


**Біологічна і біоорганічна хімія:
у 2 книгах. Книга 1.
Біоорганічна хімія: підручник**

Про книгу

У підручнику на основі сучасних засад теоретичної органічної хімії викладено будову, хімічні властивості та біологічну роль органічних сполук, які беруть участь у процесах метаболізму людини: низькомолекулярних біорегуляторів (вітамінів, гормонів, інших природних та синтетичних біологічно активних сполук, у тому числі деяких лікарських засобів і токсичних сполук) та біополімерів (вуглеводів, білків, нуклеїнових кислот).  Для студентів і викладачів медичних (фармацевтичних) закладів вищої освіти.

**Б.С. ЗІМЕНКОВСЬКИЙ
В.А. МУЗИЧЕНКО
І.В. НІЖЕНКОВСЬКА
Г.О. СИРОВА**

БІОЛОГІЧНА І БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

За редакцією чл.-кор. НАМН України,
професора **Б.С. ЗІМЕНКОВСЬКОГО**,
професора **І.В. НІЖЕНКОВСЬКОЇ**

У 2 КНИГАХ

1

КНИГА

БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

Третє видання

ЗАТВЕРДЖЕНО

Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів
медичних закладів вищої освіти

ВИДАНО

відповідно до Наказу Міністерства охорони здоров'я України
№ 502 від 22.06.2010 як національний підручник для студентів
медичних закладів вищої освіти

РЕКОМЕНДОВАНО

вченою радою Національного медичного університету імені
О.О. Богомольця до видання як підручник для студентів
медичних закладів вищої освіти

**КИЇВ
ВСВ «МЕДИЦИНА»
2022**

УДК 577.1я73
ББК 547:57(075)
Б63

*Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів
медичних закладів вищої освіти
(лист № 1/11-3466 від 18.03.2016)*

*Видано відповідно до Наказу Міністерства охорони здоров'я України № 502
від 22.06.2010 як національний підручник для студентів
медичних закладів вищої освіти*

*Рекомендовано вченою радою Національного медичного університету
імені О.О. Богомольця до видання як підручник для студентів
медичних закладів вищої освіти
(протокол № 4 від 15.02.2013)*

Рецензенти:

В.П. ЧЕРНИХ, академік НАН України, доктор фармацевтичних наук, доктор хімічних наук, професор, почесний ректор Національного фармацевтичного університету;
В.О. КАЛПАБЧУК, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри медичної та загальної хімії Національного медичного університету імені О.О. Богомольця;
В.П. НОВИКОВ, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка»

Біологічна і біоорганічна хімія : підручник : у 2 кн. Кн. 1. Біоорганічна хімія /
Б63 Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко, І.В. Ніженковська, Г.О. Сирова ; за ред.
Б.С. Зіменковського, І.В. Ніженковської. — 3-є вид. — К. : ВСВ «Медицина»,
2022. — 272 с.

ISBN 978-617-505-849-7

У підручнику на основі сучасних засад теоретичної органічної хімії викладено будову, хімічні властивості та біологічну роль органічних сполук, які беруть участь у процесах метаболізму людини: низькомолекулярних біорегуляторів (вітамінів, гормонів, інших природних та синтетичних біологічно активних сполук, у тому числі деяких лікарських засобів і токсичних сполук) та біополімерів (вуглеводів, білків, нуклеїнових кислот).

Для студентів і викладачів медичних (фармацевтичних) закладів вищої освіти.

УДК 577.1я73
ББК 547:57(075)

ISBN 978-617-505-849-7

© Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко,
І.В. Ніженковська, Г.О. Сирова, 2014, 2022
© ВСВ «Медицина», оформлення, 2022

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Передмова..... | 9 |
| Вступ. ПРЕДМЕТ, ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ ЯК НАУКИ | 11 |
| Частина I. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЧНОЇ ТА БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ. БУДОВА ОРГАНІЧНИХ І БІООРГАНІЧНИХ СПОЛУК | 12 |
| Розділ 1. КЛАСИФІКАЦІЯ І НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК..... | 12 |
| 1.1. Класифікація органічних сполук..... | 12 |
| 1.1.1. Класифікація за способом побудови карбонового скелета..... | 12 |
| 1.1.2. Класифікація за природою функціональної групи | 13 |
| 1.2. Номенклатура органічних сполук | 14 |
| Тести для самоконтролю..... | 17 |
| Завдання для самоконтролю | 17 |
| Розділ 2. БУДОВА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК..... | 18 |
| 2.1. Способи зображення будови органічних молекул..... | 18 |
| 2.2. Ізомерія органічних сполук | 18 |
| 2.2.1. Структурна ізомерія..... | 18 |
| 2.2.2. Просторова ізомерія (стереоізомерія)..... | 19 |
| Тести для самоконтролю..... | 23 |
| Завдання для самоконтролю | 23 |
| Розділ 3. ЕЛЕКТРОННІ УЯВЛЕННЯ В ОРГАНІЧНІЙ ХІМІЇ..... | 24 |
| 3.1. Хімічний зв'язок у біоорганічних молекулах..... | 24 |
| 3.1.1. Будова ковалентних зв'язків | 24 |
| 3.1.2. Характеристики ковалентних зв'язків | 25 |
| 3.2. Електронні ефекти. Взаємний вплив атомів у молекулах..... | 26 |
| 3.2.1. Індукційний ефект | 26 |
| 3.2.2. Мезомерний ефект | 27 |
| 3.3. Класифікація хімічних реакцій і реагентів. Поняття про механізми хімічних реакцій | 28 |
| 3.3.1. Класифікація хімічних реакцій за їх напрямком | 28 |
| 3.3.2. Класифікація хімічних реакцій за способом розриву зв'язку | 28 |
| 3.3.3. Поняття про механізми хімічних реакцій..... | 29 |
| 3.4. Кислотність і основність органічних сполук..... | 29 |
| 3.4.1. Теорія Бренстеда..... | 30 |
| 3.4.2. Теорія Льюїса | 31 |
| Тести для самоконтролю..... | 31 |
| Завдання для самоконтролю | 32 |

