

ДИСКУСІЙНІ ПОВІДОМЛЕННЯ

УДК 004.942 ; 54 ; 087 ; 078

<https://orcid.org/0000-0001-8030-2866>**М. М. БЕКЕТОВ**

МАТЕМАТИЧНА ТА ПРОСТОРОВА МОДЕЛЬ ПЕРІОДИЧНОГО ЗАКОНУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

***Анотація.** На основі даних хімічних елементів виявлено закономірності Періодичного закону хімічних елементів та здійснено математичне моделювання з метою з'ясування відображення основоположних законів у Просторовій моделі Періодичного закону хімічних елементів, яку створив учень середньої школи Невзоров Бекетов Микита Сергійович. Оцінювання проводилось на основі порядкових атомних номерів елементів, відносних атомних мас елементів, розподілення електронів у атомах за енергетичними рівнями, співвідношення властивостей елементів та особливостей будови їхніх атомів. У Просторовій моделі, яку створив Невзоров Бекетов Микита Сергійович, всі відомі елементи об'єднані у нерозривний ланцюг за зростанням їхніх порядкових номерів. Ланцюг елементів скручено у спіраль так, щоб елементи утворювали вертикальні стовпці (групи) за спорідненням їхніх властивостей. Просторова модель підтверджує можливість знаходження нових елементів не лише наприкінці Періодичної таблиці, але і на початку – як і вважав Д.І. Менделєєв.*

***Ключові слова:** Математична модель, Просторова модель, Періодичний закон хімічних елементів, Періодична таблиця, Менделєєв, нерозривний ланцюг, скручено у спіраль, групи, властивості, атомні маси, періоди, енергетичні рівні, об'ємне бачення.*

DOI: 10.35350/2409-8876-2019-17-4-118-124**Вступ**

Генеральна асамблея ООН проголосила 2019 рік «Міжнародним роком Періодичної таблиці хімічних елементів (ІУРТ2019)» [3]. На підставі рішення Генеральної асамблеї ООН (202 EX/43), Генеральна конференція ЮНЕСКО схвалила ініціативу святкування Міжнародного року Періодичної таблиці хімічних елементів в 2019 році (39 C/60) [4].

«Періодична таблиця елементів є одним з найбільш значних досягнень в науці. Це унікальний інструмент, який дозволяє вченому прогнозувати появу і властивості речовини на Землі і в решті частини Всесвіту. Періодична таблиця хімічних елементів – це більше, ніж просто керівництво або каталог усіх відомих атомів у всесвіті; це вікно у Всесвіт, що допомагає розширити наше розуміння оточуючого нас світу», – заявив Жан-Пол Нгома-Абіага, програмний фахівець, координатор заходів в рамках святкування Року в

ЮНЕСКО. «Ця ініціатива, поряд із заходами по всьому світу, підкреслить важливість Періодичної таблиці для науки, технологій та сталого розвитку людства» [5].

Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО) активно сприяє популяризації фундаментальних наук в інтересах сталого розвитку, в тому числі завдяки Міжнародній програмі ЮНЕСКО з фундаментальних наук (МПФН) [5].

Проведення Міжнародного року координується Міжнародною програмою ЮНЕСКО з фундаментальних наук (МПФН) і Міжнародним союзом теоретичної і прикладної хімії (МСТПХ) у співпраці з національними, регіональними та міжнародними хімічними товариствами і союзами [5].

Заходи святкування цієї видатної події відбувалися по всьому світові. У Законі України "Про загальну середню освіту", Державній національній програмі "Освіта" визначено напрями розвитку національної системи освіти, спрямовані на підвищення інтелектуального потенціалу нації та виховання творчої особистості [6]. У загальноосвітніх школах Луганської області протягом 2019 року проводились Дискусійні круглі столи «Хімічні таємниці Всесвіту» за участі талановитих учнів шкіл області на підтримку проголошеного Генеральною асамблеєю ООН Міжнародного року Періодичної таблиці хімічних елементів. Автор ідеї та модератор проведення Дискусійних круглих столів «Хімічні таємниці Всесвіту» Бекетова Ганна Миколаївна – учитель хімії Комунального закладу «Лисичанська спеціалізована школа I – III ступенів №8 Лисичанської міської ради Луганської області».

