

М. А. ЛЕВИТСКАЯ

ИЗОТОПЫ НАИБОЛЬШЕГО СОДЕРЖАНИЯ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 22 VIII 1946)

Не раз уже высказывалась мысль, что изотопы наибольшего процентного содержания имеют наиболее устойчивые ядра (¹). При рассмотрении таблиц изотопов бросается в глаза, что при большом количестве последних чаще всего изотоп наибольшего содержания занимает срединное место, а изотопы меньшего процентного содержания располагаются по обе стороны от него. Подобный же характер распределения показывают и плюс- и минус-активные ядра относительно стабильных изотопов. Давно известно, что плюс-активные ядра появляются при недогрузке ядра нейтронами, а минус-активные — при перегрузке его нейтронами (по сравнению со стабильными изотопами).

Мне кажется, что можно высказать более определенное правило, которое выделяет несомненную роль изотопов наибольшего содержания как ядер наибольшей устойчивости. Именно: ядро плюс-активно, когда (не совпадая ни с одним из устойчивых изотопов) оно имеет нейтронов меньше, чем ядро наибольшего процентного содержания (при том же Z), и минус-активно, когда оно имеет нейтронов больше, чем это ядро. Причем условие выполнения этого правила при меньших Z есть наличие стабильного изобара номера $Z - 1$ или $Z + 1$, соответственно.

Если считать K -захват равносильным плюс-активности, то указанное правило, согласно ядерным таблицам (²), выполняется в 323 случаях и не выполняется в 27 случаях. Но для последних случаев можно большей частью найти то или другое объяснение невыполнения правила; совершенно не подчиняющихся правилу случаев только 4.

Но и помимо этого правила, выделяющего роль изотопов наибольшего содержания, существуют особенности, указывающие на несомненные закономерности в строении их ядер и в их отношениях к прочим изотопам. Эти закономерности обнаруживаются, если мы выпишем таблицу изотопов наибольшего содержания и выделим их состав из α -частиц,

В прилагаемой таблице даны в первых двух столбцах атомные номера и массовые числа изотопов наибольшего содержания. В 3-м столбце дано число α -частиц в четных ядрах — это число мы будем обозначать через Y . Мы приводим его отдельно для более резкого выделения групп ядер. В 4-м столбце дано число нейтронов, не связанных в пары нейтрон—протон. В 5-м приведено число изотопов, кроме наиболее обильного, причем знаком — над числом отмечается число более легких, а знаком + число более тяжелых изотопов. В 6-м столбце стоят наиболее отмеченные в ядерной физике стабильные изобары. В 7-м столбце дано изменение числа N свободных нейтронов при переходе от четного ядра к следующему — нечетному.

В таблице прежде всего бросается в глаза, что она явно распадается на несколько частей. Это особенно видно по числам N четных

ядер. Сначала N для них равно нулю, за исключением $Y=2$. При $Z=1, 8$ $Y=9$ N показывает внезапный скачок до 4. Далее это число сохраняется, особенно если для $Z=20$ и 28 выписать числа N для следующего по содержанию изотопа (числа даны в скобках). При $Z=32$ — опять скачок до 10. Далее идет группа чисел 12 и 14. При $Z=48-50$ опять скачок, и далее идут числа около 20. При $Z=62$ новый скачок, до 28, и далее идут числа между 30 и 40. При $Z=76$ новый скачок и последний скачок при $Z=92$.

Если мы подчеркнем места скачков ($Z=4, 18, 32, 48, 62, 76, 92$) (см. таблицу), то мы заметим, что эти места отличаются особенностями и в других отношениях. Около них скопляются четные ядра с наибольшим числом изотопов. Особенно характерна область около $Z=48-50$. Еще несомненное отмечают подчеркнутые места в системе нечетных изотопов: около этих мест располагаются нечетные ядра, имеющие по два изотопа, и притом расположение их относительно подчеркнутых мест симметрично. Эти места отмечаются также присутствием изобар, указанных уже в ядерной физике как пары с возможной радиоактивностью (при $Z=18, 48, 76$).

Все эти особенности подчеркнутых мест заставляют видеть в них указания на какую-то определенную закономерность в строении ядер; этот факт, кажется, до сих пор еще никем в физике не отмечен.

Мне кажется, что составленная мною таблица указывает на несомненную роль α -частиц в строении ядер и в числе $A-2Z$ заставляют видеть не просто изотопический номер, а характеристику агента, связывающего α -частицы в ядре.

Мною сделана попытка объяснить места скачков N , основанная на геометрических представлениях: скачки, согласно этому объяснению, происходят при уплотнении центра системы α -частиц новой α -частицей. Относящиеся сюда соображения будут изложены в более подробной статье*.

Переходя к нечетным ядрам, приходится признать, что наибольший интерес представляет изменение числа свободных нейтронов ΔN при переходе от четного ядра к следующему нечетному (7-й столбец). Здесь также наблюдается несомненная закономерность. Около мест скачков ΔN нечетных ядер почти всегда испытывает сильные колебания.

Подробности относительно числа ΔN мы приведем также в более полной статье.

Надо остановиться еще на столбцах 5-м и 6-м.

