

ВИВЧЕННЯ РІВНІВ СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Людмила ВЕЛИЧКО, доктор педагогічних наук, професор, завідувач відділу біологічної, хімічної та фізичної освіти Інституту педагогіки НАПН України

Анотація. У статті розкрито теоретичний зміст питання навчальної програми з хімії про рівні структурної організації органічних сполук; викладено методичні рекомендації щодо реалізації цих питань у навчальному процесі.

Ключові слова: органічні речовини, молекулярний, полімерний, супрамолекулярний рівні організації.

Lyudmila VELICHKO

STUDY OF LEVELS OF STRUCTURAL ORGANIZATION OF ORGANIC SUBSTANCES

Summary. The article reveals the theoretical content of the question curriculum of chemistry on levels of structural organization of organic compounds; set out the guidelines for the implementation of these issues in the educational process.

Keywords: organic substances, molecular, polymer, supramolecular organization level.

Рівні структурної організації речовин розглядаються за чинною навчальною програмою профільного рівня в 11 класі під час узагальнювального повторення найважливіших питань курсу хімії, цьому передують узагальнення про рівні структурної організації органічних речовин та їхню ієрархію в 10 класі. Стосовно останніх це питання набуває особливого значення, оскільки рівні структурної організації є визначальними для здійснення функцій у живих організмах таких сполук, як білки й нуклеїнові кислоти, що входять до складу клітин.

Ідея структурної організації матерії належить до провідних природничо-наукових ідей і має світоглядне значення, а уявлення учнів про ієрархію рівнів структурної організації речовин є частиною загальної наукової картини світу, що формується засобами усіх природничих предметів.

Структурність є фундаментальною властивістю матеріального світу й охоплює всі об'єкти – від елементарних частинок до Всесвіту – у їхніх ієрархічних взаємозв'язках. Елементарні частинки, атоми, молекули відносять до *мікросвіту*, їх не можна спостерігати простим оком на відміну від об'єктів *макросвіту*, в якому ми перебуваємо безпосередньо. Всесвіт належить до *мегасвіту*. Безліч різноманітних структур мікро-, макро- і мегасвітів, упорядкованих певним чином, створює ієрархічну цілісність, в якій поєднано фізичні, хімічні, біологічні процеси, що в сукупності зумовлюють відтворення й розвиток живих систем.

Ми сприймаємо світ як структурований, в іншому разі (деструктуризації) важко уявити собі його реальну картину. «Цікаво роз-

© Величко Л. П., 2019

глянути ієрархію структур, рухаючись не в бік підвищення складності, а в протилежному напрямку. На перший погляд, внаслідок деструктуризації якоїсь структури її розщеплення на елементарні складники інформація втрачається. Якщо, приміром, розглянемо молекулу, тобто структуру, утворену з атомів, і порівняємо її з вихідними атомами, які цієї молекули не створили, то видається, що опис будови ізольованих атомів потребує меншої інформації, ніж опис будови створеної з них молекули. Справді, щоб одержати останній, треба до первісної інформації додати ту, в якій закладений спосіб поєднання цих атомів і молекул. У границі можемо уявити собі повну деструктуризацію якогось об'єкта, який тим самим перестає бути для нас об'єктом, зникає саме через те, що він не має ніякої структури і не може бути виявлений» [11, 640].

Структурна організація речовини як виду матерії означає упорядкованість її окремих складників й утворення рівнів організації, що мають ієрархічну будову: від простих до складних, причому кожний нижчий рівень входить до складу вищого. Елементарні частинки як речовинна форма перебувають на субатомному рівні, атоми – на атомному, молекули – на молекулярному, полімери – на полімерному, надмолекулярні утворення – на супрамолекулярному рівнях організації речовин. Усі ці рівні вивчаються в курсі хімії основної школи: від електронів, взаємодія яких спричиняє утворення сполук, до молекулярних ансамблів як носіїв біологічних функцій.

На кожному структурному рівні в носіях цих рівнів виникають специфічні взаємодії, що також ускладнюються від нижчого до

