

УДК 378.016:[547:544.12]

**ЗМІСТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНОГО СПЕЦКУРСУ  
«ІЗОМЕРІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК» У ПРОФІЛЬНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ  
УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ**

**Т.П.Сковрунська, В.С.Толмачова**

*Анотація.* У статті розкриваються методичні засади навчання та зміст спецкурсу «Ізомерія органічних сполук» як системотворного чинника підготовки студентів до засвоєння знань про органічні сполуки.

*Ключові слова:* спецкурс, ізомерія органічних сполук, професійна підготовка.

*Аннотация.* В статье раскрываются методические основы обучения и содержание спецкурса «Изомерия органических соединений» как системообразующего фактора подготовки студентов к усвоению знаний об органических соединениях.

*Ключевые слова:* спецкурс, изомерия органических соединений, профессиональная подготовка.

*Summary.* The article describes the methodological principles of learning and specialized course content "Isomerism of organic compounds" as a factor systemotvornoho prepare students for learning about isomerism of organic compounds.

*Key words:* special course, isomerism of organic compounds, training.

**Постановка проблеми.** Одним із головних завдань хімічної підготовки майбутнього вчителя є формування поняттєвого апарату. Формування хімічних понять пов'язане з безперервною зміною їхнього обсягу і змісту, перебудовою зв'язків з іншими поняттями в загальній системі знань.

Розробка методичних прийомів для формування понять у галузі вищої хімічної педагогічної освіти базується на врахуванні специфіки хімічних дисциплін і методики їх викладання.

Більшість понять органічної хімії пов'язані із пізнанням явищ мікросвіту. Це насамперед стосується хімічної, електронної та просторової будови органічних сполук. В основі вивчення органічної хімії лежать принципи ускладнення будови та наскрізні генетичні зв'язки в межах гомологічних рядів і класів органічних сполук.

Особливість формування понять з ізомерії органічних сполук полягає у використанні абстрактних уявлень, логічних операцій, систематизації і узагальнень, що забезпечують їх подальший розвиток та становлення.

Професійно-педагогічна підготовка майбутнього вчителя хімії буде більш ефективною, якщо формування понять у галузі ізомерії органічних сполук послідовно здійснювати як у базовому курсі органічної хімії, так і у професійно орієнтованому спецкурсі «Ізомерія органічних сполук». Такий методичний підхід допоможе створити цілісність уявлень про будову, властивості й біологічні функції органічних речовин.

**Аналіз досліджень з даної проблеми.** Проблема ізомерії органічних сполук завжди привертала увагу вчених-хіміків, методистів і вчителів.

Введення у спецкурс «Ізомерія органічних сполук» матеріалів щодо наукового здобутку фундаторів теоретичних основ органічної хімії, зокрема О.М.Бутлерова та його школи, сприятиме більш чіткому формуванню базових понять у галузі ізомерії органічних сполук, дозволить відслідкувати внутрішні й зовнішні зв'язки з іншими поняттями, обрати для дослідження проблеми принципи історизму, поступового розвитку понять, проблемний підхід.

