



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

АЛКАНИ ТА АЛКЕНИ

Навчальний посібник
для здобувачів вищої освіти
факультету природничих наук

Київ
НаУКМА
2026

*Рекомендовано до друку згідно з ухвалою Вченої ради
Національного університету «Києво-Могилянська академія»
(протокол № 23 від 30 грудня 2025 року)*

Укладачі:

*Г. Г. Жалніна, канд. хім. наук, доцент кафедри хімії НаУКМА
А. В. Сікач, асистент кафедри хімії НаУКМА*

Рецензенти:

*І. Б. Бичко, канд. хім. наук, старший науковий співробітник
Інституту фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України
М. Я. Вортман, канд. хім. наук, старший науковий співробітник
Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України
Г. А. Побігай, канд. техн. наук, НаУКМА*

О-64 **Органічна хімія. Алкани та алкени** : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти ф-ту природн. наук / Нац. ун-т «Києво-Могилян. акад.» ; уклад.: Г. Г. Жалніна, А. В. Сікач. – Київ : НаУКМА, 2026. – 69 с.

ISBN 978-617-8640-05-7

У посібнику систематизовано основні теоретичні положення щодо основних класів аліфатичних вуглеводнів: алканів та алкенів. Розглянуто підходи до їх номенклатури за міжнародною та раціональною системами, у форматі конспекту узагальнено сучасні підходи до методів їх одержання та основних хімічних перетворень. Видання містить структуровані матеріали для самостійної роботи та опанування тем, зокрема завдання різного рівня складності та приклади розв'язування типових задач, що сприяють поглибленню теоретичних знань і формуванню практичних навичок.

Видання сформовано на основі програми курсу «Органічна хімія 1» Національного університету «Києво-Могилянська академія» та призначене для здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Хімія», а також може бути корисним для здобувачів освіти фармацевтичних і природничих спеціальностей.

УДК 547(076)

ISBN 978-617-8640-05-7

© НаУКМА, 2026

© Г. Г. Жалніна, А. В. Сікач, укладачі, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Алкани.....	5
Контрольні завдання до теми «Алкани».....	13
2. Алкени.....	27
Контрольні завдання до теми «Алкени».....	35
Приклади розв'язання типових завдань.....	48
ДОДАТКИ	
Додаток А. Структурні компоненти назв органічних сполук.....	54
Додаток Б. Побудова структурних ізомерів.....	59
Додаток В. Кількість структурних ізомерів органічних сполук.....	61
Додаток Г. Таблиці спектральних даних.....	62
Список використаних і рекомендованих джерел.....	68

ВСТУП

Однією з ключових форм навчальної діяльності здобувачів вищої освіти в процесі опанування навчальної дисципліни «Органічна хімія» є самостійна робота. Вона дає змогу поглибити розуміння фундаментальних принципів органічної хімії, сформувати навички аналітичного мислення та розвивати науковий підхід до вирішення практичних завдань.

Навчальний посібник «Органічна хімія. Алкани та алкени» розроблено відповідно до програми курсу «Органічна хімія 1» для здобувачів вищої освіти спеціальності «Хімія» факультету природничих наук Національного університету «Києво-Могилянська академія». Він призначений для організації самостійної підготовки студентів до практичних і лабораторних занять, а також для контролю знань та підготовки до контрольних робіт.

Структура посібника забезпечує логічне та послідовне вивчення основних класів органічних сполук – алканів і алкенів. До кожної теми подано стислий виклад теоретичних положень, необхідних для розуміння методів синтезу та реакційної здатності зазначених класів сполук. Контрольні запитання, задачі та приклади їх розв'язання сприяють практичному закріпленню знань. Підібрані завдання мають на меті навчити здобувачів вищої освіти застосовувати теоретичні знання для розв'язання практично орієнтованих хімічних задач, що є важливим етапом у формуванні професійної компетентності майбутніх хіміків.

