

Н. М. АНТОНЬЕВА, А. А. БАШИЛОВ, Б. С. ДЖЕЛЕПОВ и А. В. ЗОЛОТАВИН

$\beta$ -СПЕКТР  $\text{Lu}^{177}$

(Представлено академиком П. И. Лукирским 21 XI 1949)

При облучении лутеция медленными нейтронами образуются новые радиоактивные изотопы лутеция, имеющие периоды полураспада 3,67 часа (<sup>1,7</sup>) и 6,7 дня (<sup>3,4,6,7</sup>). Масс-спектрографический анализ

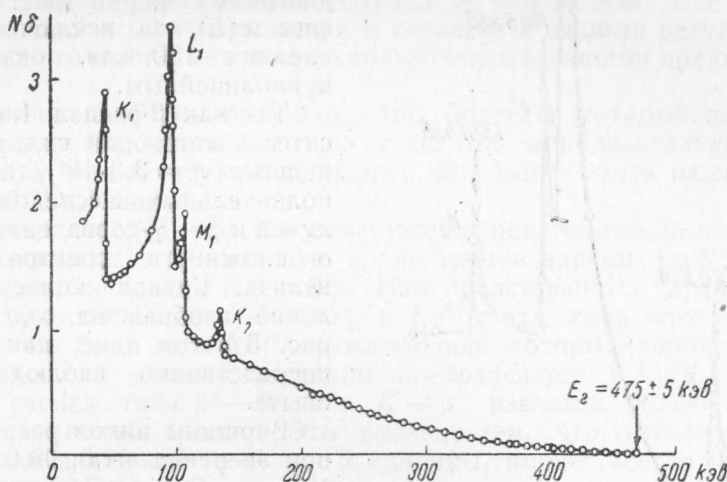


Рис. 1.  $\beta$ -спектр  $\text{Lu}^{177}$

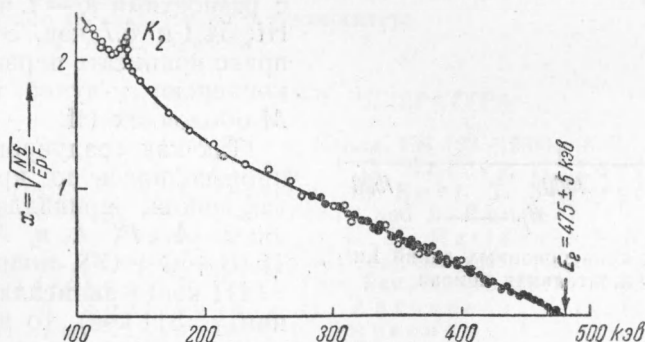


Рис. 2. Диаграмма Ферми для непрерывного  $\beta$ -спектра  $\text{Lu}^{177}$

показал (<sup>8</sup>), что период 6,7 дня связан с  $\text{Lu}^{177}$ . Темой настоящей заметки является исследование  $\beta$ -излучения этого изотопа.

Исследование  $\beta$ -спектра  $\text{Lu}^{177}$  производилось при помощи магнитного спектрометра с улучшенной фокусировкой (<sup>9,10</sup>).

Основная серия измерений производилась с источником, состоявшим из  $\text{Lu}_2\text{O}_3$ , скрепленного шеллаком, и имевшим поверхностную плотность  $0,8 \text{ мг/см}^2$ ; в дополнительных измерениях вблизи границы непрерывного  $\beta$ -спектра применялся более толстый препарат. Подкладкой служила тонкая папиросная бумага ( $2 \text{ мг/см}^2$ ).

Полученный нами  $\beta$ -спектр изображен на рис. 1. На фоне непрерывного  $\beta$ -спектра, простирающегося до  $475 \pm 5 \text{ кэВ}$ , отчетливо видны 4 конверсионных линии. Все точки рис. 1 приведены к одному времени по периоду 6,7 дня и исправлены на поглощение в источнике и в окне счетчика ( $0,25 \text{ мг/см}^2$ ).

Для анализа непрерывного  $\beta$ -спектра нами была построена диаграмма Ферми (рис. 2). График  $x(E)$ , за исключением последних 150 кэВ, оказывается криволинейным.

