

А. П. ЗНОЙКО

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН АТОМНЫХ ЯДЕР*

УДЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД ЯДРА И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗОТОПОВ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 12 IX 1949)

Непосредственно после установления нейтронно-протонной модели ядра Иваненко в работах советских авторов ⁽¹⁾ была сделана попытка отыскать закон распределения нуклонов по оболочкам. Однако до сих пор мы не обладаем достоверными сведениями о периодичностях в системе изотопных ядер.

Вместе с тем, открытие за последние годы многих новых изотопов, точные измерения масс-дефектов, спинов, магнитных моментов и т. д. побуждают вновь проанализировать эту проблему.

Для изучения закономерностей в свойствах ядер мы применяем прежде всего простейшую характеристическую величину — удельный заряд ядра: Z/A . На рис. 1 и 2 нанесены изотопы, характеризуемые каждый координатами Z/A и A . Полученный график, позволив обнаружить ряд закономерных изменений в свойствах ядер, устанавливает наличие периодически изменяющейся структуры и устойчивости ядер, позволяет судить об условиях генезиса ядер и предсказывает неоткрытые изотопы, так же как тип излучения, значения ядерных спинов, тип ядерных реакций и т. д.

В данном кратком сообщении на рис. 1 представлен 1-й период системы атомных ядер до Ca, а на рис. 2 2-й период до Sr. Эти периодичности были отмечены нами в 1947 г. при построении аналогичного графика для всех известных элементов до $Z = 96$. На рис. 2 отчетливо видно, что 2-й период системы состоит из 2 различных участков Ti—Zn и Ge—Sr. Подобным образом вскрыты также периоды Y—Ba и La—Ra, причем последний усложнен особым лантанидным участком.

Анализ указанного графика в целом позволяет установить существование 4 периодов атомных ядер, заканчивающихся ядрами щелочно-земельных металлов: Ca, Sr, Ba, Ra, и 5-го периода, обрывающегося пока что на кюрии $Z = 96$.

Этот основной вывод находит подтверждение при рассмотрении кривой величины удельного заряда ядер „главных“ изотопов всех элементов системы Менделеева ⁽²⁾, построение которой для нечетных

* Изложение части работы, представленной в Комитет по изобретениям и открытиям при Совете министров СССР 28 VII 1947 г. (авторское свидетельство от 28 VII 1947 г.).

Примечание. Материалы, положенные в основу статьи А. П. Знойко „Периодический закон атомных ядер“, были представлены автором в Академию наук СССР в июле 1947 г.

Z дано на рис. 3. Под „главными“ изотопами подразумеваются при этом ядра наибольшего содержания в период образования элементов.

Определение гипотетических „главных“ изотопов производится нами не только по известным данным о процентном содержании изотопных ядер элементов (3), но также с учетом условий в период образования элементов в наблюдаемом участке вселенной и ряда вторичных процессов, которые в совокупности, как известно, внесли существенные несовпадения между распространенностью ядер „главных“ изотопов