З точки зору історичного підходу вперше поняття ізомерії введено у наукову хімічну мову Й.Берцеліусом. Подальшого теоретичного і практичного розвитку явище ізомерії набуло у фундаментальних роботах О.М.Бутлерова (хімічна структура або хімічна будова у доповіді «О химическом строении тел» на з'їзді німецьких лікарів і натуралістів у м. Шпесері, 1861 р.; синтез вуглеводнів ізобутану та ізобутилену і порівняння їхніх властивостей з ізомерними сполуками бутаном, бутиленом Де-Люїня; синтез насиченого одноатомного спирту третинної будови – триметилкарбінолу). Перетворення  $C_4H_9OH$  первинної будови на відповідний вторинний спирт відображено у дослідженнях О.М.Зайцева, проведених під керівництвом О.М.Бутлерова. Нові погляди на будову органічних сполук, в тому числі ізомерію, були викладені у відомому підручнику О.М.Бутлерова «Введение к полному изучению органической химии» (1864–1866 р.), роботах його учнів: магістерських дисертаціях В.В.Марковнікова «Об изомерии органических соединений» (1865 р.), Ф.М.Флавицького «Об изомерии амиленов из амильного алкоголя брожения» (1875 р.), О.Є.Фаворського «К вопросу о механизме изомеризации в рядах непредельных углеводородов» (1891 р.); докторських дисертаціях: В.В.Марковнікова «Материалы по вопросу о взаимном влиянии атомов в химических соединениях» (1869 р.), О.Є.Фаворського «Исследование изомерных превращений в рядах карбонильных соединений, охлажденных кетонов и галоидзамещенных окисей» (1895 р.), статтях О.І.Горбова «Изомерия», «Химическое строение», «Стереои́зомерия» (енциклопедичний словник Блокгауза), «О пространственном расположении атомов в частицах органических соединений и о способе определения его в геометрических изомерах» [1].

У сучасній науковій хімічній мові широко застосовують поняття: структура, структурна організація, будова, конституція [3]. Знання про структурну організацію органічних речовин з урахуванням їх генезису найбільш повно відображені у дисертаціях О.С.Заблоцької [5] та Л.П.Величко [2], підручнику В.О.Ковтуненка [7].

**Виклад основного матеріалу.** Досвід викладацької діяльності засвідчив, що наявна науково-методична база недостатньо використовується для вдосконалення методик навчання студентів конкретним дисциплінам у процесі їхньої професійної підготовки.

Зазначимо, що збагачення наукового змісту хімічної освіти відомостями про різні типи ізомерії органічних сполук сприятиме реалізації принципів наступності й неперервності у змісті базової, повної середньої та вищої хімічної освіти в Україні; поглибленню загальнонаукового й філософського бачення єдності матеріального світу; розширенню міжпредметних знань на основі встановлення діалектичних зв'язків хімії з іншими природничими дисциплінами; усвідомленню особливостей структурної та просторової організації речовин як необхідної умови для виявлення ними властивостей та біологічних

функцій.

Підсумовуючи сказане, вбачаємо за необхідне введення у підготовку майбутніх учителів хімії спецкурсу “Ізомерія органічних сполук”.

Метою професійно орієнтованого курсу “Ізомерія органічних сполук” є формування у студентів знань про ізомерію ациклічних та циклічних сполук на прикладі структурної статичної та динамічної ізомерії, конформаційної та конфігураційної (геометричної та оптичної) ізомерії.

Завдання полягає у з'ясуванні ролі й місця поняття ізомерії органічних сполук у курсі органічної хімії; актуалізації знань про класифікацію органічних сполук; систематизації знань про органічні сполуки та їх властивості і застосування на основі єдності теорії електронної, хімічної та просторової будови.

Структура формування поняття «ізомерія» повинна включати такі компоненти навчання: цільовий, стимуляційно-мотиваційний, змістовий, операційно-діяльнісний, контрольно-корекційний та оцінювально-результативний.

Цільовий компонент забезпечує усвідомлення викладачем і передачу студентам мети викладання спецкурсу „Ізомерія органічних сполук”, його конкретних розділів і тем. Це усвідомлення залежить від рівня засвоєння попереднього матеріалу з органічної хімії, рівня освіченості та вихованості студентів, а головне – від цілеспрямованості викладача, вміння поставити і пояснити студентам цілі та завдання.

Організація процесу навчання пов'язана з чітким визначенням мети (освітньої, виховної, розвивальної) та усвідомленням її студентами.

Досягнення освітньої, виховної та розвивальної мети здійснюється завдяки реалізації змісту навчального матеріалу, добору форм, методів, прийомів навчання.