Особливістю цього посібника є орієнтація на поєднання фундаментальної теоретичної бази з набуттям практичних навичок у розв'язуванні хімічних задач. Це сприяє розвитку здатності здобувачів вищої освіти до самостійного навчання, формуванню навичок аналізу, синтезу та критичного мислення, необхідних для подальшої наукової та професійної діяльності.

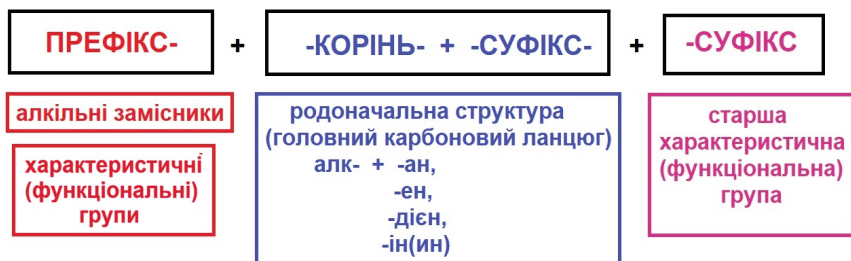
Для ефективного опрацювання матеріалу варто спочатку опанувати основні теоретичні положення теми, користуючись цим посібником та літературою, зазначеною наприкінці. Після цього слід виконати запропоновані контрольні завдання, розв'язати задачі та дати ґрунтовні відповіді на поставлені запитання. Такий підхід дасть змогу не лише засвоїти теоретичний матеріал, а й навчитися практично застосовувати здобуті знання.

1. АЛКАНИ

Номенклатура алканів

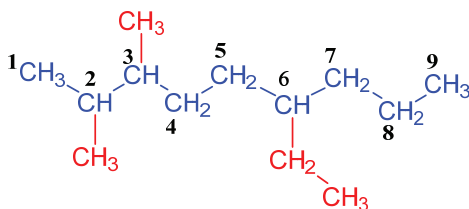
Алкани – насичені вуглеводні ациклічної будови, у молекулах яких атоми Карбону сполучаються між собою одинарними (σ -) зв'язками, із загальною формулою C_nH_{2n+2} , де n – ціле натуральне число. Назви перших чотирьох членів гомологічного ряду алканів нерозгалуженої будови мають *тривіальні* назви: **метан** (CH_4), **етан** (C_2H_6), **пропан** (C_3H_8), **бутан** (C_4H_{10}), а назви наступних (*систематичних міжнародних*) – утворені від грецьких або латинських числівників, що відповідають кількості атомів у карбоновому ланцюзі, з додаванням суфікса **-ан** (наприклад, **пентан** (C_5H_{12}), **гексан** (C_6H_{14}), **гептан** (C_7H_{16}) тощо).

За рекомендаціями Міжнародної спілки теоретичної та практичної хімії (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) назву сполук утворюють як складне слово з трьох елементів:



Назва алканів розгалуженої будови складається з алкільних замісників (структурний фрагмент, утворений відщепленням Гідрогену від молекули алкану) та родоначальної структури:

Алгоритм утворення назв алканів
алкіл- + -алк- + -ан $\Rightarrow$ алкілалкан



Наприклад, для того щоб сформувати назву алкану, потрібно знайти найдовший карбоновий ланцюг у структурній формулі молекули та пронумерувати їх так, щоб замісники мали найменші значення локантів (цифр, що відповідають номерам атомів Карбону в головному ланцюзі). Після цього вказати в алфавітному порядку назви замісників у головному карбоновому ланцюзі у форматі «локант-назва замісника». Якщо однотипних замісників більше ніж один, використовують множинні префікси (див. додаток Г), за потреби повторюючи послідовність, наприклад, «6-етил-2,3-диметил». Завершується назва вказанням головного ланцюга (родонаочної структури) – «нонан». Назву сполуки записують одним словом: **6-етил-2,3-диметилнонан**.