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Частина II. ВУГЛЕВОДНІ ТА ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ | 33 |
| Розділ 4. АЦИКЛІЧНІ ВУГЛЕВОДНІ | 33 |
| 4.1. Алкани | 33 |
| 4.1.1. Будова, гомологія, номенклатура, ізомерія..... | 33 |
| 4.1.2. Хімічні властивості | 34 |
| 4.1.3. Промислове та медико-біологічне значення | 35 |
| 4.2. Алкени | 35 |
| 4.2.1. Будова, ізомерія, номенклатура | 35 |
| 4.2.2. Хімічні властивості | 36 |
| 4.3. Алкіни | 38 |
| 4.4. Алкадієни | 38 |
| Тести для самоконтролю | 39 |
| Завдання для самоконтролю | 40 |
| Розділ 5. КАРБОЦИКЛІЧНІ ВУГЛЕВОДНІ | 41 |
| 5.1. Аліциклічні вуглеводні | 41 |
| 5.1.1. Класифікація і номенклатура..... | 41 |
| 5.1.2. Хімічні властивості | 41 |
| 5.1.3. Медико-біологічне значення..... | 42 |
| 5.2. Арени | 42 |
| 5.2.1. Класифікація. Ароматичність | 42 |
| 5.2.2. Номенклатура та ізомерія моноядерних аренів | 43 |
| 5.2.3. Хімічні властивості моноядерних аренів | 43 |
| 5.2.4. Багатоядерні арени | 46 |
| Тести для самоконтролю | 49 |
| Завдання для самоконтролю | 49 |
| Розділ 6. ГАЛОГЕНОПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ | 50 |
| 6.1. Хімічні властивості | 50 |
| 6.1.1. Реакції нуклеофільного заміщення | 50 |
| 6.1.2. Реакції відщеплення (елімінування) | 51 |
| 6.2. Медико-біологічне значення | 51 |
| Тести для самоконтролю | 52 |
| Завдання для самоконтролю | 52 |
| Розділ 7. ГІДРОКСИПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ ТА ЇХ ТІОАНАЛОГИ | 53 |
| 7.1. Одноатомні спирти | 53 |
| 7.1.1. Будова, номенклатура та ізомерія..... | 53 |
| 7.1.2. Хімічні властивості | 54 |
| 7.1.3. Окремі представники | 56 |
| 7.2. Дво- і багатоатомні спирти | 57 |
| 7.2.1. Будова, ізомерія та номенклатура..... | 57 |

| | |
|---|-----------|
| 7.2.2. Хімічні властивості | 57 |
| 7.2.3. Окремі представники | 59 |
| 7.3. Тіоспирти і тіоетери..... | 59 |
| 7.3.1. Будова та номенклатура | 59 |
| 7.3.2. Хімічні властивості | 60 |
| 7.4. Феноли | 62 |
| 7.4.1. Будова, класифікація та номенклатура | 62 |
| 7.4.2. Хімічні властивості | 63 |
| 7.4.3. Медичне застосування..... | 65 |
| Тести для самоконтролю..... | 66 |
| Завдання для самоконтролю | 66 |
| Розділ 8. АМІНИ | 67 |
| 8.1. Класифікація і номенклатура..... | 67 |
| 8.2. Хімічні властивості | 68 |
| 8.3. Біологічна активність і токсичність | 71 |
| Тести для самоконтролю..... | 72 |
| Завдання для самоконтролю | 72 |
| Розділ 9. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ КАРБОНІЛЬНІ СПЛУКИ | 73 |
| 9.1. Будова і номенклатура | 73 |
| 9.2. Хімічні властивості | 74 |
| 9.2.1. Реакції окиснення і відновлення | 74 |
| 9.2.2. Реакції нуклеофільного приєднання..... | 76 |
| 9.2.3. Реакції приєднання – відщеплення | 78 |
| 9.2.4. Реакції конденсації | 80 |
| 9.2.5. Реакції при α -карбонівому атомі | 80 |
| 9.2.6. Реакції полімеризації..... | 81 |
| 9.3. Медико-біологічне значення..... | 81 |
| Тести для самоконтролю..... | 82 |
| Завдання для самоконтролю | 82 |
| Розділ 10. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ ТА ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ..... | 83 |
| 10.1. Монокарбоніві кислоти аліфатичного та ароматичного рядів | 83 |
| 10.1.1. Номенклатура..... | 83 |
| 10.1.2. Хімічні властивості | 84 |
| 10.2. Похідні карбонатної кислоти | 96 |
| 10.3. Дикарбоніві кислоти аліфатичного та ароматичного рядів | 98 |
| 10.3.1. Класифікація, номенклатура..... | 98 |
| 10.3.2. Хімічні властивості | 99 |
| Тести для самоконтролю..... | 101 |
| Завдання для самоконтролю | 101 |