Так как  $\beta$ -распад  $\text{Lu}^{177}$  относится к категории сильно запрещенных ( $\tau_f = 3,3 \cdot 10^6$ ), то без дополнительных исследований  $\gamma$ -лучей и  $\beta$ - $\gamma$ -совпадений, вопрос о сложности спектра решить нельзя. Группа конверсионных линий изображена отдельно на рис. 3 в том виде, как она непосредственно наблюдается на опыте.

Вершины пиков расположены при энергиях 44,0; 98,0; 106,5 и 137 кэВ. Расстояния между вершинами первых трех пиков (54,0 и 8,5 кэВ) почти точно совпадают с разностями  $K-L$  и  $L-M$  для  $\text{Hf}$ : 54,1 и 8,7 кэВ. Это дает нам право приписать первые три пика конверсии  $\gamma$ -лучей на  $K$ -,  $L$ - и  $M$ -оболочках  $\text{Hf}$ .

Так как градуировка прибора производилась по крутым обрывам пиков, принадлежащим линиям  $A$ ,  $F$ ,  $L$  и  $X$  препарата  $\text{Th}(B+C+C')$ , линии  $\text{Au}^{198}$  ( $\gamma = 411 \text{ кэВ}$ ) и аннигиляционной линии ( $\gamma = 511 \text{ кэВ}$ ), то и здесь опре-

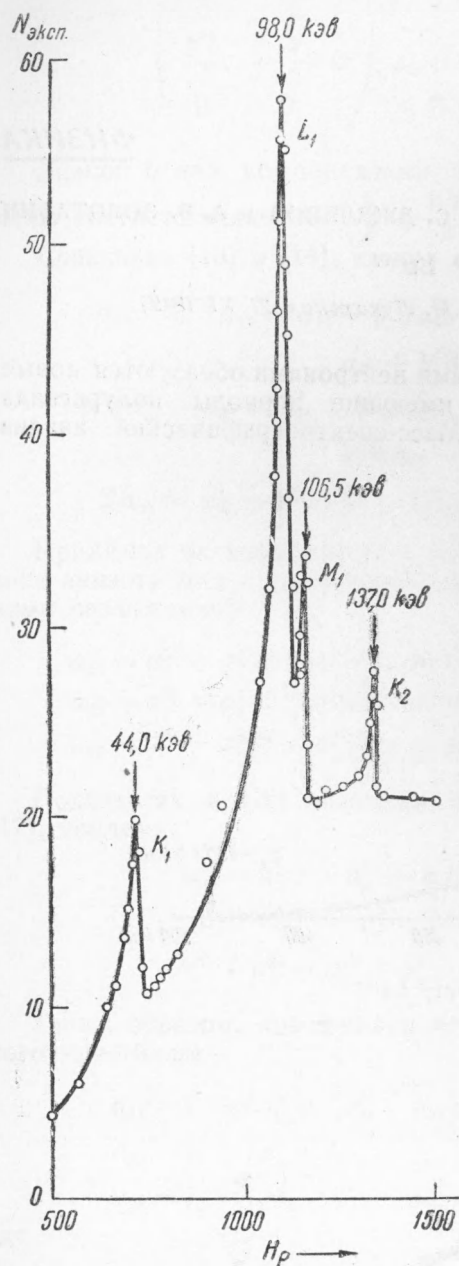


Рис. 3. Группа конверсионных линий  $\text{Lu}^{177}$ , экспериментальная кривая

деление энергии  $\gamma$ -квантов было произведено таким же путем. В результате получаются значения: 111,0; 112,4 и 110,5 кэВ, из которых вытекает наиболее достоверное значение  $h\nu = 112 \pm 1 \text{ кэВ}$ .

Если считать, что в промежутке между  $K$ - и  $L$ -пиками мы доходим до непрерывного спектра, то мы можем приблизительно оценить отношение коэффициентов конверсии по площадям соответствующих пиков. Оно оказывается равным  $1:2:1/2$  (по величине обрывов на

исправленной на поглощение экспериментальной кривой оно равно 1:2,2:1).

По отношению к площади непрерывного  $\beta$ -спектра на рис. 1  $L$ -пик составляет 9%. Следует отметить, что  $L$ -пик получается более широким, чем пики  $M$  и  $K_2$ , и шире, чем это следует по разрешающей способности спектрометра.