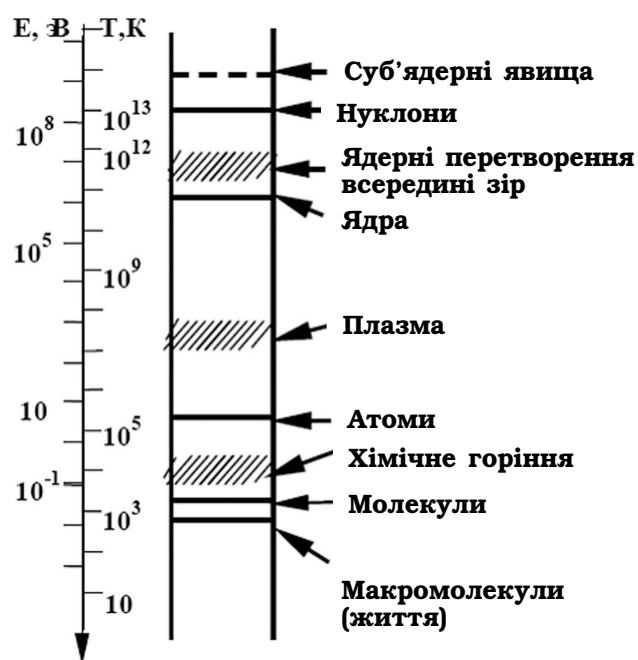
вищого рівня організації: в атомі – взаємодія між ядром і електронами, в молекулі – взаємодія ядер і електронів різних атомів, у полімерах – додається міжмолекулярна взаємодія. Якщо продовжувати цей ряд до біологічних форм, то взаємодія має місце у внутрішньоклітинних органелах, клітинах, організмах і т. д.

Перехід з одного рівня організації на інший відбувається стрибкоподібно, дискретно. Об'єкти кожного попереднього рівня організації є частиною наступного рівня. Кожний рівень організації виникає внаслідок специфічних взаємодій між об'єктами попереднього рівня. До прикладу, нові атоми виникають унаслідок взаємодії частинок субатомного рівня – ядер і електронів (ядерні реакції); взаємодія атомів (атомний рівень) унаслідок хімічних реакцій приводить до утворення молекул і макромолекул; останні, як представники полімерного рівня, внаслідок самоорганізації утворюють супрамолекулярні ансамблі, які є субстратами біохімічних процесів на клітинному рівні.

Для характеристики структурної організації матерії В. Вайскопф використав образ сходів (квантові сходи Вайскопфа), три щаблі яких відповідають ядрам, атомам, молекулам, а четвертий посідає живе [1]. Кожний структурний рівень (сходина) характеризується енергією й розмірами об'єктів, має енергетичний поріг свого існування, тому перехід між сходами відбувається стрибкоподібно (перервно, дискретно). Що нижче ми спускаємося по сходах, то нижчою є енергія рівня. Що більшими є розміри об'єктів рівня, то меншою – їхня енергія. Рівні, які охоплює хімія, – це атомний, молекулярний і макромолекулярний. Кожному рівню властиві свої матеріальні носії: ядра, електрони, атоми, молекули, макромолекули.

Молекули і макромолекули не мають ознак життя, а клітина, що перебуває на наступному рівні організації матерії, вищому стосовно речовинного, є носієм живого. За висловлюванням американського біохіміка А. Ленінджера, «об'єкти живої природи складаються з неживих молекул» [10, 12], отже, процеси життєдіяльності мають молекулярну основу.

Рівневість втілюється в самій логіці вивчення органічної хімії від найпростіших сполук, якими є метан і його гомологи, до найскладніших – білків і нуклеїнових кислот, яким властиві ознаки вищого рівня організації речовин. Через те саме в курсі органічної хімії найповніше можна розкрити ієрархію цих рівнів. Органічні речовини унікальні в



Мал. Сходи В. Вайскопфа

тому, що вони є сполучними між структурами неорганічного й органічного світів.

Виокремлюють такі рівні організації власне органічних речовин: молекулярний, макромолекулярний (полімерний), супрамолекулярний. Теоретичні питання щодо рівнів організації докладно розглянуто в низці праць [4 – 8]. Досліджено й методично опрацьовано питання структурних особливостей молекулярного й полімерного рівнів за ознаками хімічного складу, хімічної, електронної та просторової будови [3].

Розглянемо супрамолекулярний рівень, оскільки, як засвідчує досвід, це питання ще не набуло належного методичного тлумачення [2].

Порівняно нова галузь хімії – **супрамолекулярна хімія** (лат. префікс *supra* – над) – сформувалася у 70-х роках ХХ ст. Її фундатор, французький учений, лауреат Нобелівської премії, Ж. М. Лен визначив як «хімію за межами молекули» [9]. Об'єктами вивчення супрамолекулярної хімії є молекулярні ансамблі. Органічні речовини молекулярної будови утворюються в переважній більшості завдяки ковалентним зв'язкам, а молекулярні ансамблі – завдяки міжмолекулярним. Димери, олігомери, полімери за великим рахунком також слід віднести до супрамолекулярного рівня, оскільки між молекулами або молекулярними ланцюгами полімерів існує взаємодія, що й визначає їхні особливі властивості. І синтетичні, і біополімери містять у своїй масі різноманітні просторові утворення: клубки, спіралі тощо – загалом супрамолекули. Наявність

міжмолекулярної взаємодії є основною ознакою супрамолекулярних утворень.