Стимуляційно-мотиваційний компонент є продовженням цільового, але тільки за усвідомлення студентами їх власного стимулу до діяльності. Повноцінний стимул можливий за усвідомлення реальної значущості знань. Тому роз'яснення мети, поглиблення мотивації є передумовою позитивного ставлення студентів до навчального предмета. Викладач зобов'язаний викликати в студентів внутрішню потребу в засвоєнні знань. Це досягається за допомогою чіткого й достатнього формулювання пізнавального завдання. Позитивне ставлення до навчання можливе, якщо наукові знання викликають зацікавленість.

Змістовий компонент полягає в тому, що викладачу необхідно ретельно обмірковувати зміст навчального матеріалу, конкретизувати обсяг теоретичних положень, визначити уміння та навички, які необхідно сформулювати у процесі вивчення нового матеріалу.

Операційно-діяльнісний (методичний) компонент охоплює всі методи та їх складові – прийоми, якими оперує кожен викладач у процесі своєї діяльності, форми організації навчання. Організуючи навчально-пізнавальну діяльність, варто зважати на те, що, хоча студенти засвоюють навчальний матеріал під керівництвом викладача, цей процес є індивідуальним для кожного з них. Загалом він передбачає таку послідовність інтелектуальних операцій: сприймання; осмислення; узагальнення; систематизація; закріплення; застосування на практиці.

Контрольно-регулювальний компонент містить методи контролю, самоконтролю і взаємоконтролю, якими користується викладач паралельно з викладанням нового матеріалу. Функція контролю здійснюється на всіх етапах навчального процесу. Вона є безперервною і не повинна обмежуватись лише констатацією досягнутого. У цьому випадку йдеться про зворотний зв'язок у навчанні, що передбачає своєчасне реагування викладача на допущені студентами помилки; певну систему їх виправлення. На цьому етапі відбувається формування у студентів умінь та навичок самоконтролю в навчанні, планування своїх дій, оцінювання й регулювання власної діяльності і поведінки, зіставлення їх результатів з вимогами викладача або колективу.

Оцінювально-результативний компонент передбачає оцінювання якості знань студентів, яке здійснюють як викладачі, так і студенти. Це є ефективним чинником, коли результати оцінювання є об'єктивними, послідовними, узгоджуються між собою [10].

Визначено дидактичні засади організації навчальної діяльності студентів у процесі засвоєння знань про ізомерію органічних сполук, а саме використання інформаційно-комунікаційних технологій навчання (демонстрація різних видів ізомерії, самостійне моделювання студентами ізомерів з використанням комп'ютерної техніки), хімічний експеримент, організація самостійної роботи студентів (вивчення навчального матеріалу, виконання тренувальних вправ та індивідуального науково-дослідного завдання).

У зв'язку з цим формування змісту і розробка методики викладання дисципліни «Ізомерія органічних сполук» становить, без сумніву, актуальну проблему.

Методика формування знань про ізомерію органічних сполук полягає у поетапному розгляді в

спецкурсі всіх типів (видів) ізомерії. Перед початком вивчення кожного окремого гомологічного ряду (класу) органічних сполук варто визначити, які типи ізомерії (структурної, просторової) для нього характерні.

Використання системного підходу як при побудові змісту спецкурсу, так і при його реалізації і розробці методики викладання спецкурсу буде сприяти засвоєнню студентами знань та прийомів розв’язання професійних задач.