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| Розділ 11. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ СПОЛУКИ | 102 |
| 11.1. Гідроксипохідні амінів | 102 |
| 11.1.1. Аміноспирти..... | 102 |
| 11.1.2. Амінофеноли | 104 |
| 11.2. Гідроксикислоти | 104 |
| 11.2.1. Аліфатичні гідроксикислоти..... | 105 |
| 11.2.2. Ароматичні гідроксикислоти..... | 110 |
| 11.3. Оксокислоти | 112 |
| 11.3.1. Окремі представники оксокислот | 112 |
| 11.3.2. Біосинтез вищих жирних кислот..... | 115 |
| 11.4. Амінокислоти | 117 |
| 11.4.1. Будова амінокислот..... | 117 |
| 11.4.2. Номенклатура та ізомерія амінокислот | 117 |
| 11.4.3. Хімічні властивості..... | 118 |
| 11.5. Похідні пара-амінобензойної і сульфанілової кислот | 121 |
| Тести для самоконтролю..... | 123 |
| Завдання для самоконтролю | 123 |
| | |
| Частина III. БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ | 124 |
| | |
| Розділ 12. ТРИ-, ЧОТИРИ- ТА П'ЯТИЧЛЕННІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ | 124 |
| 12.1. Три- і чотиричленні гетероцикли | 124 |
| 12.2. П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом | 126 |
| 12.2.1. Хімічні властивості | 126 |
| 12.2.2. Окремі представники, що мають медико-біологічне значення..... | 128 |
| 12.3. П'ятичленні гетероцикли з двома гетероатомами | 132 |
| 12.3.1. Оксазол та ізооксазол..... | 132 |
| 12.3.2. Тіазол | 133 |
| 12.3.3. Піразол..... | 133 |
| 12.3.4. Найважливіші похідні піразолу..... | 134 |
| 12.3.5. Імідазол | 134 |
| 12.3.6. Найважливіші похідні імідазолу | 135 |
| Тести для самоконтролю..... | 136 |
| Завдання для самоконтролю | 136 |
| | |
| Розділ 13. ШЕСТИ- І СЕМИЧЛЕННІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ | 137 |
| 13.1. Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом | 137 |
| 13.1.1. Шестичленні гетероцикли з гетероатомом Нітрогену | 137 |
| 13.1.2. Шестичленні гетероцикли з гетероатомом Оксигену | 143 |

| | |
|---|-----|
| 13.2. Шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами | 145 |
| 13.2.1. Шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами Нітрогену | 145 |
| 13.2.2. Шестичленні гетероцикли з гетероатомами Нітрогену і Сульфуру | 148 |
| 13.3. Семичленні гетероцикли | 149 |
| Тести для самоконтролю..... | 150 |
| Завдання для самоконтролю | 150 |
| Розділ 14. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ КОНДЕНСОВАНІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СИСТЕМИ. АЛКАЛОЇДИ | 151 |
| 14.1. Похідні пурину | 151 |
| 14.1.1. Гідроксипохідні пурину | 152 |
| 14.1.2. Амінопохідні пурину..... | 153 |
| 14.2. Похідні птеридину | 154 |
| 14.3. Алкалоїди | 155 |
| 14.3.1. Алкалоїди групи піридину і піперидину | 156 |
| 14.3.2. Алкалоїди групи хіноліну | 156 |
| 14.3.3. Алкалоїди групи ізохіноліну та фенантренизохіноліну | 156 |
| 14.3.4. Алкалоїди групи тропану..... | 157 |
| Тести для самоконтролю | 158 |
| Завдання для самоконтролю | 158 |
| Частина IV. БІОПОЛІМЕРИ ТА БІОРЕГУЛЯТОРИ | 159 |
| Розділ 15. ВУГЛЕВОДИ (ЦУКРИ) | 159 |
| 15.1. Моносахариди (монози) | 160 |
| 15.1.1. Ізомерія | 160 |
| 15.1.2. Таутомерія | 161 |
| 15.1.3. Хімічні властивості | 164 |
| 15.1.4. Окремі представники | 173 |
| 15.1.5. Похідні моносахаридів..... | 175 |
| 15.2. Дисахариди | 177 |
| 15.2.1. Відновні дисахариди | 178 |
| 15.2.2. Невідновні дисахариди | 183 |
| 15.3. Вищі полісахариди | 184 |
| 15.3.1. Гомополісахариди..... | 185 |
| 15.3.2. Гетерополісахариди | 189 |
| Тести для самоконтролю..... | 192 |
| Завдання для самоконтролю | 193 |
| Розділ 16. ПРОТЕЇНОГЕННІ АМІНОКИСЛОТИ, ПЕПТИДИ ТА БІЛКИ ... | 194 |
| 16.1. Протеїногенні амінокислоти та їх властивості | 194 |
| 16.1.1. Ізомерія і будова | 194 |