Для побудови назв розгалужених алканів треба вміти утворювати назви алкільних замісників (табл. 1.1):

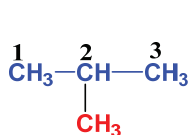
Алгоритм утворення алкільних замісників



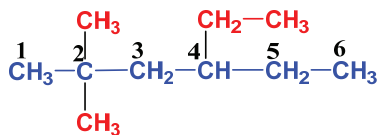
Таблиця 1.1. Структурні формули та назви алкільних замісників

$\text{CH}_3\text{—}$ метил-	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$ етил-	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$ пропіл-
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—CH—} \end{array}$ ізопропіл-	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2\text{)}_2\text{—CH}_2\text{—}$ <i>n</i> -бутил-	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—} \end{array}$ <i>втор</i> -бутил-
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—} \end{array}$ ізобутил-	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <i>трет</i> -бутил-	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2\text{)}_3\text{—CH}_2\text{—}$ <i>n</i> -пентил-
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—} \end{array}$ ізопентил-	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—C—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <i>трет</i> -пентил-	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—CH}_2\text{—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ неопентил-

Приклади міжнародних систематичних назв алканів:



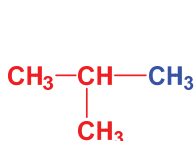
2-метилпропан



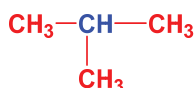
4-етил-2,2-диметилгексан

Рациональні назви алканів утворюються як складне слово з двох компонентів: **корінь** і **префікс**. Коренем завжди є перший представник гомологічного ряду (метан). Префікс складається з переліку алкільних замісників як структурних фрагментів, що заміщують атоми Гідрогену в метані.

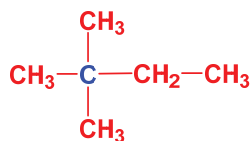
Приклади раціональних назв алканів:



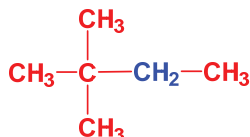
ізопропілметан
або



триметилметан



етилтриметилметан
або



трет-бутилметилметан

Методи одержання алканів

Основними методами одержання алканів є реакції, де початковими речовинами є алкілгалогеніди або солі карбонових кислот. До реакцій одержання алканів із застосуванням алкілгалогенідів належать:

- 1) реакція Вюрца;
- 2) реакція Корі – Хауса;
- 3) реакція з використанням реактивів Гріньяра;
- 4) реакції відновлення алкілгалогенідів (рис. 1.1).

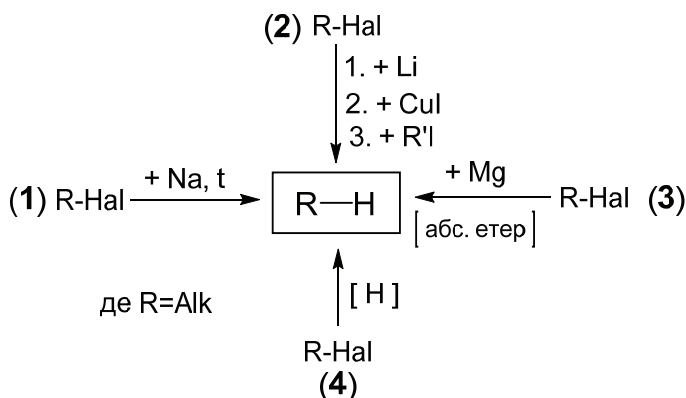


Рис. 1.1. Загальні схеми одержання алканів реакціями із застосуванням алкілгалогенідів

У реакції Вюрца для одержання алкану без побічних продуктів як початкову сполуку використовують лише один алкілгалогенід (R-Hal або R'Hal). У разі одночасного застосування різних алкілгалогенідів утворюється суміш алканів різної структури, що є комбінаціями всіх алкільних залишків у реакційній суміші (рис. 1.2).

