

Б. С. ДЖЕЛЕПОВ

О ПРАВИЛАХ ОТБОРА ПРИ β -РАСПАДЕ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 13 I 1948)

Согласно существующим теориям, принадлежность β -превращения к категории разрешенных или запрещенных зависит от изменения механического момента системы ΔI и от четности исходных и конечных волновых функций.

Проверить это утверждение трудно по двум причинам: во-первых, механические моменты и симметрия волновых функций для радиоактивных ядер, как правило, неизвестны; во-вторых, теория Ферми неоднозначна и в настоящее время не может даже указать, какое ΔI соответствует разрешенным превращениям ($\Delta I = 0$ или $\Delta I = 0, \pm 1$).

Поэтому практически невозможно использовать правила отбора для того, чтобы решить, относится конкретный случай β -превращения к разрешенным или запрещенным превращениям. Обычно суждение об этом составляют на основании величины τf (см., например, (1, 2)). А. В. Кудрявцевой и автором были составлены новые, уточненные таблицы τf для всех достаточно хорошо изученных β -превращений (267 случаев). Анализ этих таблиц позволяет указать новый критерий запрещения.

Пусть ядро M_Z превращается в $M_{Z \pm 1}$ и при этом выделяется энергия E . Эту энергию мы можем мысленно разделить на следующие части:

а) изменение кулоновской энергии ядра, приблизительно равное

$$E_k = \left| \frac{6}{5} \frac{e^2}{R} (Z-1) Z \right|_Z^{\pm 1};$$

б) изменение массы превращающейся частицы $E_m = \pm (n - p)$;

в) энергия перестройки ядра, равная $X = E - E_k - E_m$.

Предлагаемый критерий запрещения может быть сформулирован так:

β -превращение является разрешенным, если в процессе его не происходит никакой перестройки ядра; при этом $X = 0$.

β -превращение является запрещенным всегда, когда происходит перестройка и $X \neq 0$.

Проверка этого критерия по таблицам τf приводит к очень благоприятным результатам: из 267 случаев он дает правильный ответ в 260 случаях и неправильный в 7 случаях. Эти случаи будут рассмотрены дальше.

Из приведенного выше критерия вытекают два следствия.

1. Все β^+ -превращения типа $M_Z^{2Z-1} \rightarrow M_{Z-1}^{2Z-1}$ относятся к разрешенным, поскольку показано (1), что они не сопровождаются перестройкой ядра.

2. Все β^- -превращения, за исключением $\text{H}^3 \rightarrow \text{He}^6$, являются запрещенными, так как при β^- -распаде кулоновская энергия системы возрастает больше, чем может дать разность $|n - p|$.

Последнее утверждение является весьма ответственным. Обычно все случаи β^- -распада, в которых β -спектр следовал формуле Ферми, относили к разрешенным. Так было с In^{114} , Cu^{64} и др., которые рассматривались как образцы разрешенных превращений (²⁻⁴). С нашей точки зрения, это все запрещенные превращения, и совпадение формы спектра с фермиевской есть следствие того, что у запрещенных переходов могут быть спектры, следующие формуле Ферми. Фактически у всех этих превращений τf всегда больше, чем $2 \cdot 10^4$, в то время как у разрешенных превращений оно равно 3500.

Физическая сущность предложенного критерия заключается в том, что любая перестройка ядра, независимо от того, насколько изменяется спин и что делается с симметрией, всегда сильно изменяет волновую функцию системы и, следовательно, понижает матричный элемент превращения.

Изменения момента и четности, вероятно, сказываются на степени запрещения (это видно на примере K^{40} , Rb^{87} и Lu^{176}), но энергетический критерий является первоочередным.

Исключения.

В шести случаях $|X| \gg 0$, но $\tau f < 10^4$:

He^6	(β^- ;	$\tau = 0,85$ сек.;	$E_r = 3,5$ MeV;	$\tau f = 940$).
C^{10}	(β^+ ;	$\tau = 8,8$ сек.;	$E_r = 3,34$ MeV;	$\tau f = 5840$).
B^{12}	(β^- ;	$\tau = 0,022$ сек.;	$E_r = 12$ MeV;	$\tau f = 6600$).
Ru^{106}	(β^- ;	$\tau = 1$ год;	$E_r = 0,03$ MeV;	$\tau f = 9700$).
Pd^{112}	(β^- ;	$\tau = 21$ час;	$E_r = 0,2$ MeV;	$\tau f = 7800$).
In^{112}	(β^- ;	$\tau = 17,5$ мин.;	$E_r = 0,47$ MeV;	$\tau f = 3800$).

В одном случае $X \cong 0$; но τf велико:

P^{30}	(β^+ ;	$\tau = 2,55$ мин.;	$E_r = 3,60$ MeV;	$\tau f = 1,1 \cdot 10^5$).
-----------------	---------------	---------------------	-------------------	------------------------------

Относительно He^6 имеется косвенное указание (⁵), что действительное значение E_r гораздо выше, около 6 MeV. Данные относительно C^{10} также в последнее время подвергнуты сомнению (⁶). Сведения о Ru^{106} и Pd^{112} носят ориентировочный характер. В In^{112} происходит, помимо β^- -распада, также β^+ -распад и K -захват; возможно, что наблюдающийся период обусловлен этими конкурирующими процессами, а период, связанный с β^- -распадом, гораздо больше.

В P^{30} , повидимому, происходит перестройка, не сопровождающаяся заметным изменением энергии; это, разумеется, не противоречит изложенной точке зрения.

Таким образом, только один случай — B^{12} — остается непонятным исключением.

Научно-исследовательский
физический институт
Ленинградского государственного
университета

Поступило
4 IX 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Б. Джелепов, ДАН, 62, 51 (1948). ² E. Konopinski, Rev. Mod. Phys., 15, 209 (1943). ³ A. Lawson and J. Cork, Phys. Rev., 57, 982 (1940). ⁴ A. Tyler, ibid., 56, 125 (1939). ⁵ D. Hughes and oth., ibid., 72, 646 (1947). ⁶ R. Sherr H. Muether and M. White, Bull. Am. Phys. Soc., 23, 45 (1948).