ЗМІСТ

| | |
|--|------------|
| 16.1.2. Хімічні властивості | 197 |
| 16.2. Пептиди і білки..... | 205 |
| 16.2.1. Амінокислотний склад і амінокислотна послідовність | 205 |
| 16.2.2. Структурна організація білків | 209 |
| 16.2.3. Електрофорез амінокислот і білків | 214 |
| 16.2.4. Класифікація білків | 215 |
| 16.2.5. Якісні реакції на білки | 216 |
| Тести для самоконтролю..... | 217 |
| Завдання для самоконтролю | 217 |
| Розділ 17. НУКЛЕЙНОВІ КИСЛОТИ. КОФЕРМЕНТИ..... | 218 |
| 17.1. Нуклеозиди | 220 |
| 17.2. Нуклеотиди | 221 |
| 17.3. Структура нуклеїнових кислот | 222 |
| 17.3.1. Первинна структура..... | 222 |
| 17.3.2. Вторинна структура ДНК..... | 223 |
| 17.3.3. Будова та функції РНК | 225 |
| 17.4. Коферменти нуклеотидного походження..... | 226 |
| Тести для самоконтролю..... | 229 |
| Завдання для самоконтролю | 229 |
| Розділ 18. ЛІПІДИ..... | 230 |
| 18.1. Омилювані ліпіди | 230 |
| 18.1.1. Прості омилювані ліпіди..... | 230 |
| 18.1.2. Складні омилювані ліпіди..... | 233 |
| 18.2. Неомилювані ліпіди..... | 237 |
| 18.2.1. Терпени..... | 238 |
| 18.2.2. Каротиноїди..... | 240 |
| 18.2.3. Стероїди..... | 241 |
| 18.2.4. Простагландини | 246 |
| Тести для самоконтролю..... | 247 |
| Завдання для самоконтролю | 247 |
| Відповіді на тести для самоконтролю | 248 |
| Список рекомендованої літератури..... | 249 |
| Предметний покажчик..... | 250 |

ПЕРЕДМОВА

Навчальну дисципліну «Біологічна і біоорганічна хімія» для студентів медичних і стоматологічних факультетів структуровано на п'ять модулів. Перший передбачає вивчення біоорганічної хімії, яка створює необхідну теоретичну базу для успішного засвоєння біологічної хімії. Вивчення цих двох дисциплін допоможе засвоїти студентам на молекулярному рівні такі медико-біологічні і медичні дисципліни, як «Фізіологія», «Фармакологія», «Внутрішні хвороби», «Генетика», «Алергологія» та ін. В останні роки викладання у вищих медичних навчальних закладах переведено на кредитно-модульну систему, у зв'язку з чим докорінно змінилися навчальні програми з усіх дисциплін. Тому створення нових сучасних національних підручників є актуальним питанням.

При написанні підручника за основу було взято «Біоорганічну хімію» (Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко), створену з урахуванням сучасних педагогічних технологій.

У запропонованому підручнику викладенню фактичного матеріалу передують розгляд теоретичних аспектів, що стосуються питань номенклатури, структурної та просторової ізомерії біоорганічних сполук, електронних уявлень у біоорганічній хімії, природи хімічних зв'язків, кислотності й основності біоорганічних сполук, класифікації реагентів та хімічних реакцій і на цій основі відомостей про їхні механізми. Такий підхід запропонувала проф. Н.А. Тюкавіна («Биоорганическая химия». — М. : Медицина, 1985). Як свідчить багаторічний досвід викладання біоорганічної хімії, така послідовність викладу матеріалу повністю виправдана, оскільки в подальшому вона значно полегшує студентові засвоїти матеріал про будову та хімічне поведіння продуктів метаболізму.

Із метою створення необхідної теоретичної бази для вивчення таких важливих і складних для засвоєння біоорганічних сполук, як гетерофункціональні, гетероциклічні сполуки, вуглеводи, білки, нуклеїнові кислоти, терпени, каротиноїди, стероїди та ін., у підручнику спочатку розглянуто простіші класи органічних сполук — вуглеводні, їх галогено- та гідроксипохідні, альдегіди, кетони, карбонові кислоти тощо.

Для підвищення професійної мотивації вивчення студентами біоорганічної хімії в підручнику часто вжито медичну термінологію з короткими поясненнями, а також значну увагу приділено розгляду структур, які є не лише звичайними представниками певного класу органічних сполук, а й активними учасниками процесів метаболізму або важливими лікарськими препаратами. У такому аспекті висвітлено хімічні властивості всіх класів органічних сполук. При цьому максимально акцентовано на тих реакціях і хімічних властивостях сполук, що мають аналогії в організмі людини. З метою підвищення професійної зацікавленості студентів у вивченні важливих розділів («Білки», «Ліпіди» та «Нуклеїнові кислоти») у вступній частині до кожного розділу наведено дані про біологічну роль цих сполук в організмі.

ПЕРЕДМОВА

Для того щоб студент під час засвоєння окремих класів біоорганічних сполук краще розумів біологічну роль різних метаболітів, у вступі подано стислі відомості про деякі біорегулятори (вітаміни, гормони, ферменти та коферменти).