Четвертый конверсионный пик имеет максимум при 137 кэв. Если бы он возникал при конверсии на  $L$ -оболочке Hf, то следовало бы ожидать линии конверсии на  $K$ -оболочке с максимумом при 83 кэв, т. е. на спаде основного  $L$ -пика, далеко от его вершины. Такой линии не заметно. Поэтому мы склонны приписать четвертый максимум конверсии на  $K$ -оболочке Hf  $\gamma$ -линии с энергией 204,5 кэв. Соответствующие  $L_2$ - и  $M_2$ -пики на фоне  $\beta$ -спектра незаметны. Коэффициент конверсии этих  $\gamma$ -лучей не превосходит 0,3% (если считать, что число  $\gamma$ -квантов с энергией 204,5 кэв равно числу  $\beta$ -частиц).

$\beta$ -излучение  $\text{Lu}^{177}$  исследовалось рядом авторов. Фламмерсфельд и Маттаух <sup>(6)</sup> определяли границу  $\beta$ -спектра  $\text{Lu}^{177}$  по методу поглощения; они получили  $E_2 = 0,44$  Мэв. Аттерлинг, Бор и Сигургейрсон <sup>(4)</sup> исследовали  $\beta$ -спектр в камере Вильсона и получили  $E_2 = 0,47$  Мэв; Боте <sup>(7)</sup> по методу поглощения получил  $E_2 = 0,52$  Мэв. Все эти данные можно считать находящимися в согласии с нашими результатами, учитывая неточность методов, использованных нашими предшественниками.

$\gamma$ -излучение  $\text{Lu}^{177}$  было обнаружено Боте <sup>(7)</sup>, который по кривой поглощения в Pb нашел энергию  $\gamma$ -квантов приблизительно равной 200 кэв. Как видно из предыдущего, это могут быть наши  $\gamma$ -лучи с энергией 204,5 кэв.

Боте сообщает <sup>(7)</sup>, что им обнаружено рентгеновское излучение, якобы возникающее при захвате  $K$ -электронов ядрами  $\text{Lu}^{177}$ ; он указывает даже отношение  $K/\beta = 0,2$ . Нам представляется крайне невероятным существование  $K$ -захвата в  $\text{Lu}^{177}$ ; эти ядра при  $K$ -захвате превращались бы в ядра  $\text{Yb}^{177}$ , относительно которых хорошо известно <sup>(11)</sup>, что они сами  $\beta^-$ -распадом превращаются в  $\text{Lu}^{177}$ . Вообще, двойной распад типа  $\beta^+ - \beta^-$  или  $K - \beta^-$  известен только в ядрах с четным массовым числом. Это вызвано тем, что устойчивые изобары, отличающиеся по  $Z$  на 2 единицы, имеют всегда четные  $A$ . Наблюдаемое Боте излучение, вероятно, отвечает нашим  $\gamma$ -лучам  $h\nu = 112$  кэв.

Физический институт  
Ленинградского государственного университета  
им. А. А. Жданова

Поступило  
10 VII 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> J. McLennan and W. Rann, Nature, 136, 102 (1935). <sup>2</sup> E. Neuninger u. E. Rona, Wien. Anz., No. 27 (1936). <sup>3</sup> G. Hevesy, H. Levy, Kgl. Danske Ac., 14, No. 5 (1936). <sup>4</sup> H. Atterling, E. Bohr, T. Sigurgeirson, Ark. MAF, 32 A, No. 2 (1945). <sup>5</sup> J. Dunworth and B. Pontecorvo, Proc. Cambr., 43, 429 (1947). <sup>6</sup> A. Flammersfeld u. J. Mattauach, Naturwiss., 31, 66 (1943). <sup>7</sup> W. Bothe, Zs. Naturforsch., 1, 179 (1946); см. табл. Nucleonics, 1948. <sup>8</sup> M. Inghram, R. Hayden and D. Hess, Phys. Rev., 71, 270 (1947). <sup>9</sup> Б. Джелепов, А. Башилов, А. Золотавин и Н. Антоньева, ДАН, 64, 803 (1949). <sup>10</sup> Н. Антоньева, А. Башилов, Б. Джелепов и А. Золотавин, ДАН, 70, № 3 (1950). <sup>11</sup> G. Seaborg and I. Perlman, Rev. Mod. Phys., 20, 626 (1948).