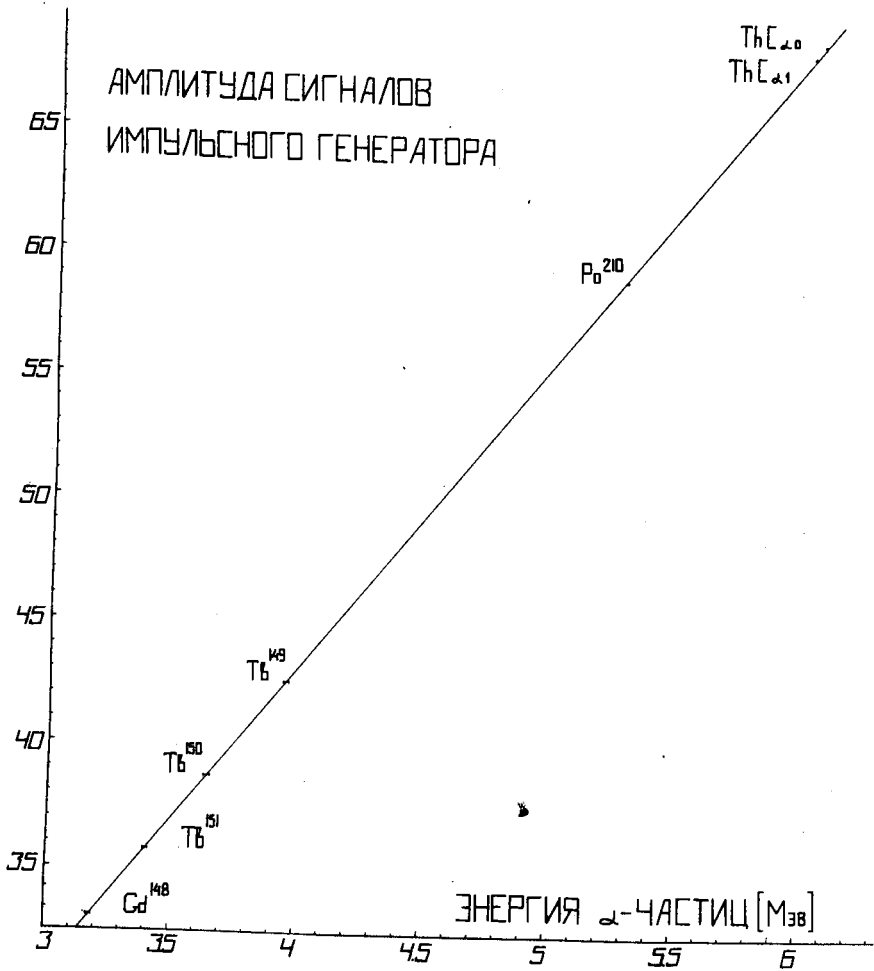
Р и с. 1.

α -спектр Tb фракции, полученной при глубоком отщеплении Ta протонами с энергией 660 Мэв. Спектр - результат 3х0,5 часового анализа, начавшегося через 9 часов после окончания облучения. Пики, обозначенные пунктирной линией, изображают калибровочные сигналы импульсного генератора. Но источника 2.



Р и с . 2.

а - спектр третьего Tb источника. Спектр - результат 6х0,5 часового анализа, начавшегося через 9 часов после окончания облучения. Источник был два раза очищен от других редкоземельных элементов хроматографическим методом.



Р и с. 3.

Зависимость амплитуды сигналов импульсного генератора от кинетической энергии α - частиц калибровочных источников и второго Tb источника.

Результаты измерений

№ пиков	Обнаруженный период полураспада (час)	Кинетическая энергия α -частиц E_{α} (Мэв)	$\frac{E_{\alpha} \cdot T_{1/2}}{E_{\alpha} T_{1/2}}$	α парциальный период полураспада (T_{α})	Идентификация	Замечание
I	4,08 \pm 0,08	3,950 \pm 0,006	1	-	Tb ¹⁴⁹	
II	4,3 ⁺³ _{-1,2}	3,634 \pm 0,008	0,9199 ⁺ _{+0,0008}	28 \pm 15 лет	Tb ¹⁵⁰	Новый α -излучатель
III	18,5 ^{+1,1} _{-0,5}	3,399 \pm 0,008	0,8605 ⁺ _{+0,0008}	64 \pm 22 лет	Tb ¹⁵¹	
IV	-	-	-	$\geq 3,8 \cdot 10^3$ лет	Tb ¹⁵²	