Під час укладання матеріалу підручника за основу взято хімічну класифікацію біоорганічних сполук. У зв'язку з цим у книзі опущено такі традиційні для подібних видань розділи, як «Вітаміни», «Коферменти», «Антибіотики». Відомості про ці метаболіти містяться у розділах, де висвітлено відповідні класи біоорганічних сполук. Такий порядок викладу матеріалу сприятиме глибшому і повнішому розумінню біохімічних процесів, що відбуваються в організмі.

Для уникнення фрагментарності знань окремі розділи взаємопов'язані численними посиланнями на попередній або наступний матеріал. Це допоможе студенту засвоїти біоорганічну хімію як предмет загалом.

У зв'язку з широким використанням комп'ютерної техніки в сучасній хімічній літературі все частіше застосовують спрощений спосіб написання структурних формул. Враховуючи це, ми поступово, від розділу до розділу, збільшували кількість спрощених формул, щоб адаптувати студента до умов сьогодення. Підручник виконано в кольорі. Наведено моделі молекул ключових біоорганічних структур, що сприятиме засвоєнню студентом питань, дотичних до їхньої будови.

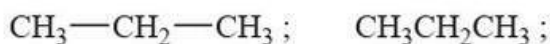
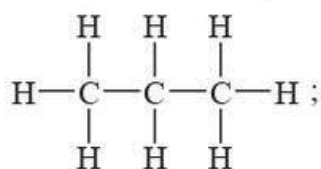
У зв'язку з переходом на кредитно-модульну систему викладання після кожного розділу наведено тести для самоконтролю засвоєння матеріалу, що сприятиме адаптації студентів до тестової форми перевірки знань на практичних заняттях та під час складання підсумкових модулів.

Розділ 2

БУДОВА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

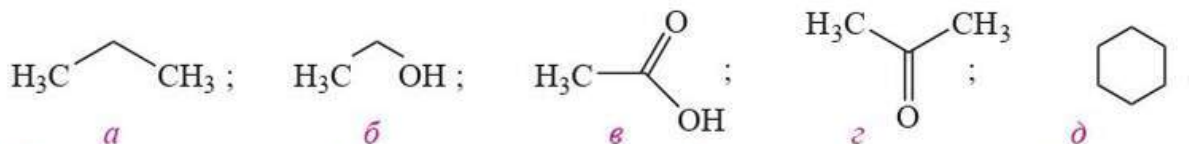
2.1. СПОСОБИ ЗОБРАЖЕННЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ МОЛЕКУЛ

Будову органічних сполук зображують за допомогою структурних формул. Для їх написання використовують символи хімічних елементів, атоми яких сполучені в молекулу. Структурна формула вказує на послідовність сполучення цих атомів і тип хімічного зв'язку, тобто вона несе інформацію про будову хімічної сполуки. Розрізняють графічні й стереохімічні структурні формули. У разі графічних формул усі атоми молекули зображують в одній площині без урахування просторової будови. У структурній формулі природу атомів позначають відповідними символами (С, Н, О, S, N, Cl тощо), а зв'язок між ними — рисками. Кожна риска відповідає електронній парі. Наприклад:



Скорочені структурні формули пропану

Структурна формула пропану



Спрощені структурні формули: *a* — пропану; *б* — етанолу; *в* — оцтової кислоти; *г* — ацетону; *д* — циклогексану

2.2. ІЗОМЕРІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

В органічній хімії часто трапляється явище ізомерії.

Ізомери — сполуки, що мають однаковий якісний і кількісний склад, але різну будову, а отже, і різні фізико-хімічні властивості.

Ізомерія буває двох видів — структурна і просторова (стереоізомерія).

2.2.1. Структурна ізомерія

Структурна ізомерія пов'язана з різним порядком сполучення атомів у молекулі. Її поділяють на ізомерію карбонового ланцюга, ізомерію положення, міжкласову ізомерію (ізомерію функціональних груп) і таутомерію. Структурну ізомерію вивчають у середній школі.

Таутомерію називають самочинний перехід одного ізомеру в інший.

Приклади таутомерії буде розглянуто при відповідних класах органічних сполук.

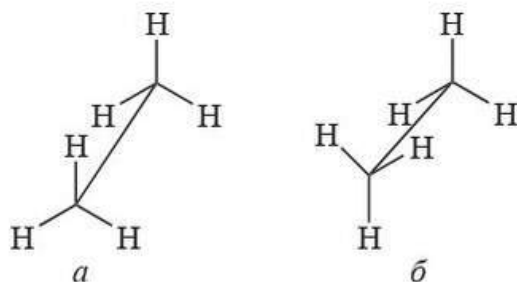
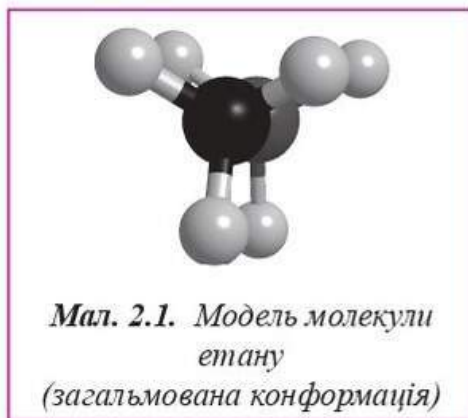
2.2.2. Просторова ізомерія (стереоізомерія)

У разі просторової ізомерії порядок сполучення атомів у молекулі є однаковим. Такі ізомери різняться розміщенням у просторі атомів та атомних груп. Просторову ізомерію поділяють на конформаційну та конфігураційну.