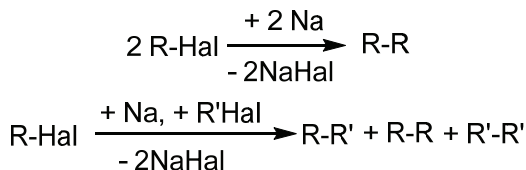


Рис. 1.2. Одержання алканів реакцією Вюрца

Для одержання алканів з алкілгалогенідів різної будови використовують реакцію Корі – Хауса, в якій алкілгалогеніди вступають у реакцію по черговому, що дає змогу одержувати алкан без побічних продуктів (рис. 1.3).

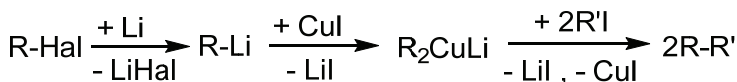


Рис. 1.3. Одержання алканів реакцією Корі – Хауса

Для одержання алканів з алкілгалогенідів незалежно від їхньої структури та більш контрольованого перебігу реакцій застосовують одержання алканів із реактивів Грін'єра (рис. 1.4).

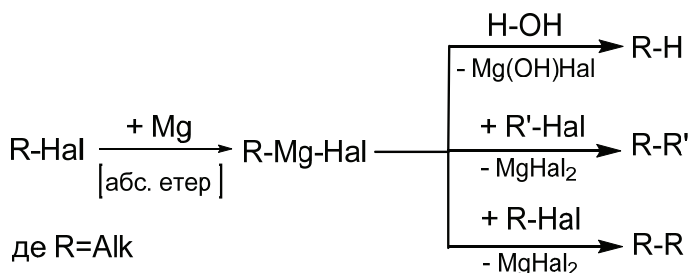


Рис. 1.4. Одержання алканів реакцією Грін'єра

Для одержання алканів із використанням реакцій відновлення застосовують водень у присутності каталізаторів (Pd, Ni) або йодоводень HI (рис. 1.5).

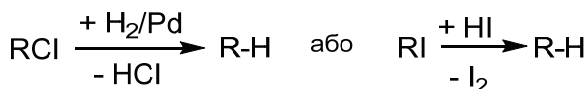


Рис. 1.5. Одержання алканів реакцією відновлення

Для одержання алканів за допомогою реакцій із застосуванням солей карбонових кислот використовують реакцію Воля (рис. 1.6 (1)) та реакцію Кольбе (рис. 1.6 (2)).

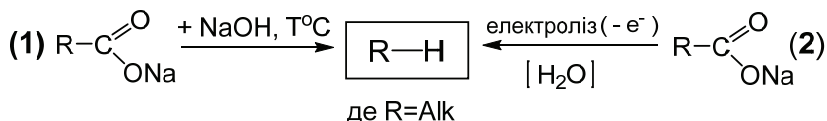


Рис. 1.6. Загальні схеми одержання алканів реакціями із застосуванням солей карбонових кислот

Внаслідок сплавлення солей карбонових кислот із лугами (реакція Воля) утворюються алкани з карбоновими ланцюгами, що мають на один атом Карбону менше порівняно з вихідною сполукою (рис. 1.7).

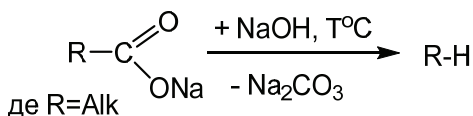


Рис. 1.7. Одержання алканів реакцією Воля

Внаслідок електролізу водних розчинів солей карбонових кислот (реакція Кольбе) утворюються алкани із вдвічі більшою кількістю атомів Карбону порівняно з вихідною сполукою (рис. 1.8).

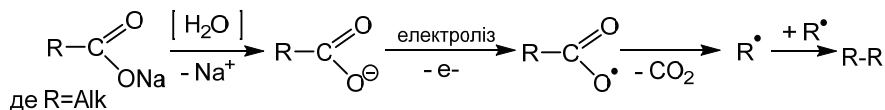


Рис. 1.8. Одержання алканів реакцією Кольбе

Гідруванням ненасичених сполук (алкінів, алкенів) за умов застосування водню в присутності каталізаторів (Pd, Ni) утворюються алкани з тією самою кількістю атомів Карбону та структурою, що відповідає структурі вихідних сполук (рис. 1.9).