У процесі вивчення спецкурсу “Ізомерія органічних сполук” для розгляду студентам буде запропонований ряд тем. Модуль I. Структурна ізомерія [8, 13]. 1. Поняття про будову органічних сполук, що визначається єдністю трьох складових: хімічною, просторовою, електронною будовою. Будова атома Карбону. Поняття про тетраедричну, площиннотригональну і лінійну гібридизацію. Просторова напрямленість  $sp^3$ -,  $sp^2$ -,  $sp$ -гібридизованих орбіталей атома Карбону. 2. Структурна статична ізомерія вуглеводнів та їх функціональних похідних. Поняття про конституцію органічних сполук [6, 7]. Роботи Й.Берцеліуса, Ю.Лібіга, Ж.Б.Дюма, Е.М.Пеліго, О.М.Бутлерова [1]. Поняття про явище ізомерії [3]. Структурна статична ізомерія вуглеводнів (будова карбонового ланцюга; розташування кратних зв’язків; взаємного розташування замісників, кратних зв’язків у сполуках циклічної будови; ізомерія між гомологічними рядами). Структурна статична ізомерія функціональних похідних вуглеводнів (розташування характеристичної групи, старшої характеристичної групи, будова карбонового ланцюга, розташування кратних зв’язків, взаємного розташування старших характеристичних груп, замісників, кратних зв’язків; ізомерія між класами органічних сполук; метамерія). 3. Структурна динамічна ізомерія [4, 8, 13]. Класифікація структурної динамічної ізомерії: кето-енольна, лактам-лактимна, нітросо-оксимна, імін-енамінна, нітро-аци-нітросо-таутомерія, кето-енольна таутомерія. Кето-енольна таутомерія. Ацетооцтовий естер та його таутомерні перетворення. Альдольні й кетольні конденсації оксосполук. Синтез йодоформу. Нітро-аци-нітросо-таутомерія. Вивчення аци-нітросо-таутомерії на прикладі нітросполук первинної та вторинної будови. Цикло-оксо-таутомерія моносахаридів, дисахаридів. Визначення питомого обертання глюкози й сахарози. Мутаротація глюкози. Лактам-лактимна таутомерія. Нітросо-оксимна таутомерія. Імін-енамінна таутомерія. Модуль II. Стереοізомерія. 1. Історичні аспекти становлення стереοізомерії [6, 11]. Історія становлення стереохімії: відкриття французьким фізиком Е.Малюсом плоскополяризованого світла; французьким вченим Ж.Біо явища оптичного обертання; французьким мікробіологом і хіміком Л.Пастером антиподів натрій амонієвих солей винних кислот; голландським хіміком Я.Вант Гоффом і французьким хіміком Ж. Ле Белем енантіомерії для тетраедричного атома Карбону; передбачення Я. Вант Гоффом існування цис-, транс-ізомерів алкенів, стереοізомерії аленів; уведення в хімічну літературу лордом Кельвіном терміну «хіральний» та розвиток поняття «хіральність» К.Міслоу, Р.Каном, К.Інгольдом і В.Прелогом; створення А.Байером концепції напруг в циклічних системах; відкриття П.Вальденом явища обертання конфігурації в реакціях бімолекулярного заміщення; гіпотеза німецьких хіміків Г. Заксе і Е.Мора про неплоскуну будову циклічних систем; використання рентгеноструктурного аналізу І. Бібутом для визначення абсолютної конфігурації оптично активних сполук. Нобелівські лауреати в галузі стереохімії: Р.Вудворд, Д.Бартон, О.Хассель, В.Прелог, Д.Конфорд, У.Ноулз, Р.Нойорі, Б.Шарплесс. 2. Конформаційна ізомерія [7, 12]. Поняття про конформації. Конформації алканів: затінені, заторможені. Поняття про торсійний (двогранний) кут. Залежність потенціальної енергії конформаційних ізомерів від величини торсійного кута. Порівняння енергій затінених і заторможених конформацій. Конформери. Номенклатура IUPAC конформаційних ізомерів: синперипланарний (sp), антиперипланарний (ap), + синклінальний (+sc), – синклінальний (–sc), + антиклінальний (+ac), – антиклінальний (–ac). Конформаційний аналіз циклічних систем. Малі, звичайні, середні, макроцикли. Напруги: Байера (кутова); Пітцера (торсійна); Ван дер Ваальса; напруга, пов’язана зі зміною довжини зв’язків і кутів. Конформації циклопропану, циклобутану, циклогексану. Стійкість циклічних систем. Конформації циклогексану (роботи Г.Заксе, Е.Мора, Д.Бартон): ванна, крісло, твіст. Інверсія циклогексанового кільця, поняття про аксіальні й екваторіальні C–H зв’язки. Конформації моно- і дизаміщених циклогексанів. Конформації циклогептанів, циклооктанів, циклооктадієнів і циклооктатриєнів. Конформації конденсованих, місткових і каркасних циклічних систем. Конденсовані системи: системи, побудовані з малих циклів. Місткові системи: норборнан (камфора, норкамфора), пінан. Каркасні структури: призмат, тетраедран, кубан, твістан, адамантан. Спірани. Методи дослідження конформаційних ізомерів. 3. Геометрична ізомерія [6, 11]. Будова алкенів і природа цис-, транс-ізомерії. Використання префіксів цис-, транс- для алкенів, син-, анти- для оксимів альдегідів і кетонів. Стереодескриптори Z- і E- у назвах алкенів за IUPAC. Старшинство замісників за системою Кана – Інгольда – Прелога. Поняття про диграф. Взаємоперетворення

