

М. А. ЛЕВИТСКАЯ и Л. П. РАПОПОРТ

ОСОБЕННОСТИ ПОЗИТРОННОГО РАСПАДА

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 14 XI 1949)

1. Теория Ферми соединяет β^+ - и β^- -распад, не отмечая между ними никаких различий. Между тем, внимательное рассмотрение опытных данных обнаруживает в позитронном испускании некоторые особенности, отличные от β^- -испускания. Эти особенности связаны, главным образом, с положением испускающего ядра относительно первого стабильного изотопа и с положением его в системе ядер. Можно было бы думать, что эти особенности имеют свое основание, по теории Ферми, в матричном элементе M , который дает вероятность перехода протона в нейтрон. Однако $|M|^2$ может быть определено по порядку величины, и ход его не обнаруживает никаких закономерностей. Напомним здесь, что β^- -испускание, по опытным данным, показывает настолько ясное расположение длинных периодов относительно областей Z с двумя изотопами нечетных ядер (особых зон ⁽¹⁾, стр. 56), что пренебречь им не вправе никакая теория. Также и β^+ -испускание показывает некоторые закономерности относительно этих областей, но иного рода, чем β^- -испускание.

Для того чтобы обнаружить эти закономерности, удобнее всего нанести на график логарифмы периодов полураспада плюс-активных ядер. Такой график дан на рис. 1. Здесь каждое плюс-активное ядро отмечено числом нейтронов, недостающих до первого стабильного изотопа при том же Z^* .

2. График показывает прежде всего, что легкие ядра (до $Z = 22$) имеют почти исключительно короткие периоды. Короткие периоды затем изобилуют между $Z = 29$ и $Z = 35$, потом они наблюдаются при 41—43, далее между 47 и 51 и у тяжелых ядер встречаются: при 59, 66, 68 (?) и 75. Все указанные места выше $Z = 22$ лежат в областях особых зон.

Однако короткие периоды относятся к ядрам, различно удаленным от первой стабильной формы. Представляется целесообразным рассмотреть ход периодов полураспада ядер с одним недостающим до первого стабильного изотопа нейтроном. Период полураспада такого ядра, несомненно, характеризует чувствительность простейшей равновесной формы при данном Z к потере одного нейтрона. Чем меньше этот период, тем чувствительнее возможное при данном Z равновесие нуклонов к потере нейтрона. Мы получим кривую, характеризующую ход этой чувствительности, соединив все точки с цифрой 1. На рис. 1 проведена эта кривая. Из рис. 1 видна аналогия хода кривой в обла-

* Периоды выражены в часах. Ядра, промежуточные между стабильными, отмечены крестиками.

стях особых зон. На краях зон наблюдается подъем кривой, в середине же зон — ее понижение. Это особенно ясно во 2-й зоне (28—38), но то же видно и в 3-й зоне (46—52) и в 1-й зоне (16—21).

Чрезвычайно большие периоды ядер 1 у F и Na, или, по Ферми, очень большие изменения угловых моментов этих ядер при их превращениях, непонятны.

В начале 4-й зоны (60—64) кривая также понижается от более высокого положения; такой же ход кривой намечается и в 5-й зоне (70—74; 74—81).

Можно утверждать, что особые зоны на кривой активных ядер 1 отмечаются в одном и том же смысле.

3. Чем ближе плюс-активное ядро к первому стабильному изотопу, тем больше его период полураспада. Это можно видеть по следованию чисел 1, 2, 3, 4 сверху вниз на ординате каждого Z . Нарушения указанного правила наблюдаются: при 29, 31, 34, 35 (2-я зона); при 43; при 46, 49, 51, 52 (3-я зона); при 65 (конец 4-й зоны); при 73, 75, 79, 81 (5-я зона).

Нарушение указанного правила в особых зонах становится понятным, если принять (как это высказывалось в предыдущих работах (см. ⁽¹⁾, стр. 57)), что два изотопа нечетных ядер в особых зонах представляют собой ядра различного внутреннего строения, принадлежащие различным ветвям развития ядер.

Тенденция к выполнению высказанного правила замечается и у минус-активных ядер, но выражена она значительно слабее.

Промежуточные между стабильными изотопами плюс-активные ядра имеют почти без исключения очень большие периоды и почти всегда показывают K -захват. Интересны промежуточные ядра у нечетных Z с двумя изотопами. При $Z = 17$ и $Z = 19$ промежуточное ядро имеет очень большой период; у ядра 29 он сильно падает; все эти ядра показывают и плюс- и минус-активность. Дальше у нечетных Z с двумя изотопами промежуточное ядро уже только минус-

активное со все увеличивающимся периодом полураспада. Активность промежуточных ядер требует особого рассмотрения.

4. Ближайшие к стабильному изотопу плюс-активные ядра во многих случаях показывают K -захват и имеют наибольший период из всех ядер с недостающими нейтронами. Так как энергия испускаемых позитронов почти всегда падает с увеличением периода, то невольно напрашивается представление, что при K -захвате существует испускание очень медленных позитронов, которые аннигилируют на K -уровне атома. Такое представление оправдывается частично во многих рабо-