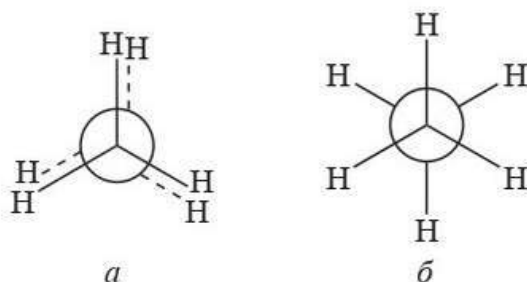
Конформаційні ізомери

Конформації — структури, що виникають у результаті обертання фрагментів молекули відносно одинарного зв'язку.

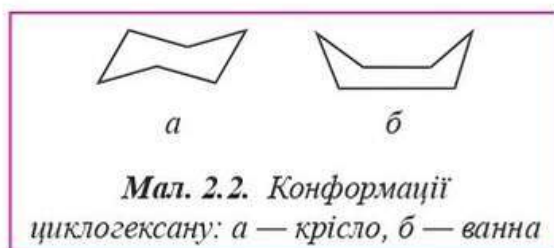
Наприклад, при повороті метильних груп етану утворюється безліч структур, граничними з яких є затінена і загальмована конформації (мал. 2.1). Для їх позначення використовують два способи написання — за допомогою перспективних формул або проєкцій Ньюмена. Перспективні формули конформацій етану: *a* — затінена, *b* — загальмована:



Проекції Ньюмена конформацій етану: *a* — затінена, *b* — загальмована:



Конформації характерні і для деяких циклічних систем, наприклад для циклогексану, який може існувати у формі «крісла» (мал. 2.2, *a*) та «ванни» (мал. 2.2, *b*). Більш стійкою конформацією є форма «крісла».

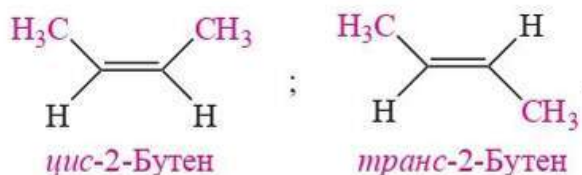


Конфігураційні ізомери

Конфігурація — певне розміщення атомів і атомних груп довкола певного елемента молекули.

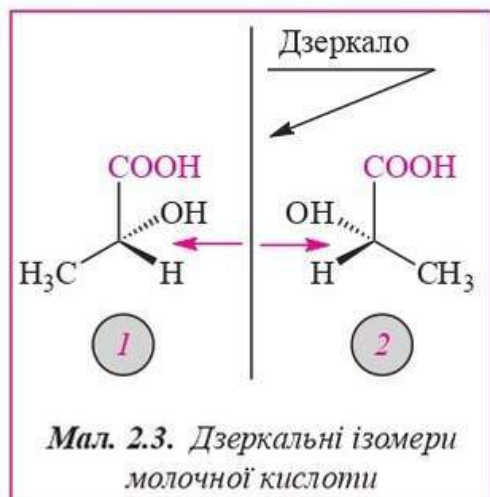
Найчастіше таким елементом молекули є подвійний зв'язок або асиметричний (хіральний) атом Карбону. За цією ознакою конфігураційні ізомери поділяють на два типи: геометричні (*цис-*, *транс-*) та дзеркальні (оптичні).

Геометричні ізомери виникають у результаті різного розміщення атомів і атомних груп молекули відносно подвійного зв'язку:



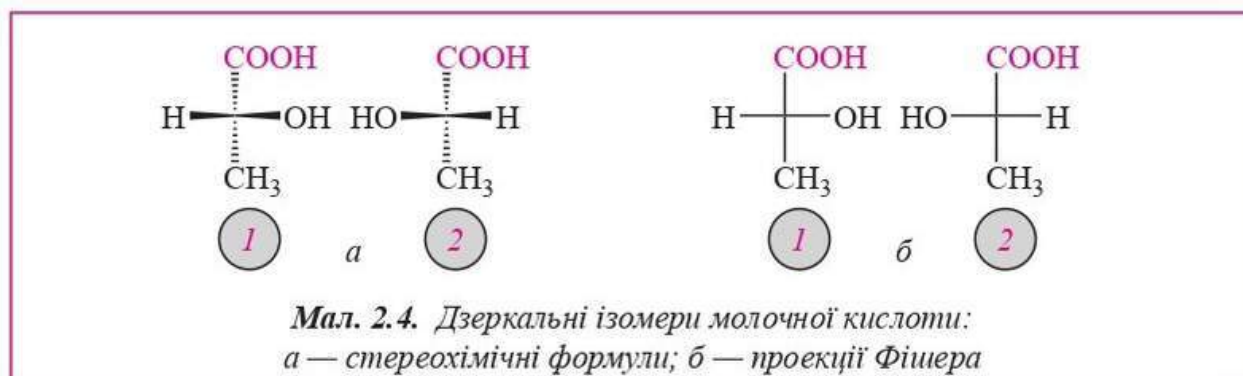
Дзеркальні ізомери виникають у результаті різного розміщення елементів молекули довкола хірального атома Карбону.