В рамках проведення Дискусійних круглих столів «Хімічні таємниці Всесвіту» на підтримку проголошеного Генеральною асамблеєю ООН Міжнародного року Періодичної таблиці хімічних елементів, представлено Просторову модель Періодичного закону хімічних елементів, яку створив учень середньої школи Невзоров Бекетов Микита Сергійович.



Рисунок 1 – Просторова модель Періодичного закону хімічних елементів, яку створив Невзоров Бекетов Микита Сергійович (зображений на фото)

1. Загальна характеристика Просторової моделі Періодичного закону хімічних елементів

У Просторовій моделі Періодичного закону хімічних елементів всі відомі елементи об'єднані у нерозривний ланцюг за зростанням їхніх порядкових номерів. Ланцюг елементів скручено у спіраль так, щоб елементи утворювали вертикальні стовпці (групи) за спорідненням їхніх властивостей. Спіраль розміщено на трьох «стовпах» (у формі циліндрів) різного діаметру за порядком заповнення електронами орбіталей s-, p-, d-, f-елементів та

спорідненням їхніх властивостей. Різні кольори елементів відображають заповнення електронами енергетичних рівнів та підрівнів (орбіталей) у атомах елементів.

У запропонованій Просторовій моделі Періодичного закону хімічних елементів, s-елементи і р-елементи головної підгрупи утворюють основну спіраль – «основний стовп». Другий стовп обертають d-елементи побічних підгруп – в єдиному ланцюгу елементів вони утворюють окремі кола, одне під одним. Такі ж кола в єдиному ланцюгу елементів утворюють і f-елементи на третьому стовпі Просторової моделі. У кожному оберті спіралі головної підгрупи «основного стовпа» вісім елементів (s-елементів та р-елементів) – вісім груп. «Основний стовп» має 7 обертів ланцюга елементів – сім періодів. За умов відкриття елементів наприкінці чи спочатку Періодичної таблиці – кількість обертів збільшиться. Елементи головної підгрупи утворюють безперервні вертикальні стовпці (групи) за спорідненням їхніх властивостей. У кожному оберті другого стовпа (d-елементів) – 10 елементів. На другому стовпі загалом чотири оберти ланцюга елементів – по одному оберту у періодах з четвертого по сьомий включно. У кожному оберті третього стовпа (f-елементів) – 14 елементів. На третьому стовпі два оберти – по одному оберту ланцюга елементів у шостому та сьомому періодах.

Безперервний ланцюг елементів, скручений у спіраль, дозволяє помістити інертні гази перед елементами першої групи, таке розміщення відповідає Періодичній таблиці за авторством самого Д.І. Менделєєва у редакції 1905 року [11].

2. Загальна постановка задачі, об'єкт, предмет та мета досліджень

Метод математичного моделювання ґрунтується на застосуванні математичної моделі як засобу дослідження реальних об'єктів, процесів чи явищ. В зв'язку з тим, що математичний аналіз здійснює учень середньої школи Невзоров Бекетов Микита Сергійович – використовуються етапи, методи та засоби математичного моделювання в рамках загальної середньої освіти. В. О. Швець виділяє такі етапи розв'язування прикладної задачі у школі [7]: створення математичної моделі; дослідження математичної моделі та вирішення математичної задачі; інтерпретація отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – Періодичний закон хімічних елементів. Періодичний закон – фундаментальний закон природи, який визначає властивості хімічних елементів, які перебувають у періодичній залежності від значень зарядів ядер атомів. Предмет дослідження – основні закономірності будови атомів елементів, порядок заповнення електронами енергетичних рівнів у атомах елементів, періодична залежність властивостей хімічних елементів від особливостей будови їхніх атомів.

Мета дослідження – з'ясування відображення основоположних законів у Просторовій моделі Періодичного закону хімічних елементів.

3. Методика і результати досліджень

Менделєєв Дмитро Іванович 1869 року при зіставленні властивостей відомих на той час хімічних елементів та величин їхніх атомних мас сформулював Періодичний закон таким чином: властивості хімічних елементів, простих

речовин, а також склад і властивості сполук перебувають у періодичній залежності від значень атомних мас [2].