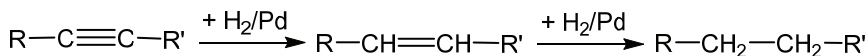


Рис. 1.9. Одержання алканів гідруванням ненасичених сполук

Хімічні властивості алканів

Алкани є повністю насиченими сполуками, тому для них характерні два типи хімічних реакцій: розщеплення зв'язків C-C та заміщення атомів H за радикальним механізмом.

Реакції заміщення (S_R) атома Гідрогену (супроводжуються розщепленням зв'язків C-H) відбуваються за високих температур ($\sim 300^\circ\text{C}$) або в присутності відповідних реагентів унаслідок опромінення ($h\nu$) (рис. 1.10, де R-H відповідає структурі відповідного алкану нерозгалуженої або розгалуженої будови).

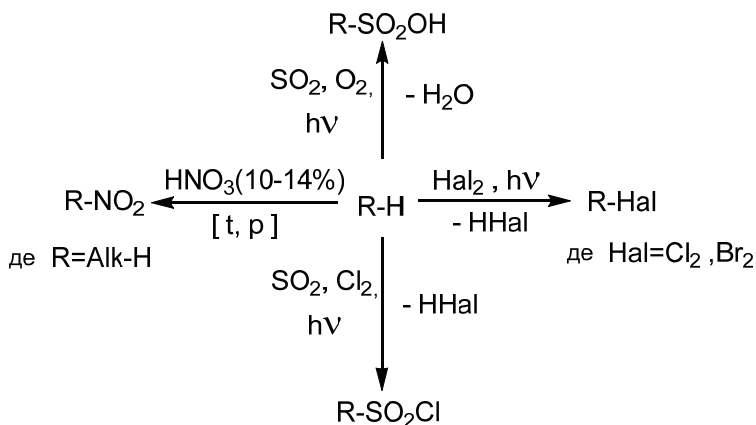


Рис. 1.10. Схеми реакцій заміщення (S_R) алканів

Загальну схему реакції заміщення (S_R) алканів та *радикальний механізм* представлено на прикладі реакції хлорування (рис. 1.11):

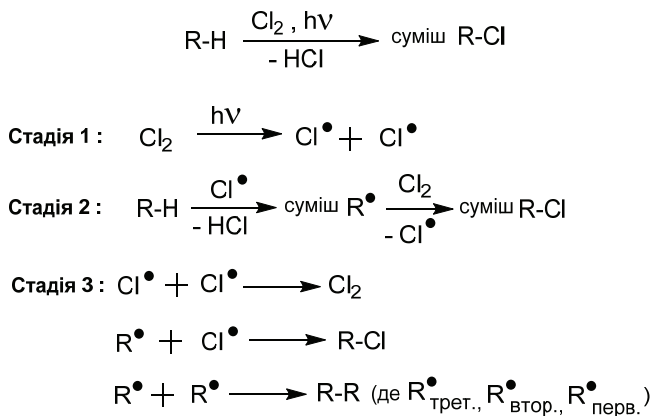


Рис. 1.11. Загальний механізм реакцій радикального заміщення (S_R) алканів

Продуктами цих реакцій є суміш монозаміщених алканів R-X (де X=Hal, NO₂, SO₂Cl, SO₂OH) як усіх можливих третинних, вторинних та первинних похідних відповідно до особливостей перебігу радикального процесу та стеричних утруднень.

Реакціями алканів із розщепленням зв'язків C-C є крекінг, тобто термічне перетворення за температур 450–600 °C (рис. 1.12).