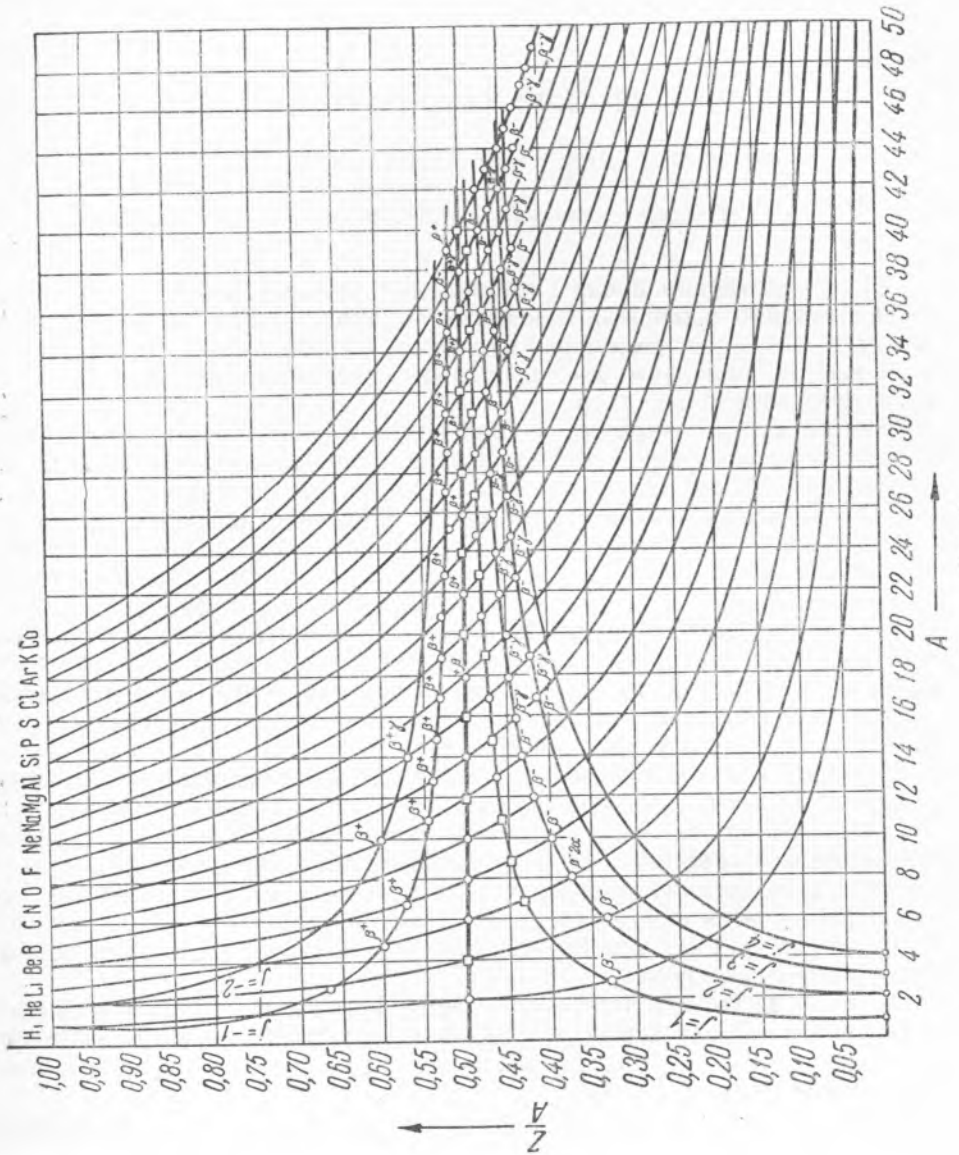


Рис. 1

и реально наблюдаемыми ныне изотопами наибольшего распространения. „Главными“ изотопами системы могут оказаться в одинаковой мере ядра с современными долями содержания 90 и 60% и, например, 20 и 40%. Только в 1-м периоде до Ca и в первом участке (Sc — Zn) 2-го периода (Sc — Sr) мы имеем почти полное совпадение „главных“ изотопов с изотопами наблюдаемого ныне наибольшего содержания, за исключением известного вторичного Ar^{40} (при „главном“ изотопе Ar^{36}), а

также N^{14} и Ni^{58} (по нашей гипотезе, „главные“ изотопы N^{15} и Ni^{60}). Случаи несовпадения „главных“ изотопов с изотопами наибольшего содержания в 3-м и 4-м периодах встречаются чаще, так как структура ядер элементов после Ca усложнена большим числом побочных процессов.

Ядра устойчивых изотопов отмечены на рис. 1 и 2 точками, ядра „главных“ изотопов показаны квадратами, а ядра радиоактивных изотопов отмечены соответствующими значками: β^- , K , β^+ . Все точки, располагающиеся по вертикали, соответствуют изобарным ядрам системы, отражая изобарные равновесия генезиса. Изотопные точки каждого элемента соединены линиями, представляющими собой гиперболы. Ядра элементов системы расположились таким образом, что на высоте $Z/A = 0,5$ лежат все ядра, имеющие изотопический номер нуль ($j = A - 2Z = 0$).

Все остальные ядра лежат на кривых, для которых величина j равняется, соответственно: 1, 2, 3 и т. д. (или $-1, -2$ и т. д.) и которые названы нами изотопическими кривыми.

Изотопические кривые, представляющие собой ветви гипербол, с увеличением массы ядер асимптотически приближаются к прямой $j = 0, Z/A = 0,50$. Изотопические кривые для значений $j = -1, j = -2$ и т. д. на рис. 1 и 2 описывают ядра области позитронных излучателей и являются зеркальным отображением изотопических кривых $j = 1, j = 2$ и т. д. Исследование ядер, их структуры, устойчивости, процентного содержания и распространенности (кларков) изотопов позволяет сделать при помощи этих кривых ряд важных заключений.

