

АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧНОСТИ СВОЙСТВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СТРУКТУРУ И СОСТАВ АТОМНОГО ЯДРА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Панков Андрей Александрович

д-р техн. наук, доцент, Луганский государственный медицинский университет им. Святителя Луки, РФ, Луганск

Бибик Елена Юрьевна

д-р мед. наук, профессор, Луганский государственный медицинский университет им. Святителя Луки, РФ, Луганск

ANALYSIS OF THE PERIODICITY OF PROPERTIES THAT CHARACTERIZE THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF THE ATOMIC NUCLEUS OF CHEMICAL ELEMENTS

Andrei Pankov

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, St. Luke Lugansk State Medical University, Russia, Lugansk

Elena Bibik

Doctor of Medical Sciences, Professor, St. Luke Lugansk State Medical University, Russia, Lugansk

Аннотация. Цель исследований: анализ периодичности свойств элементов, характеризующих структуру и состав атомного ядра. Метод: системный анализ. Результат: выявление закономерности в периодической системе, показывающей, что значения единичной изотопной распространённости элементов периодически симметрично чередуются в нечётных группах и подгруппах системы при полуцелом значении спина ядра изотопов.

Abstract. Research objective: analysis of the periodicity of the properties of elements characterizing the structure and composition of the atomic nucleus. Method: system analysis. Result: identification of a pattern in the periodic system showing that the values of the single isotopic abundance of elements periodically alternate symmetrically in odd groups and subgroups of the system with a half-integer value of the spin of the isotope nucleus.

Ключевые слова: изотопы, спин ядра, симметрия, периодичность, закономерность.

Keywords: isotopes, nuclear spin, symmetry, periodicity, regularity.

Введение. Анализ исследований. Модернизация периодической системы (ПС) в начале XX века завершила химический этап её развития. Химия в принципе не могла объяснить причину периодичности свойств элементов и их соединений. Дальнейшее развитие периодического

закона (ПЗ) в XX веке связано с блестящими успехами физики, приведшими к революционным изменениям в естествознании [1-3].

В настоящее время элементы систематизированы по следующим видам периодичности: основной (по заряду ядра), внутренней (по периоду), вторичной (в подгруппах), диагональной, а также дополнительной [4].

Предлагаются работы, связанные с построением ПС не только элементов, но и молекул с несколькими типами симметрий [5]. Однако попытки построения ПС молекул предпринимались ещё в 80-х гг. 19-го века. Подход, указанный в [5], является развитием работ российского учёного Н. А. Морозова. Так, Н. А. Морозов предложил ПС молекул углеводородных радикалов [3, 6]. Также в [4] отмечается, что С.А. Щукарев ранее развил идею Д.И. Менделеева о том, что кроме ПС атомов должны существовать ПС простых веществ и химических соединений. Исследованы закономерности периодичности оксидов [2, 4].

В результате попыток совершенствования ПС рассматриваются различные варианты форм систематизации элементов. Например, предложен вариант записи элементов по концентрическим окружностям, поместив к центру гелий и водород. Подобная запись отражает относительный размер атомных ядер [7]. Существует ПС высокозаряженных ионов [8] и т.п.

Возникает вопрос: «Какой фактор станет главным в оценке предела существования структур материи – «электронный» или «ядерный» [2]? Поэтому дальнейшее развитие ПС и ПЗ в XX веке связано с физическими методами [7].

В настоящее время признано существование двух этапов развития ПЗ [7]: химического, в котором свойства элементов находятся в периодической зависимости от атомного веса и физического, в котором свойства элементов находятся в периодической зависимости от зарядов их ядер. Ещё Э. Резерфорд предсказывал наличие ядерной периодичности, а С.А. Щукарев сформулировал тезис: ядра с возрастанием заряда обнаруживают периодичность строения, однако ПС ядер может быть более сложной [4]. В. Вайскопф в статье «Физика XX столетия» отмечал: «Для свойств ядер также существует своя периодическая таблица, подобная Менделеевской» [9, с.734; 10, с.54].