Хіральним називають такий атом, у якого всі чотири замісники різні. Його позначають зірочкою — C*.



Дзеркальні ізомери ще називають **енантиомерами**. Вони відрізняються один від іншого як предмет і його дзеркальне відображення. Такі ізомери можна зобразити за допомогою стереохімічних формул, використовуючи для цього *клиноподібні записи* (див. п. 2.1). Розглянемо це на прикладі молочної кислоти (мал. 2.3).

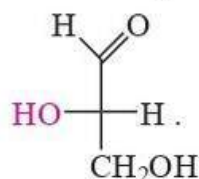
Для спрощеного зображення просторової будови молекул використовують проекційні формули Фішера. При цьому молекулу розглядають з боку, вказаного стрілками на мал. 2.3. З цих позицій сполуки 1 і 2 мають такий вигляд:



Сполуки, що містять асиметричний атом Карбону, є оптично активними.

Оптичною активністю називають здатність речовини повертати на певний кут площину поляризації світла.

Наприклад, один з енантіомерів гліцеринового альдегіду обертає площину поляризації світла вправо, тому його називають *D*-гліцериновим альдегідом (від лат. *dexter* — правий), а інший — вліво. Це є *L*-гліцериновий альдегід (*laevus*-лівий).

*D*-Гліцериновий альдегід*L*-Гліцериновий альдегід

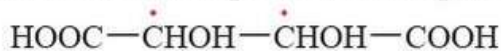
Ізомери *D*- і *L*-рядів називають *оптичними ізомерами*, або *оптичними антіподами*.

Гліцериновий альдегід обрано як конфігураційний стандарт. Сполуки, що за будовою нагадують *D*-гліцериновий альдегід, належать до *D*-стереохімічного ряду, а сполуки, подібні до *L*-гліцеринового альдегіду, — до *L*-стереохімічного ряду. Враховуючи це, сполуку 1 (мал. 2.4) називають *D*-молочною кислотою, а сполуку 2 — *L*-молочною кислотою.

Конфігурація молекули не обов'язково вказує на напрямок обертання площини поляризації світла. Наприклад, *D*-молочна кислота обертає площину поляризації світла ліворуч, а *L*-молочна — праворуч. Правообертальні ізомери позначають знаком «+», лівообертальні — «-». Зважаючи на це, зазначені молочні кислоти можна охарактеризувати символами: *D*(-)-молочна кислота та *L*(+)-молочна кислота. Таким чином, літера *D* вказує на подібність у будові до правообертального гліцеринового альдегіду, а знак «-» — напрямок обертання площини поляризованого світла. Оптичну активність визначають експериментально за допомогою поляриметра. Суміш оптичних ізомерів називають *рацемічною сумішшю*, або *рацематом*. Рацемат є оптично неактивним.

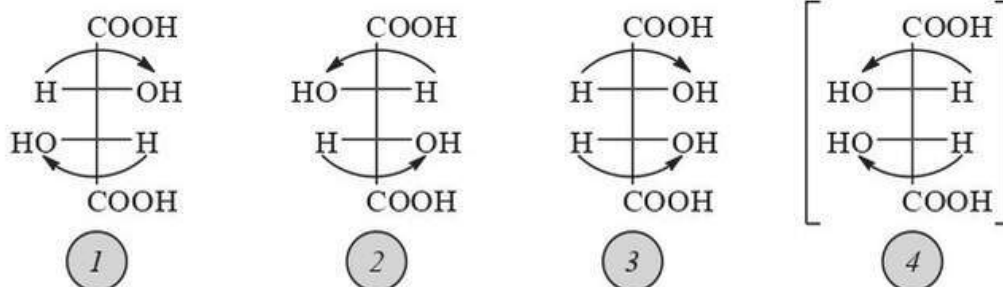
Кількість просторових ізомерів залежить від кількості асиметричних атомів Карбону. Цю залежність виражають формулою $N = 2^n$, де N — кількість просторових ізомерів, n — кількість асиметричних атомів Карбону.

Прикладом сполук із двома асиметричними центрами може бути винна кислота:



Винна кислота

Із формули видно, що винна кислота має існувати у вигляді чотирьох стереоізомерів:

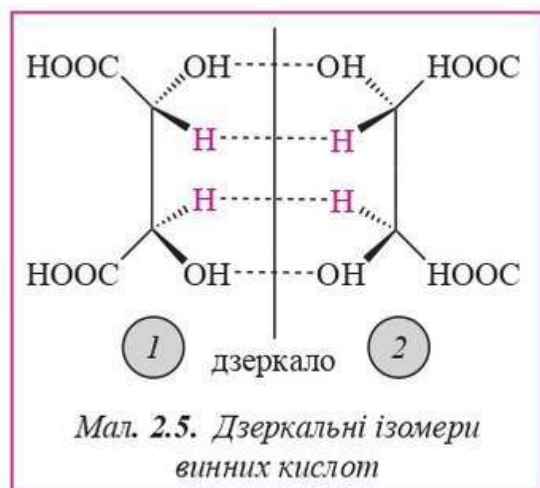


Однак, з огляду на те, що замісники біля обох центрів асиметрії в молекулі винної кислоти однакові, сполуки 3 і 4 є ідентичними. У цьому можна переко-нати, здійснивши поворот сполуки 3 або 4 на 180° , не виходячи з площини ма-люнка. Тому кількість стереоізомерів скорочується до трьох.