Число изотопов, кроме наиболее обильного при каждом Z , указывает на число возможных равновесных форм движения; при каждом числе α -частиц их несколько, причем степень устойчивости их несомненно различна. В нечетных ядрах дейтрон может присоединиться только одним определенным образом и, повидимому, только к изотопам четных ядер наибольшей устойчивости. Вблизи вновь появляющегося уплотнения центра равновесие устанавливается, очевидно, с большим трудом, и природа испытывает много форм равновесия для того, чтобы удержать лишнюю α -частицу в центре. К числу таких форм относятся и соседние изобары. Все эти формы не вполне устойчивы, и поэтому вблизи мест скачков мы особенно должны ожидать естественной радиоактивности у изотопов меньшего содержания. Такой областью неустойчивости, повидимому, является вся область вертикального пунктира в таблице. Это оправдывается на K, Sm , а также на ядрах 37, 70, 31**.

* В Трудах Воронежского государственного университета.

** Здесь особенно выделяются центр и граница отмеченных вертикальным пунктиром областей.

Z	A	Y	N' (A-2Z)	Число остальн. изотоп.	Изо- бары	$\Delta N'$	Z	A	Y	N' (A-2Z)	Число остальн. изотоп.	Изо- бары	$\Delta N'$
1	1		0	+	1		47	107		13	+		
2	4	1	0	-	1	+1	48	114	24	18	6 1	48/113	
3	7		1	1									-1
4	9	2	1	0		0	49	115		17	+	49/113	
5	11		1	+	1		50	120	25	0	7 1	51/123	-1
6	12	3	0	+	1	0(1)	51	121		19	1		
7	14(15)		0(1)	+	1		52	130(29)	26	26(24)	6 1	52/12	
8	16	4	0	+	2	+1	53	127		21	+		-5 (-3)
9	19		1	+	0		54	132	27	24	4 2		
10	20	5	0	+	2	+1	55	133		23	+		
11	23		1	+	0		56	138	28	25	6		-1
12	24	6	0	+	2	+1	57	139		25	+		
13	27		1	+	0		58	140	29	24	2 1		-1
14	28	7	0	+	2	+1	59	141		23	+		
15	31		1	+	0		60	142	30	22	6		
16	32	8	0	+	3	+1	61	-		-	+		
17	35		1	+	1		62*	152	31	28	4 1		-1
18	40	9	4	+	2	-3	63	153		27	+		
19*	39		1	+	1	-3	64	158	32	30	5 1		-1
20	40(44)	10	0(4)	+	5	+3	65	159		29	+		
21	45		3	+	0		66	164	33	32	5		-1
22	48	11	4	+	2 2	+1	67	165		31	+		
23	51		5	+	0		68	168	34	32	4 1		-1
24	52	12	4	+	1 2	+1	69	169		31	+		
25	55		5	+	0		70	174	35	30	5 1		-3
26	56	13	4	+	1 2	+1	71*	175		33	+		
27	59		5	+	0		72	180	36	36	5		-1
28	58(60)	14	2(4)	+	4	+3	73	180		35	+		
29	63		5	+	1		74	184	37	36	3 1		-1
30	64	15	4	+	4	+3	75	185		35	+	75/187	
31	69		7	+	1		76*	192	38	40	6	76/187	-1
32	74	16	10	+	3 1	-1	77	193		39	+		
33	75		9	+	0		78	196	39	40	2 2		-1
34	80	17	12	+	4 1	-3	79	197		39	+		
35	79(81)		9(11)	+	1	(-1)	80	202	40	42	4 1		+1
36	84	18	12	+	4 1	-1	81	205		43	1		
37*	85		11	+	1	-37/87	82	208	41	44	3		-1
38	88	19	12	+	3	38/87	83	209		43	0		-1
39	89		11	+	0		84	210	42	42			-1
40	90(92)	20	10 12)	+	4	+1	85	211		41			
41	93		11	+	0	(-1)	86	(222)	43	(50)			
42	98	21	14	+	5		87	-		-			
43	-		-	+			88	(226)	44	(52)			(-3)
44	102	22	14	+	5 1	-1	89	227		49			(-3)
45	103		13	+	0		90	232	45	52	49		
46	106	23	14	+	4 1	-1	91	231		49			
							92	238	46	54			

Укажем на то, что Te_{52}^{123} и Os_{76}^{187} признаны в последнее время плюса-активными в форме K -захвата.

Признав особую устойчивость изотопов наибольшего содержания, мы можем предполагать, что изотопы меньшего содержания — это очень медленно распадающиеся ядра согласно правилу активности, высказанному в начале статьи, но с теми или другими изменениями условия (радиоактивные цепи).

Для проверки наибольшей стабильности ядер таблицы надо было бы оценить их упаковочный коэффициент в сравнении с прочими изотопами. К сожалению, у большей части ядер в существующих таблицах ⁽³⁾ даны только средние значения для всех изотопов, и оценку можно было произвести для немногих ядер. Явной правильности в оценках не заметно.

Если сделанные мною попытки объяснения особенностей таблицы изотопов наибольшего содержания могут быть признаны спорными, то существование особых, подчеркнутых мною, мест в таблице неопровержимо, и мне кажется несомненным, что они представляют какие-то поворотные этапы в строении ядер.

Воронежский
государственный университет

Поступило
22 III 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Weizsäcker, Kernphysik; Л. Б. Понизовский, ЖЭТФ, **13**, 121 (1943).
² G. T. Seaborg, Rev. Mod. Phys., **16**, No. 1, 1 (1944). ³ S. Flügge u. J. Mat-
tuch, Phys. Z., **41**, 1 (1942).