геометричних ізомерів. Геометричні ізомери циклоалкенів, алкадієнів, циклоалкадієнів, циклоалканів. Декаліни: транс- і цис-декаліни. Пергідрофенантрени. Стероїди. Стереохімічні дескриптори в стероїдах. 4. Оптична ізомерія [6, 11]. Поняття про асиметричний атом Карбону. Поняття про оптичну активність органічних сполук. Поняття про хіральний атом Карбону, хіральну молекулу. Елементи симетрії: вісь симетрії, площина симетрії, центр симетрії, дзеркально-поворотні осі симетрії. Хіральні атоми Силіцію, Германію, Фосфору, Нітрогену, Арсену, Сульфору. Поняття про центральну, аксіальну й планарну хіральність. 5. Енантіомерія,  $\sigma$ -діастереомерія [6, 7]. Поняття про енантіомери, діастереомери, мезо-, трео-, еритро-форми, рацемат, рацемічну суміш. Поняття про відносну конфігурацію (D-, L-стереохімічні ряди, побудова проєкцій Фішера, просторова будова гліцеролового альдегіду). Поняття про абсолютну конфігурацію (R-, S-стереохімічні ряди, побудова проєкцій Фішера). Принцип пріоритетності Кана – Інгольда – Прелога. Стереоескриптори R- і S- у назвах просторових ізомерів за IUPAC. Енантіомери з центральною хіральністю. Молекули з двома і більше елементами хіральності. Енантіомери з аксіальною хіральністю. Стереоізомерія похідних алену. Стереоізомерія спіранів. Атропоізомерія. Стереоізомерія похідних алкіліденциклоалканів. Конфігураційні індекси сполук з аксіальною хіральністю.  $\sigma$ -Діастереомерія молекул без елементів хіральності. Енантіомери з планарною хіральністю. Хіральні аренові комплекси. Хіральні  $\pi$ -олефінові комплекси. Хіральні циклофани. Конфігураційні індекси сполук з планарною хіральністю. Спіральність. Геліцени. 6. Методи встановлення конфігурації хіральних молекул. Методи розділення стереоізомерів [6, 9, 12]. Хімічні методи встановлення конфігурації. Визначення абсолютної конфігурації за допомогою рентгеноструктурного аналізу. Методи встановлення конфігурації на основі вивчення поглинання поляризованого світла. Методи оптичного порівняння. Методи дисперсії оптичного обертання. Метод кругового дихроїзму. Правило октантів. Метод квазірацематів. Методи розділення стереоізомерів. Розділення енантіомерів шляхом кристалізації. Хімічне розділення енантіомерів через діастереомери. Розділення енантіомерів через комплексні сполуки і сполуки включення. Хроматографічне розділення. Ферментативне розщеплення рацематів. 7. Стереоізомерія у природі: колір, смак, запах. Стереоізомерія: виготовлення матеріалів відповідної просторової будови – полімерів, лікарських засобів, пестицидів [4, 6, 12]. Фундаментальні положення стереохімії, хімія в просторі, класифікація фактичного матеріалу органічної, полімерної, координаційної хімії, біохімії з елементами хіральності. Поняття статичної та динамічної стереохімії, конформаційного аналізу різних класів сполук.