Обсуждение результатов

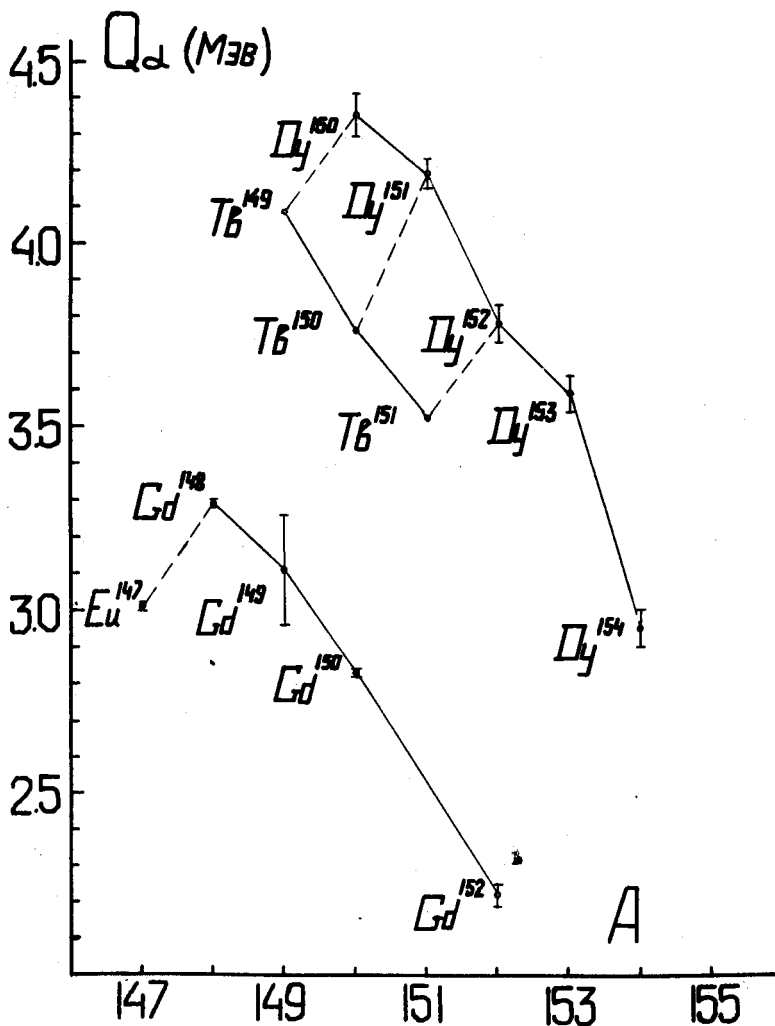
¹⁴⁹Tb Полученный период полураспада и энергия α -частиц находятся в хорошем согласии с результатами других авторов. Полученная для энергии α -частиц величина имеет ошибку ± 6 кэв, т.е. немного меньше, чем в ранее опубликованных работах других авторов /4,12,16/.

¹⁵⁰Tb. Существование α -частиц с энергией 3,634 \pm 0,008 Мэв установлено надежно. Это видно, например, из рис. 1 и 2 (пик "II"). Пик "II" обнаружен в спектрах всех трех источников и его положение по сравнению с пиками ¹⁴⁹Tb и ¹⁵¹Tb сокращалось при изменении параметров усилительной системы. Период полураспада, полученный при измерении скорости убывания интенсивности этой α -группы, оказался равным 4,3⁺³_{-1,2} час. Данные о периоде полураспада показывают что α -группа "II" с большой вероятностью принадлежит ¹⁵⁰Tb. Наиболее точное значение периода полураспада ¹⁵⁰Tb получено Тотом и др. /5/. Оно равно (3,1 \pm 0,2) час.

Полученная энергия α -распада ¹⁵⁰Tb $Q_{\alpha} = 3,756 \pm 0,008$ Мэв хорошо ложится на кривую зависимости энергии α -распада от атомного номера ядра (рис.4).