Існує кілька сотень варіантів зображення періодичної системи (аналітичні криві, таблиці, геометричні фігури і т. п.). За базу приймається форма Періодичної таблиці – довгий варіант з 18 групами, що затверджена Міжнародним союзом теоретичної і прикладної хімії (IUPAC) як основна.

Максимальна кількість електронів на енергетичних рівнях (N) розраховується на підставі головного квантового числа (n) [12] та дорівнює:

$$N = 2n^2 \tag{1}$$

на 1-му рівні $N_1 = 2 \times 1^2 = 2$ електрони;
на 2-му енергетичному рівні $N_2 = 2 \times 2^2 = 8$ електронів;
на 3-му енергетичному рівні $N_3 = 2 \times 3^2 = 18$ електронів;
на 4-му енергетичному рівні $N_4 = 2 \times 4^2 = 32$ електронів.

Орбітальне квантове число (l) характеризує форму орбіталей та приймає значення від 0 до (n-1) [12]. Крім числових значень, орбітальне квантове число (l) має і літерне позначення:

для $l_1 = 1 - 1 = 0$ позначення s;
для $l_2 = 2 - 1 = 1$ позначення p;
для $l_3 = 3 - 1 = 2$ позначення d;
для $l_4 = 4 - 1 = 3$ позначення f.

Кількість орбіталей (e_o) на підрівні (для s-, p-, d-, f-підрівня) розраховується за формулою:

$$e_o = 2l + 1 \tag{2}$$

для s-підрівня $e_{o1} = 2 \times 0 + 1 = 1$ орбіталь;
для p-підрівня $e_{o2} = 2 \times 1 + 1 = 3$ орбіталі;
для d-підрівня $e_{o3} = 2 \times 2 + 1 = 5$ орбіталей;
для f-підрівня $e_{o4} = 2 \times 3 + 1 = 7$ орбіталей.

Максимальна кількість електронів на підрівнях (на орбіталі максимальна кількість 2 електронів) [12] розраховується за формулою:

$$e = 2e_o \tag{3}$$

на s-орбіталі $e_1 = 2 \times 1 = 2$ електрони;
на p-орбіталах $e_2 = 2 \times 3 = 6$ електронів;
на d-орбіталах $e_3 = 2 \times 5 = 10$ електронів;
на f-орбіталах $e_4 = 2 \times 7 = 14$ електронів.

Аналіз Просторової моделі здійснюється за основними параметрами – загальна кількість елементів, загальна кількість груп, загальна кількість періодів, кількість елементів у одному оберті спіралі, відповідність розміщення елементу у Просторовій моделі властивостям, характерним для групи елементів у вертикальному стовпці (групі) елементів, кількість елементів у кожному оберті кожного стовпа.

Загальна кількість елементів у єдиному ланцюгу Просторової моделі за зростанням порядкових номерів відповідає загальній кількості відомих елементів. Загальна кількість груп елементів складає 8 груп головної

підгрупи «основного стовпа», 10 груп побічної підгрупи другого стовпа, 14 груп третього стовпа Просторової моделі. Загальна кількість періодів елементів складає сім періодів. Загальна кількість та структура розміщення елементів, груп та періодів у Просторовій моделі відповідає чинній редакції Періодичної таблиці, що затверджена Міжнародним союзом теоретичної і прикладної хімії (IUPAC).

Кількість елементів обороту спіралі основного «стовпа» (N_1) головної підгрупи (суми s-елементів та р-елементів, починаючи з другого періоду), розрахована на основі орбітальних квантових чисел (l_1), дорівнює:

$$N_{\text{осн.}} = 2 \times (2 \times l_1 + 1) + 2 \times (2 \times l_2 + 1) \quad (4)$$

$$N_{\text{осн.}} = 2 \times (2 \times 0 + 1) + 2 \times (2 \times 1 + 1) = 2 + 6 = 8 \text{ елементів.}$$

Кількість елементів обороту спіралі другого «стовпа» (N_2) побічної підгрупи (d-елементів, починаючи з четвертого періоду), розрахована на основі орбітального квантового числа (l_3), дорівнює:

$$N_{\text{друг.}} = 2 \times (2 \times l_3 + 1) \quad (5)$$

$$N_{\text{друг.}} = 2 \times (2 \times 2 + 1) = 2 \times 5 = 10 \text{ елементів.}$$

У кожному оберті другого стовпа (d-елементів) Просторової моделі – 10 елементів. На другому стовпі загалом чотири оберти ланцюга елементів – по одному оберту у періодах з четвертого по сьомий включно.