Раскрывая зависимость периодического изменения свойств от структуры ядра (третий этап в периодичности [3]), мы начинаем овладевать «сущностью 3-го порядка». На «третьем этапе» также существуют различные классификации изотопов и элементарных частиц [11]. В работе [12] отмечается: «...в целом, они подобны по структуре ПС элементов и также состоит из 4-х типов периодов, которые, в свою очередь, также состоят из 4-х типов орбиталей».

Периодичность присуща различным характеристикам элементов, таким как атомные и ионные радиусы, ионизационные потенциалы, сродство к электрону, электроотрицательность, степень окисления, окислительно-восстановительные свойства и другие фундаментальным характеристикам [2].

Одной из характеристик является распространённость. Часто под распространённостью элементов (РЭ) подразумевают распространённость не только элементов, но и их изотопов - распространённость нуклидов (РН). При этом наблюдается заметное различие между элементами с чётным и нечётным Z . Как правило, элементы с чётным Z являются более распространёнными [13, 14].

Атомному ядру также присуща такая характеристика, как спин. На основе связанного со спином принципа Паули был во многом объяснён ПЗ [15].

В зависимости от значения спина ядра, существуют два вида частиц - бозоны и фермионы. Так, барионы, входящие в состав ядра, по отдельности обладают полуцелым спином, т.е. являются фермионами, однако ядра, состоящие из барионов, могут быть как условными (системными) фермионами, так и условными (системными) бозонами.

Кроме того, когда речь идёт о бозонах, фермионах и их взаимодействии, то в этом случае

может рассматриваться суперсимметрия, связывающая их. Однако суперсимметрия — это не какая-то одна теория, а скорее основа для построения различных теорий. Множество различных суперсимметрий встроены в физические законы, управляющие частицами и силами [16].

Анализ исследований и представленные факты говорят о том, что закон образования элементов еще далеко не раскрыт до конца. Подтверждением тому являются пророческие слова Д.И. Менделеева: «Периодическому закону не грозит разрушение, а обещаются только надстройка и развитие» [7].

Поэтому поиск и исследование количественных и периодических закономерностей, а также симметрий, имеющих место при систематизации элементов на ядерном уровне вещества, является актуальным.

Цель исследований: анализ периодичности свойств элементов, характеризующих структуру и состав атомного ядра.

Методология и методы исследований. Для систематизации характеристик использован системный анализ. В процессе СА применялись следующие методы: кластеризация, классификация и абстрактное упорядочение.

Результаты исследований. Кластеризации и структурирование изотопов по характеристикам спина ядра и распространённости представлены в табл. 1. В табл.1 приведен пример кластеризации характеристик для IB и IIB групп ПС.

Таблица 1.

Кластеризация по спину ядра и изотопной распространённости*

Группы	Периоды			
	4	5	6	
IB	^{63,65} Cu	^{107,109} Ag	¹⁹⁷ Au	
	3/2-	1/2-	3/2+	
	0,691**	0,518	-	
	0,309	0,482	-	
	1,000	1,000	1,000	
IIB	^{64,66,68,70} Zn	¹¹⁴ Cd	^{200,202} Hg	
	0+	0+	0+	
	0,492	0,110	0,100	
	0,277	0,112	0,231	
	0,184	0,114	0,297	
	0,960	0,750	0,697	

*^{63,65}Cu – массовые числа рассматриваемых изотопов и название элемента

0+ - спин и чётность ядра стабильных или метастабильных изотопов.