Ветви изотопических гипербол рис. 1, асимптотически приближаясь к оси ординат, проходят через точки протона и нейтрона, которые являются подлинными изобарами, а затем уходят в область частиц с массой меньше единицы.

Кривая для $j = 0$ является изотопической кривой „главных“ изотопов, ядер максимальной устойчивости четных Z в 1-м структурном периоде

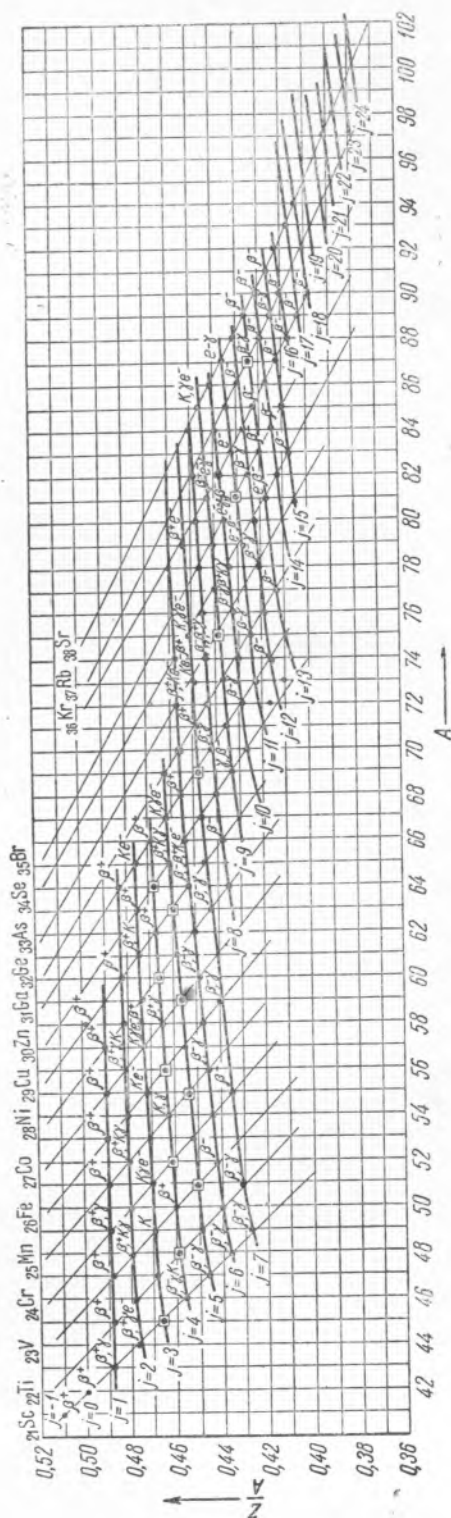


Рис. 2

атомных ядер (до Ca). „Главные“ изотопы (максимально устойчивые и распространенные ядра) нечетных Z описываются, как правило, кривой, для которой $j_{\text{неч}} = j_{\text{четн}} + 1$; для 1-го периода кривой $j = 1$. Ядра элементов Be_4^9 , N_7^{14} , на первый взгляд нарушающие это правило, в действительности его подтверждают, если учесть закономерности генезиса ядер, которые будут описаны в другом сообщении. Удельный заряд наиболее устойчивых ядер элементов этого периода для четных Z равен 0,5; для нечетных Z он повышается от Li_3^7 к K_{19}^{39} . 2-й период системы, Sc—Sr, содержит два участка: Ti—Zn и Ge—Sr. На участке Ti—Zn ядра главных изотопов четных Z описываются изотопической кривой $j = 4$, а нечетных Z — кривой $j = 5$. На этом участке имеет место повышение величины удельного заряда для ядер четных и нечетных Z (после падения у Sc). Участок Ge—Sr имеет „главными“ изотопами ядра четных и нечетных Z_1 , для которых $j_{Z+2} = j_Z + 2$ с закономерным падением величины удельного заряда ядер.

Закономерное изменение удельных зарядов атомных ядер имеет место также для 3-го и 4-го периодов системы, что иллюстрируется кривой рис. 3.

Нами показана кривая для главных изотопов нечетных Z , так как для них не требуется специальных пояснений, и закономерность развития на участках Ga—Rb, In—Cs бесспорно подчиняется формуле: $j_{Z+2} = j_Z + 2$; $j_{Z+X} = j_Z + X$. Участок Tl—Fr в целом также подчиняется этой формуле; $j_{\text{Fr}} = j_{\text{Tl}} + 6 = 49$.