Кількість елементів обороту спіралі третього «стовпа» (N_3) лантаноїдів і актиноїдів (f-елементів, починаючи з шостого періоду), розрахована на основі орбітального квантового числа (l_4), дорівнює:

$$N_{\text{трет.}} = 2 \times (2 \times l_4 + 1) \quad (6)$$

$$N_{\text{трет.}} = 2 \times (2 \times 3 + 1) = 2 \times 7 = 14 \text{ елементів.}$$

На третьому стовпі Просторової моделі два оберти по 14 f-елементів – по одному оберту у шостому та сьомому періодах.

Таблиця 1 – Максимальна густина електронів на оболонках (рівнях)

Оболонки (рівні)	s-підрівень	p-підрівень	d-підрівень (заповнюються орбіталі попередньої оболонки)	f-підрівень (заповнюються орбіталі другої від краю оболонки)	Максимальна кількість електронів на рівні	Елементів у періоді
1	2	-	-	-	2	2
2	2	6	-	-	8	8
3	2	6	10	-	18	8
4	2	6	10	14	32	18
5	2	6	10	14	32	18
6	2	6	10	-	18	32
7	2	6	-	-	8	32
РАЗОМ					118	118

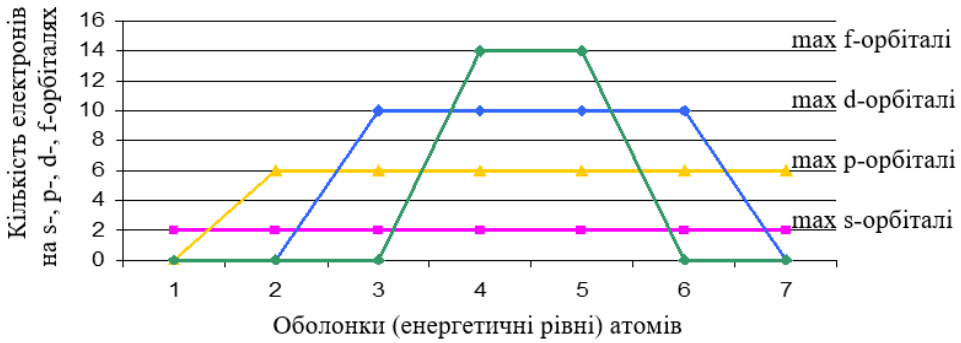


Рисунок 2 – Максимальна густина електронів на оболонках (рівнях)

Кількість та структура розміщення s-, p-, d-, f-елементів у Просторовій моделі відповідає основоположним законам, включає та поєднує у складі єдиного ланцюга елементів лантаноїди і актиноїди, зносу на які зроблено у чинній Періодичній таблиці. Це дає підстави стверджувати, що у Просторовій моделі Періодичного закону хімічних елементів, яку створив Невзоров Бекетов Микита Сергійович, більш повно відображені основоположні закони, структура та особливості будови атомів елементів.