У сполуці 1 обидві стрілки спрямовані за годинниковою стрілкою, тому її на-зивають *D*-винною кислотою, а сполуку 2 — *L*-винною кислотою. Літери *D* і *L* вказують на конфігурацію молекули, а знаки в дужках — на напрямок обертання площини поляризації світла: (+) — праворуч, (-) — ліворуч.

Сполука 1 обертає площину поляризації світла праворуч, тому її називають *D*(+)-винною кислотою, а сполука 2 — ліворуч і її називають *L*(-)-винною кис-лотою.

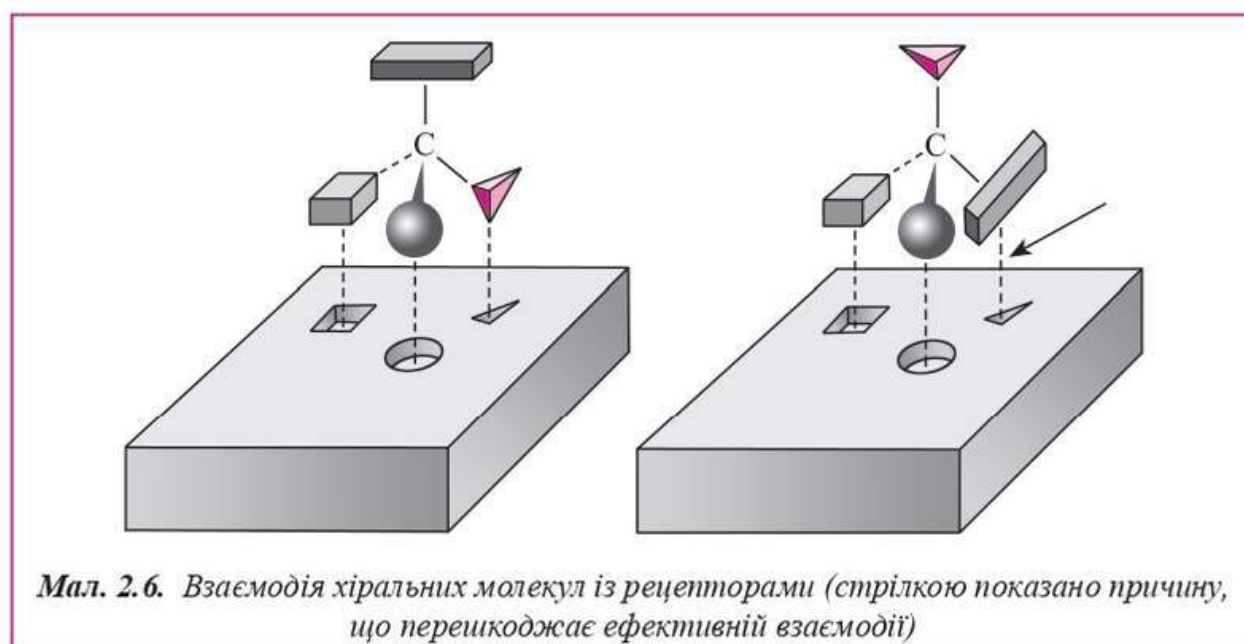
Третім ізомером буде сполука 3 (4), яка містить гідроксильні групи по один бік від вертикальної осі молекули. У цьому разі напрямки стрілок, про-ведених від атома Гідрогену через карбоксильну групу до гідроксильної гру-пи, є протилежними, за рахунок чого здій-снюється взаємна внутрішня компенсація обертання площини поляризації світла. Тому такий ізомер оптично неактивний. Називають його *мезо*-винною кислотою.



є протилежними, за рахунок чого здій-снюється взаємна внутрішня компенсація обертання площини поляризації світла. Тому такий ізомер оптично неактивний. Називають його *мезо*-винною кислотою.

Дзеркальні ізомери винних кислот наве-дено на мал. 2.5.

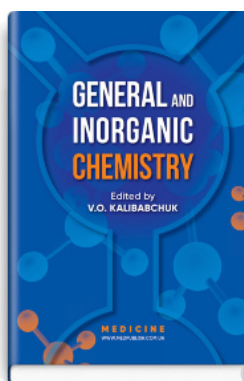
Сполуки, які мають взаємно проти-лежну конфігурацію біля всіх центрів аси-метрії, — *енантиомери*, а сполуки, в яких біля одних асиметричних атомів конфігу-рація однакова, а біля інших — протилеж-



Рекомендована література



Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 книгах. Книга 2. Біологічна хімія: підручник



General and Inorganic Chemistry: textbook



Медична фізіологія за Гайтоном і Голлом: 14-е видання: у 2 томах. Том 1



Медична фізіологія за Гайтоном і Голлом: 14-е видання: у 2 томах. Том 2

Перейти до категорії
Медичні природничі науки

ridmi
ТВІЙ УЛЮБЛЕНИЙ КНИЖКОВИЙ

КУПИТИ