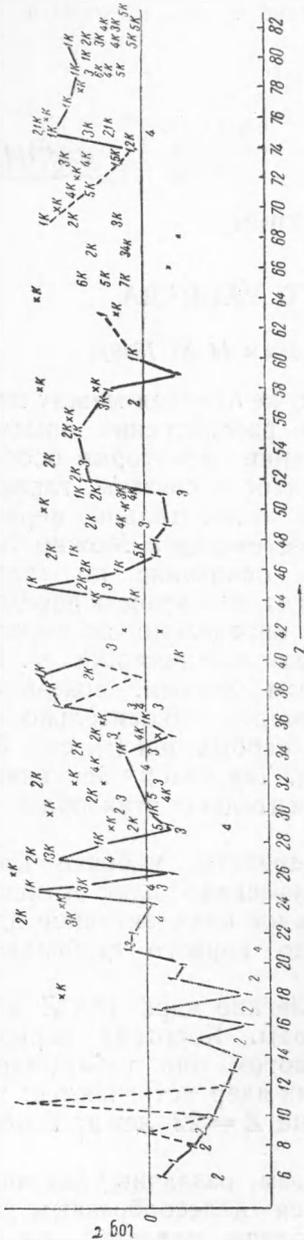


Рис. 1

тах и, повидимому, разделяется многими авторами⁽²⁾. Многие Z имеют несколько ядер с K -захватом. Наибольший период K -захвата должен соответствовать наименьшему числу захватов в единицу времени, т. е. первой возможности K -захвата при данном Z . С этой точки зрения интересно соединить все точки K -захвата с наибольшим периодом при каждом Z .

Результат этого соединения дан на рис. 2. Здесь прежде всего бросается в глаза, что области, где K -захват наблюдается без прерыва, это „особые зоны“. Участок 56—58 также, очевидно, связан с тем, что при $Z = 57$, по новым данным, имеется два стабильных изотопа⁽³⁾. Кроме того, на рис. 2 ясно выступают максимумы периодов полураспада при K -захвате в срединах особых зон. На краях особых зон существует понижение периодов, т. е. для K -захвата требуется большая активность ядра, чем в середине зоны.

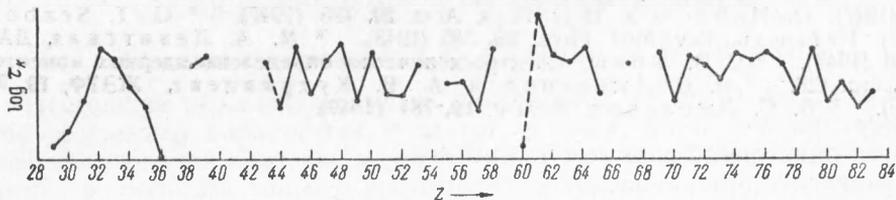


Рис. 2. Логарифмы τ наиболее медленно распадающихся с K -захватом ядер (до изотопа наибольшего содержания)

Если мы обратимся к кривой хода энергии K -уровня атома с возрастающим Z ⁽⁴⁾, то мы убедимся, что в срединах особых зон энергия K -орбиты особенно стремится к понижению, что мы объясняли в свое время повышением энергии ядра вследствие происходящей в нем перестройки*. Напрашивается само собой предположение, что в срединах особых зон K -уровень делается очень чувствительным к искажениям поля ядра вследствие своего понижения, и поэтому в этих местах требуется меньшая энергия ядра, чтобы нарушить ее равновесие и вызвать захват электрона ядром. Таким образом, появляется новая гипотеза о причине K -захвата. Причиной K -захвата является относительное понижение K -уровня и асимметрия поля ядра — или уже существующая в стабильном ядре, или созданная недостатком нейтронов. Если мы просмотрим известные до сих пор величины квадрупольных моментов ядер⁽⁵⁾, характеризующих их асимметрию, то мы увидим, что относительные максимумы квадрупольного момента существуют при 31, 33, 49, 63, 71—75, т. е. в областях особых зон.

Если в особых зонах действительно происходит перестройка энергетических уровней ядра, то это должно отразиться больше на вероятности K -захвата, чем β^+ -распада. Изменение числа и высоты уровней в ядре дает увеличение числа возможных переходов, а спектр переходов K -захвата шире, чем для β^+ -распада.

5. Дополнительно к рис. 1 и 2 рассмотрим ход произведения $\tau f(\epsilon_r)$ теории Ферми, обратная величина которого дает квадрат матричного элемента перехода $|M|^2$. Величины $\tau f(\epsilon_r)$ для большинства сейчас известных плюс-активных ядер находятся в таблицах Б. С. Джелепова и А. В. Кудрявцевой⁽⁶⁾. Нанесенные при каждом Z величины $\tau f(\epsilon_r)$ плюс-активных ядер дают скопление точек, не показывающее никакой правильности. Если соединить точки, принадлежащие ядрам с одним недостающим нейтроном, мы получим ломанную линию, не обнаруживающую никаких особенных мест. В начале особых зон на ней

* Особенно выделяется 2-я зона как в этом отношении, так и на рис. 2.

также существуют максимумы, но почти такие же максимумы существуют и между ними.

Функция $\tau f(\epsilon_r)$ сама по себе не характеризует вероятности распада, тем более, что: 1) неизвестна точно схема распада и 2) неизвестно действительное отношение вероятности позитронного распада к K -захвату, как на это указывает и Б. С. Джелепов (⁷). Поэтому кривая $\tau f(\epsilon_r)$ может и не отражать особых зон.

Мы считаем, что эта наша работа еще раз подтверждает существование особых зон и связанную с ними возможную периодичность.

Воронежский государственный
университет

Поступило
12 X 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. А. Левитская, ДАН, **61**, № 1 (1948). ² M. Deutsch, Phys. Rev., **72**, 729 (1947); O. Huber u. a., Helv. Phys. Acta, **20**, 495 (1947). ³ G. T. Seaborg and I. Perlman, Rev. Mod. Phys., **20**, 585 (1948). ⁴ М. А. Левитская, ДАН, **64**, 61 (1949). ⁵ С. Э. Фриш, Спектроскопическое определение ядерных моментов, 1948, стр. 128. ⁶ Б. С. Джелепов и А. В. Кудрявцева, ЖЭТФ, **19**, 761 (1949). ⁷ Б. С. Джелепов, ЖЭТФ, **19**, 784 (1949).