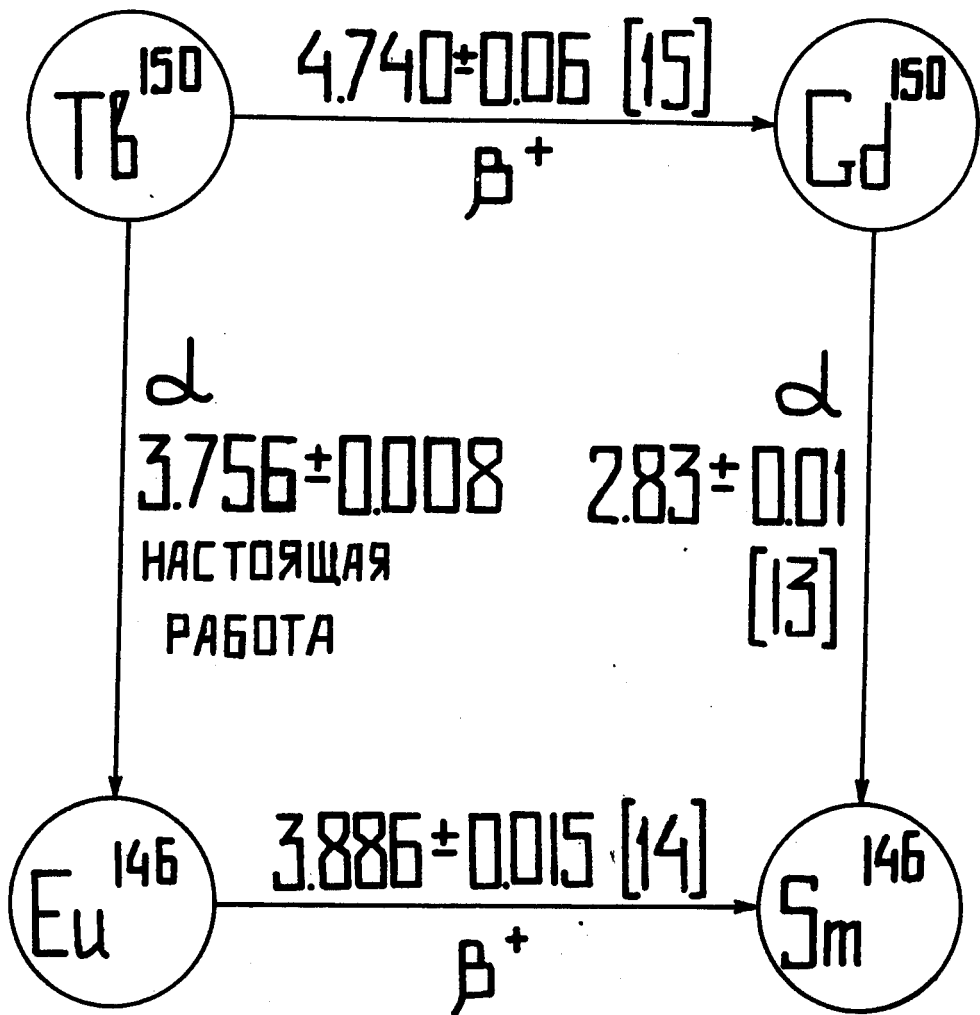
На рис. 5 изображен цикл α - β -распада ¹⁵⁰Tb + ¹⁴⁶Sm. Видно, что наблюдается хорошее согласие в энергиях.

Остается, в принципе, возможность, что α -группа "II" принадлежит ¹⁵²Dy, присутствующему в ¹⁵⁰Tb-фракции как загрязнение. ¹⁵²Dy имеет период полураспада (2,3 \pm 0,2) часа и при его распаде испускаются α -частицы с энергией (3,860 \pm 0,050) Мэв в количестве 0,18 $\cdot 10^{-3}$ на один распад /2,4/. Однако оценка воз-



Р и с. 4.

Зависимость энергии α -распада (Q_α) от массового числа (A). Q_α содержит энергию α -частицы, энергию ядра отдачи и коррекцию на экранирование электронной оболочкой. Данные о тербиевых изотопах - результаты настоящей работы, а данные об изотопах Dy, Gd и Eu взяты из работы [12]. Ошибки энергий Tb изотопов меньше, чем размеры кружков.



Р и с. 5.

$\alpha - \beta$ цикл распада $\text{Th}^{150} \longrightarrow \text{Sm}^{146}$

возможных загрязнений тербиевой фракции диспрозием приводит к выводу, что не более 0,06 интенсивности пика α -группы "II" может быть объяснено загрязнениями Du^{152} .

Пик II не может быть связан с Du^{152} . Это нам удалось показать и при изучении α -спектра диспрозиевой фракции. Сравнение отношений энергии пика II ($E_{\alpha II}$) и α -частиц Du^{152} ($E_{\alpha Du^{152}}$) к энергии α -частиц Tb^{149} ($E_{\alpha Tb^{149}}$) дало следующие результаты:

$$\frac{E_{\alpha II}}{E_{\alpha Tb^{149}}} - \frac{E_{\alpha Du^{152}}}{E_{\alpha Tb^{149}}} = 0,006 \pm 0,001,$$

т.е. энергия α -частиц Du^{152} заметно меньше энергии α -частиц пика II.