Вражаючи успіхи останніх років у розв'язуванні біологічних проблем зумовлені ефективною адаптацією стереохімічних ідей до об'єктів молекулярної біології, фармакології та біохімії. Стереохімічні уявлення, стереохімічне мислення стає необхідним, перехідним етапом до більш глибокого розуміння багатьох хімічних, біологічних і суміжних з ними дисциплін.

Опанування програмного матеріалу курсу “Ізомерія органічних сполук” забезпечить формування таких знань: про сутність і класифікацію типів ізомерії органічних сполук; про статичну структурну й динамічну ізомерію вуглеводнів та їхніх функціональних похідних; про конформаційну та конфігураційну ізомерію в органічній хімії.

У процесі навчання у студентів мають сформуватись такі уміння: визначати типи ізомерії, характерні для відповідної органічної сполуки; наводити структурні формули ізомерів органічних сполук; використовувати кулестрижневі моделі, проєкції Ньюмена та Фішера для відображення просторової будови ізомерів; називати ізомери за номенклатурою IUPAC, використовуючи принцип пріоритетності Кана – Інгольда – Прелога; визначати в молекулах органічних сполук асиметричний атом Карбону, тип хіральності й елементи симетрії; ідентифікувати оптично активні та неактивні молекули.

Такі методичні підходи дозволять оперувати основними хімічними поняттями в галузі ізомерії органічних сполук, базуючись на принципах системності й функціональності. Курс “Ізомерія органічних сполук” сприятиме формуванню цілісної системи знань про будову та властивості органічних сполук.

### Література

1. Быков Г.В. История стереохимии органических соединений. / Г.В. Быков. – М. : Наука, 1966. – 371 с.
2. Величко Л.П. Теорія і практика навчання органічної хімії у загальноосвітніх навчальних закладах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук: спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання хімії” / Л.П. Величко; Інст. Педагогіки АПН України. – Київ, 2007. – 45 с.
3. Глосарій термінів з хімії / Укладачі Й. Опейда, О. Швайка. – Донецьк: «Вебер» (Донецька філія), 2008. – 758 с.
4. Джоуль Дж., Миллс К. Химия гетероциклических соединений. / Дж. Джоуль, К. Миллс. – М. : Мир, 2004. – 728 с.
5. Заблоцька О.С. Формування знань про структурну організацію органічних речовин у курсі хімії

**Матеріали конференції**  
**(II Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю “Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку”)**

---

- загальноосвітньої школи: дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.02 "Теорія і методика навчання хімії" / О.С. Заблоцька; НПУ ім. М.П. Драгоманова. – Київ, 2004. – 182 с.
6. Илиэл Э.. Основы органической стереохимии. / Илиэл Э., Вайлен С., Дойл М.– М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 703 с.
7. Ковтуненко В.О. Загальна стереохімія. / Ковтуненко В.О. - К.: Кондор, 2009. – 366 с.
8. Ластухін Ю.О. Органічна хімія. / Ю. О. Ластухін, С. А. Воронов. – Львів: Центр Європи, 2001. – 864 с.
9. Марч Дж. Органическая химия. Реакции, механизмы и структура. / Марч Дж. – М.: Мир, 1987. – 381 с.
10. Мойсеюк Н.Є. Педагогіка. Навчальний посібник. 5-е видання, доповнене і перероблене / Мойсеюк Н.Є. – К., 2007. – 656 с.
11. Потапов В.М. Стереохимия. / В. М. Потапов. – М.: Химия, 1988. – 464 с.
12. Реутов О.А. Органическая химия. Ч 2. / О.А.Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 623 с.
13. Черних В.П. Органічна хімія. Кн. 1. Основи будови органічних сполук. / Черних В.П., Зименковський Б.С., Гриценко І.С. – Х.: В-во «Основа», 1993. – 145 с.