Провідна ідея вивчення органічних речовин – залежність між їхнім складом, будовою і функціями, аж до біологічних. Для здійснення останніх саме рівень організації є визначальним. Зниження рівня організації, наприклад денатурація білка, коли втрачається четвертинна, третинна і вторинна структури, призводить до втрати біологічних функцій. Інакше кажучи, специфічні біологічні функції здійснюються супрамолекулярним утворенням як цілим.

Залежність властивостей від рівня організації ілюструють не лише властивості білків, а й нуклеїнових кислот, вуглеводів полімерної будови, синтетичних полімерів. Зокрема, гнучкість полімерів, відмінність властивостей у поздовжньому й поперечному напрямках зумовлено трансформацією лінійних молекул у масі полімеру у форми клубків і спіралей. Структуру білків як біополімерів описують у термінах первинної, вторинної, третинної, четвертинної будови. Одиниці третинної будови асоціюються в комплекс завдяки водневим, йонним, міжмолекулярним зв'язкам і утворюють четвертинну будову. Наприклад, білкові молекули волосся, згортаючись одна навколо іншої, утворюють суперспіраль, що нагадує три- або семижильний кабель.

Виокремлення супрамолекулярних структур в ієрархії структурних рівнів має методологічне значення, оскільки дає змогу встановити ланку, якої не вистачало у схемі генетичних перетворень від неорганічних форм матерії до органічних. Якщо зв'язок будова – хімічні властивості є цілком очевидним і відбитим у законі Бутлерова, то зв'язок будова – біологічні функції – менш очевидним, його не можна пояснити без урахування структурних рівнів біологічно активних речовин, організованих особливим чином. Такий підхід є кроком до встановлення наступності у вивченні об'єктів біологічної науки.

Отже, для характеристики речовин з погляду сучасної науки слід використовувати не лише їхній якісний і кількісний склад, хімічну, електронну й просторову структури, а й рівні структурної організації.

Уявлення про ранговість в організації речовин об'єднують у єдиний ланцюг об'єкти природничих наук від елементарних частинок до живих клітин і охоплюють у цілісності процеси – від фізичних і хімічних до біологічних. На межі біології і хімії є спільна область супрамолекулярних сполук. Розумін-

ня їхнього місця в ієрархії речовин є кроком до пізнання таїнства життєдіяльності організму.

Загальні висновки, що їх мають усвідомити учні:

- рівні структурної організації є виявом багатоманітності органічних речовин;
- рівні структурної організації становлять ієрархічну систему;
- речовини виконують свої функції лише на певних рівнях організації.

На нашу думку, навколо ідеї рівнів організації матерії можна об'єднати знання про фізичні, хімічні, біологічні явища, виявити об'єктивно існуючі у природі зв'язки, що сприятиме розв'язуванню методичних проблем формування цілісної природничо-наукової картини світу, яка адекватно відбиває дійсність.

ЛІТЕРАТУРА

1. В а й с к о п ф В. Физика в двадцатом столетии / пер. с англ.: А. Г. Беда, А. В. Давыдов. – М. : Атомиздат, 1977. – 270 с.
2. В е л и ч к о Л. Вивчення органічних сполук у контексті їх рівневої організації // Біологія і хімія в шк. – 2004. – № 2. – С. 51 – 54.
3. З а б л о ц ь к а О. С. Формування знань про структурну організацію органічних речовин та її рівні : навч.-метод. посіб. / за ред. Л. П. Величко. – Житомир : Полісся, 2005. – 112 с.
4. К о в т у н е н к о В. О. Загальна стереохімія : підруч. – 2-ге вид. – К. : Кондор, 2005. – 366 с.
5. К о в т у н е н к о В. Молекулярний рівень організації матерії // Біологія і хімія в шк. – 1996. – № 2. – С. 19 – 23.
6. К о в т у н е н к о В. Полімерний рівень організації матерії. Білки // Там само. – 1999. – № 4. – С. 2 – 8.
7. К о в т у н е н к о В., Г е т ь м а н ч у к Ю. Полімерний рівень організації матерії // Там само. – 1998. – № 3. – С. 2 – 9.
8. К о в т у н е н к о В., М і р о ш н и ч е н к о М. Полімерний рівень організації матерії. Нуклеїнові кислоти // Там само. – 2000. – № 2. – С. 2 – 9.
9. Л е н Ж. М. Супрамолекулярная химия : Концепции и перспективы / пер. с англ. – Новосибирск : Наука, Сиб. предприятие РАН, 1998. – 334 с.
10. Л е н и н д ж е р А. Основы биохимии : в 3-х т. – Т 1. / пер. с англ. – М. : Мир, 1985. – 367 с.
11. С в і д з и н с ь к и й А. В. Синергетична концепція культури. – Луцьк, 2008. – 680 с.