Вычисляя парциальный период полураспада Tb^{150} по α -ветви, мы получили значение 28 ± 15 лет. Результат не противоречит данным, полученным Тотом и др.

$$T_{\alpha Tb^{150}} \geq 0,71 \text{ года}^{5/}$$

Tb^{151} . Пик III принадлежит Tb^{151} . Период полураспада и энергия распада хорошо согласуются с данными других авторов^{1,18/} и идентификация этого пика достоверна^{2/}. Полученная ошибка при измерении энергии α -частиц более чем на порядок меньше, чем было измерено раньше.

У нас для $T_{\alpha Tb^{151}}$ получено значение 64 ± 22 лет, что ≈ 10 раз меньше, чем в работе^{4/}, но соответствует данным работы^{11/}, согласно которым эта величина вероятно во много раз меньше, чем 543 лет.

α -парциальный период Tb^{151} , полученный нами, расположен ближе к кривой общей зависимости между T_{α} и E_{α} , чем данные^{4/}. При использовании величины $T_{\alpha Tb^{151}} = 740$ лет^{4/}, для N получаем:

$$N = \log \frac{T_{\alpha}(\text{эксп.})}{T_{\alpha}(\text{предсказ.})} = 1,96,$$

а при использовании нашей величины $T_{\alpha Tb^{151}} = 64$ лет,

$$N = 0,61.$$

Это значение ближе к общей кривой зависимости T_{α} от энергии α -частиц в области редких земель. См. график^{12, fig. 2/}.

Tb^{152} . α -излучение Tb^{152} обнаружить не удалось. Из анализа полученных спектров в области 3,12 Мэв (где можно было ожидать α -частицы Tb^{152}) получается, что $T_{\alpha Tb^{152}} \geq 3.8 \cdot 10^3$ лет.

Авторы выражают глубокую благодарность профессору А. Салаи, директору Института ядерных исследований Венгерской Академии Наук за поддержку работы, В.А. Халкину, Н.А. Лебедеву, Ф. Молнару и другим сотрудникам радиохимического отдела ЛЯП ОИЯИ за выделение фракции Tb^{152} и Т. Кишсалаи за помощь при эксплуатации многоканального анализатора.

Л и т е р а т у р а

1. J.O.Rasmussen, S.Thompson, A.Ghiorso, *Phys. Rev.*, 89, 33 (1953).
2. K.S.Toth and J.O. Rasmussen, *Phys. Rev.*, 109, 121 (1958).
3. K.S.Toth, K.T.Faler, J.O.Rasmussen, *Phys. Rev.*, 115, 158 (1959).
4. K.S.Toth, J.O.Rasmussen, *Nucl. Phys.*, 16, 474 (1960).
5. K.S.Toth, S.Björnholm, M.H.Jørgensen, O.B.Nielsen, O.Skilbreid, A.Svanheden, *J.Inorg. Nucl. Chem.*, 14, 1 (1960).
6. Ю.А. Сурков, *ДАН СССР*, 115, 904 (1957).
7. L.Winsberg, *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 3, 406 (1958).
8. I.Mahunka, T.Lakatos, T.Fényes, *Atomki közlemények*, V, 65 (1963).
9. А.Ф. Новгородов, В.Л. Коцетков, Н.А. Лебедев, В.А. Халкин, *Радиохимия*, 6, № 1, 73 (1964).
10. Gösta Rudstam, *Spallation of Medium Weight Elements*, Uppsala, Appelbergs Boktryckeri AB, 1956.
11. В.И. Баранювский и А.Н. Муриц, *Изв. АН СССР, сер. физ.*, XXV, 882 (1961).
12. T.Fényes, Z.Bódy, *Acta Phys. Hung.*, XVI, No 4, 23 (1964).
13. A.Siivola, *Ann. Acad. Sci. Fennicae, Ser. A., VI. Physica*, No 109, 1 (1962).
14. Landolt - Börstein, *New series, group 1, Nuclear Physics and Technology*, vol. 1, Springer Verlag (Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1961).
15. Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, А.В. Кудрявцева, Дубна, Р-587, ОИЯИ, 1960.
16. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сегеев, *Схемы распада радиоактивных ядер $A \geq 100$* , Изд. Акад. Наук СССР, Москва-Ленинград, 1963 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 мая 1964 г.