0,691 – значения изотопной распространённости рассматриваемых изотопов

1,000 – суммарная изотопная распространённость изотопов с одинаковым спином ядра

** – значения изотопной распространённости принимались согласно [13, 14] и по данным онлайн-ресурса «Википедия».

При анализе ПС и табл. 1 на основе значений спинов ядер и изотопной распространённости элементов установлено, что имеет место следующая закономерность: элементы с единичной изотопной распространённостью находятся в нечётных группах и подгруппах ПС и являются элементами с полуцелым значением спина ядра. Элементы с единичной изотопной распространённостью находятся в каждой нечётной группе или подгруппе ПС. При этом наблюдаются вертикальная периодичность и симметричность распределения кластеров изотопов (условных фермионов и бозонов) по группам, в зависимости от спина ядра J и изотопной распространённости NA .

Заключение

Некоторые свойства ядер атомов химических элементов и их изотопов обладают периодичностью характеристик, что подтверждает ранее проведенные исследования различных учёных – Э. Резерфорда, В. Вайскопфа, С.А. Щукарева, А.С. Магулы и других. В работе, в частности, установлено, что значения единичной изотопной распространённости периодически симметрично чередуются в нечётных группах и подгруппах ПС, в зависимости от значения спина ядра изотопов.

Список литературы:

1. Левченков, С. И. Краткий очерк истории химии. [Электронный ресурс]. URL: https://physchem.chimfak.sfedu.ru/Source/History/Sketch_5.html
2. Саркисов, Ю.С., Зубкова, О.А., Саркисов, Д.Ю., и др. Открытие новых химических элементов и будущее таблицы Д.И. Менделеева // Наука России: цели и задачи. Материалы III Международной научной конференции. Ч.2. 2017. С. 5-9. <https://doi.org/10.18411/sr-10-06-2017-13>
3. Семишин, В.И. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. М.: Химия, 1972. 188 с.
4. Кораблева, Т. П., Корольков, Д.В. Теория периодической системы : учеб. пособие для хим. фак. клас. ун-тов. С.-Петерб. гос. ун-т. - СПб., 2005. 172с.
5. Tsukamoto, T., Haruta, N., Kambe, T., et al. Periodicity of molecular clusters based on symmetry-adapted orbital model // Nat. Commun. 2019. 10. p. 3727. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11649-0>
6. Рутген, М.Я. Три триады и шесть невидимок. Элементы VIII группы периодической системы Д. И. Менделеева. М.: Просвещение, 1976. 142 с.
7. Якушко, С.И. Третий этап развития периодической системы химических элементов. [Электр. рес.]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/14055246.pdf>
8. Chunhai, L., Christoph, H.K., Harman, Z. Periodic table for highly charged ions. 15.04.2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/2504.11237> <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.11237>
9. Вайскопф, В. Физика в XX веке. Успехи физических наук. 1970. Т.101, вып.4. [Электронный ресурс]. URL: https://ufn.ru/ufn70/ufn70_8/Russian/r708e.pdf

10. Дубров, Я.А. Периодическая система атомных ядер и алгебра Менделеева-Минковского // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. 2007. №3. С.54-59.
11. Бажин, В.Ю., Александрова, Т.А., и др. Современный взгляд на аномалии в группах металлов периодической системы Д.И. Менделеева // Записки Горного института. 2019. Т.239. С. 520-527. doi: 10.31897/PMI.2019.5.520
12. Magula, A.S. Periodic System of Isotopes. J. Phy.Opt. Sci, 2021, Vol. 3(2): 1-44.
13. Coplen, T.B., Shrestha, Y., 2016, Isotope-abundance variations and atomic weights of selected elements: 2016 (IUPAC Technical Report): Pure and Applied Chemistry, v. 88, p. 1203-1224.
14. Баженов, А.Н. Интервальная таблица Менделеева элементов и изотопов. 28.11.2022. [Электронный ресурс]. URL: <http://www-sbras.nsc.ru/interval/WebSeminar/ANBazhenov-28.XI.2022.pdf>
15. Тернов, И.М. Введение в физику спина релятивистских частиц. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 240 с.
16. Ликкен, Д., Спиропулу, М. Суперсимметрия и кризис в физике // В мире науки. 2014. № 07/08. С. 24-29.