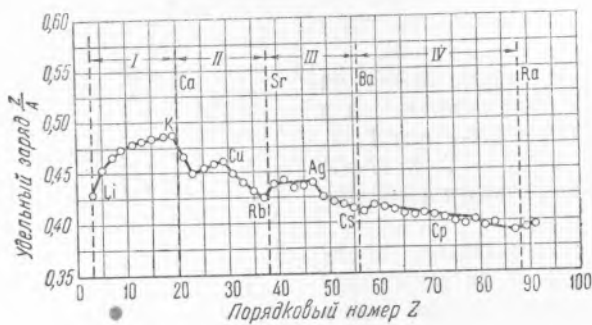


Рис. 3

На участках переходных элементов имеет место последовательно: подъем величины удельного заряда ($j = \text{const}$), стабилизация и, наконец, задержанное падение.

Кривая рис. 3 показывает, что устойчивые ядра всех без исключения элементов лежат в сравнительно узком интервале падения величины удельного заряда от 0,5 (He_2^4) до $\sim 0,4$ ($\text{Fr} - 0,390$, $\text{Ra} - 0,389$).

Дальнейший анализ распространенности, устойчивости спинов и других свойств ядер подтверждает наличие периодичности, вскрытой при помощи простейшего критерия — удельного заряда ядра.

Графики рис. 1 и 2 позволяют установить периодически чередующуюся (через каждый один элемент) β^- и β^+ -активность как функцию удельного заряда ядра в каждом периоде. Это позволяет рассматривать химический элемент как некоторый изотопный период в развитии массы ядра данного заряда, имея в виду последовательное образование все более тяжелых ядер.

Исследование системы показывает, что не только радиоактивные ядра подчиняются строго периодическому изменению устойчивости и свойств (β^- и β^+ -распад), но что „устойчивые“ ядра элементов также периодически изменяют свои свойства. Закономерно по изотопическим

кривым в каждом периоде изменяются величины спинов, эффективных сечений нейтронных реакций, продолжительность жизни и другие ядерные свойства.

Периодически изменяющаяся устойчивость ядер изотопов по β - и α -распаду колеблется в пределах разрешенных максимума и минимума удельных зарядов, определяющих устойчивость изотопов гелия, и лежит в тех же границах от 0,5 до $\sim 0,4$ абсолютных значений Z/A , что и существование всей системы элементов.

То обстоятельство, что ядра всех элементов существуют только в тех пределах значений Z/A , которые разрешают существование устойчивого ядра He_2^4 , и распадаются, если эти условия не соблюдены, является одним из доказательств роли α -связи в структуре тяжелых ядер. Изотопические кривые рис. 1, как и подобные кривые для остальных периодов системы атомных ядер, подтверждают наличие α -связей. Для всех элементов любой изотопической кривой (например, $j = 1$) каждое последующее ядро четного или нечетного Z образуется только путем присоединения двух протонов и двух нейтронов, т. е. формирования α -„частицы“ или, вернее, α -связи, так как энергия связи этой структурной составляющей тяжелых ядер изменяется и падает к концу системы.

Если, утя условия генезиса, рассмотреть структуру наших гипотетических „главных“ изотопов 1-го периода, то оказывается (рис. 1), что образование любого последующего ядра четного или нечетного Z может быть осуществлено путем формирования α -связи. „Главные“ изотопы нечетных элементов ($Z + 1$) до Ga являются результатом прибавления к структуре соответствующего ядра четного Z частицы H_1^3 .

Таким образом, с помощью анализа описанной нами периодической системы атомных ядер мы с новой точки зрения приходим также к фундаментальному значению α -связи и свободных нейтронов в структуре сложных ядер и показываем зависимость устойчивости α -связи от удельного заряда (объемной и поверхностной плотности Z) и числа j .

Поступило
23 VIII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. Д. Иваненко и Е. Н. Гапон, Phys. Zs. d. Sowjetunion, 2, № 1, 99 (1932). ² Д. И. Менделеев, Основы химии, 1938. ³ Т. Сиборг, Усп. физ. наук, 28, в. 2—3 (1946). ⁴ Т. А. Бете и Р. Ф. Бечер, Физика атомного ядра, Харьков, 1938.