4. Висновки

В результаті проведених досліджень з'ясувалося найбільш повне відображення основоположних законів та структури та особливостей будови атомів елементів у Просторовій моделі Періодичного закону хімічних елементів, яку створив Невзоров Бекетов Микита Сергійович. Математична та Просторова модель підтверджують можливість знаходження нових елементів не лише наприкінці Періодичної таблиці, але і на початку – як і вважав Д.І. Менделєєв. Результати досліджень можуть застосовуватись у освітній, науковій та дослідницькій діяльності. Просторова модель Періодичного закону хімічних елементів, яку створив Невзоров Бекетов Микита Сергійович, формує математичне об'ємне бачення періодичної залежності властивостей хімічних елементів від особливостей будови їхніх атомів, дає розуміння поступового ускладнення будови атомів елементів за зростанням їх порядкових номерів, дає можливість прогнозувати особливості та властивості нових елементів, розвиває структурне та просторове мислення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Енциклопедія кібернетики: у 2 т. / за ред. В. М. Глушкова. – Київ: Гол. ред. Української радянської енциклопедії, 1973.
2. Менделєєв Д. И. Основы химии. Том 2. – М.: Госхимиздат, 1947. – 389 с.
3. The International Year of the Periodic Table URL: <https://iypt2019.org>
4. Official launch event of the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements URL: <https://en.unesco.org/events/official-launch-event-international-year-periodic-table-chemical-elements>

5. 2019 is proclaimed the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements URL: <https://en.unesco.org/news/2019-proclaimed-international-year-periodic-table-chemical-elements>
6. Закон України "Про загальну середню освіту" // Освіта. – 1997. – С. 6–11.
7. Швець, В.О. Математичне моделювання як змістова лінія шкільного курсу математики / В.О. Швець // Дидактика математики : проблеми і дослідження : міжнародний збірник наукових робіт. – Донецьк : Вид-во ДонНУ, 2009. – № 32. – С. 16–23.
8. Кирилюк, Л.Л. Використання математичного моделювання при розв'язуванні задач у курсі алгебри основної школи / Л.Л.Кирилюк // Вересень. – 2009. – № 3–4 (48-49). – С. 72–78.
9. Панченко, Л.В. Система прикладних задач як засіб формування вмінь математичного моделювання у майбутніх вчителів математики / Л.В. Панченко // Математика в школі. – 2004. – № 9–10. – С. 21–28.
10. Д. И. Менделеев «Периодический закон». Редакция, статья и примечания Б.М. Кедрова. Издательство Академии Наук СССР, Москва, 1958. С. 470–517.
11. Менделеев Д. И. Попытка химического понимания мирового эфира. СПб., 1905.
12. Глосарій термінів з хімії // Й. Опейда, О. Швайка. Ін-т фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет – Донецьк: «Вебер», 2008. – 758 с.

REFERENCES

1. The Encyclopaedia of Cybernetics: in 2 volumes / Ed. V. M. Glushkova. – Kiev: Ch. ed. Ukrainian Soviet Encyclopaedia, 1973.
2. Mendeleev D. I. Fundamentals of chemistry. Volume 2. – M.: Goskhimizdat, 1947. – 389 p.
3. The International Year of the Periodic Table URL: <https://iypt2019.org>
4. Official launch event of the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements URL: <https://en.unesco.org/events/official-launch-event-international-year-periodic-table-chemical-elements>
5. 2019 is proclaimed the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements URL: <https://en.unesco.org/news/2019-proclaimed-international-year-periodic-table-chemical-elements>
6. The law of Ukraine "On General Secondary Education" // Education. – 1997. – S. 6–11.
7. Shvets, V.A. Mathematical modeling as the content line of the school course in mathematics / V.A. Shvets // Didactics of mathematics: problems and research: international collection of scientific papers. – Donetsk: Publishing house of DonNU, 2009. – No. 32. – S. 16–23.
8. Kirilyuk, L.L. The use of mathematical modeling in solving problems in the course of algebra of the basic school / L.L. Kiriluk // Veresen. – 2009. – No. 3–4 (48-49). – S. 72–78.
9. Panchenko, L.V. The system of applied problems as a means of forming the skills of mathematical modeling in future teachers of mathematics / L.V. Panchenko // Mathematics in school. – 2004. – No. 9–10. – S. 21–28.
10. D. I. Mendeleev "Periodic Law". Editorial, article and notes B.M. Kedrov. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow, 1958. p. 470–517.
11. Mendeleev D. I. An attempt at a chemical understanding of the world ether. SPb., 1905.
12. Glossary of terms in chemistry // J. Opeida, O. Schweika. Institute of physico-organic chemistry and coal chemistry named after L.M. Litvinenko, National Academy of Sciences of Ukraine, Donetsk National University – Donetsk: Weber, 2008. – 758 p.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2019.