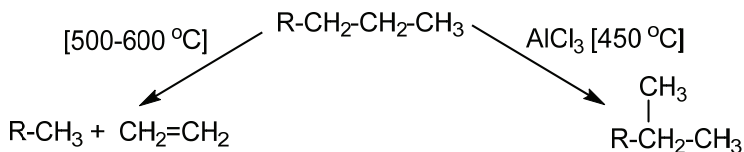


Рис. 1.12. Реакції крекінгу алканів

Продуктами термічного крекінгу є суміш алканів та алкенів, які утворюються в результаті деструкції карбонового ланцюга, тоді як каталітичний крекінг завершується утворенням алканів розгалуженої будови (рис. 1.12).

Дослідження та визначення структури алканів

Для дослідження алканів або визначення їхньої структури хімічні методи не застосовують через високу інертність, тому для визначення віддають перевагу спектральним методам.

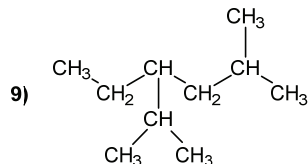
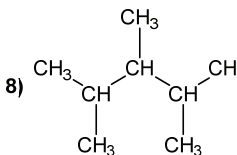
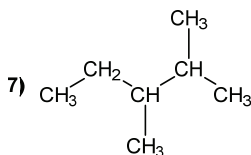
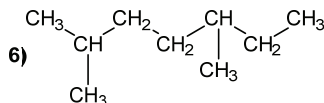
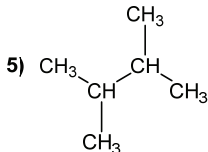
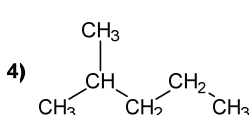
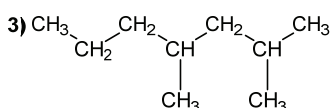
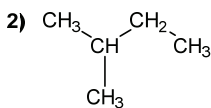
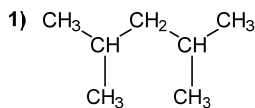
Метод УФ-спектроскопії не є інформативним для дослідження алканів, бо в їхній структурі немає хромофорних груп. Наявність у ІЧ-спектрах алканів смуг поглинання валентних коливань зв'язків C-H ($2850\text{--}2970\text{ см}^{-1}$) та смуг поглинання деформаційних коливань цих зв'язків ($720\text{--}1480\text{ см}^{-1}$) дає можливість підтвердити наявність карбонового ланцюга алканів.

Спектральні характеристики у спектрах ЯМР (хімічні зсуви) алканів мають сигнали атомів Гідрогену (^1H ЯМР) для метильних (CH_3), метиленових (CH_2) і метинових (CH) груп у межах 0,5–2,0 м.ч., а також сигнали хімічних зсувів ядер ^{13}C (^{13}C ЯМР) у діапазоні 10–60 м.ч.

Аналіз мас-спектрів алканів дає змогу розпізнавати не лише наявність, а й порядок сполучення атомів карбонового ланцюга алканів (набір піків фрагментних йонів із різницею у 14 а.о.м.). Максимальними за інтенсивностями в спектрах зазвичай є піки йонів із відношенням маси до заряду (m/z): 43 (C_3H_7^+), 57 (C_4H_9^+), 71 ($\text{C}_5\text{H}_{11}^+$).

Контрольні завдання до теми «АЛКАНИ»

1.1. Назвіть алкани, структурні формули яких наведено нижче, за міжнародною та раціональною номенклатурами:



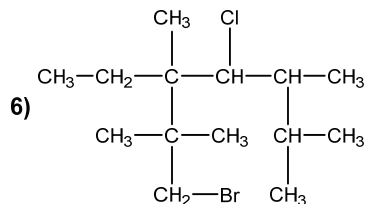
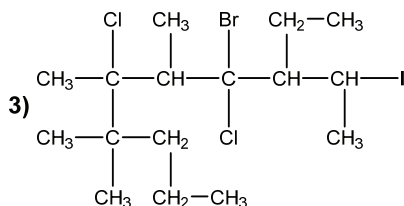
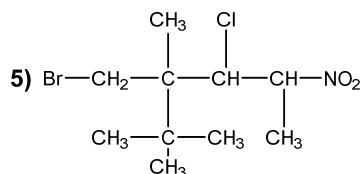
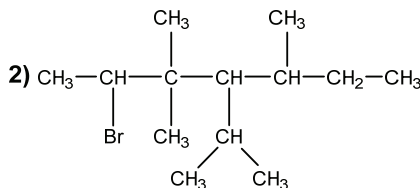
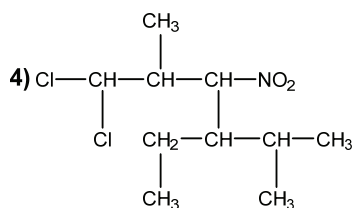
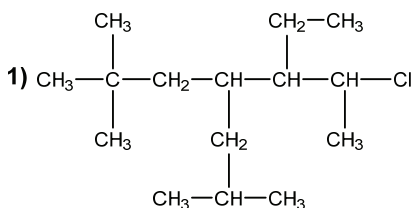
1.2. Наведіть усі структурні ізомери алканів загальної формули C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} . Назвіть їх за міжнародною та раціональною номенклатурами.

1.3. Напишіть структурні формули двох найближчих гомологів гептану, які містять:

- 1) два третинні атоми Карбону;
- 2) один четвертинний атом Карбону;
- 3) один третинний і один четвертинний атоми Карбону;
- 4) два вторинних та один четвертинний атоми Карбону;
- 5) два третинні та один четвертинний атоми Карбону;
- 6) три третинні атоми Карбону;
- 7) два четвертинні атоми Карбону.

1.4. Напишіть структурні формули розгалужених ізомерів алкану C_9H_{18} , головний карбоновий ланцюг яких складається із шести атомів Карбону. Назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

1.5. Назвіть за міжнародною номенклатурою похідні алканів, структурні формули яких наведено нижче, та вкажіть кількість первинних, вторинних, третинних та четвертинних атомів Карбону в цих сполуках:



1.6. Напишіть структурні формули алканів, які є ізомерами ізопропілтриметилметану. Назвіть їх за міжнародною та раціональною номенклатурами.

1.7. Чи правильно утворено назви таких алканів:

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1) 1-метил-3-етилнонан; | 4) 2,5-диетилгептан; |
| 2) 3-метилгептан; | 5) 2-метил-3-ізопропілпентан; |
| 3) 2,2,5-триметилгептан; | 6) 2-ізопропілбутан. |

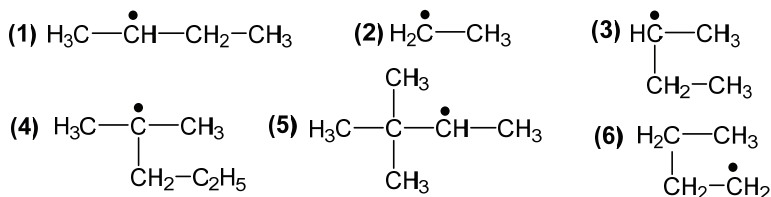
Напишіть структурні формули цих алканів і назвіть їх за міжнародною та раціональною номенклатурами.

1.8. Напишіть структурні формули таких алканів:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1) метилізопропілдиетер-бутилметан; | 4) диметилізопропілметан; |
| 2) трет.бутилметилметан; | 5) ізопропілметан; |
| 3) диметилетер.бутилметан; | 6) трет.бутилетилметилметан. |
- Назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

1.9. Поясніть природу σ -зв'язку в молекулах алканів, sp^3 -гібридизацію зв'язків та зобразіть атомно-орбітальну модель етану.

1.10. У процесі розщеплення зв'язку C-H утворюються алкільні радикальні частинки. Зобразіть атомно-орбітальну модель вказаних алкільних радикальних частинок:



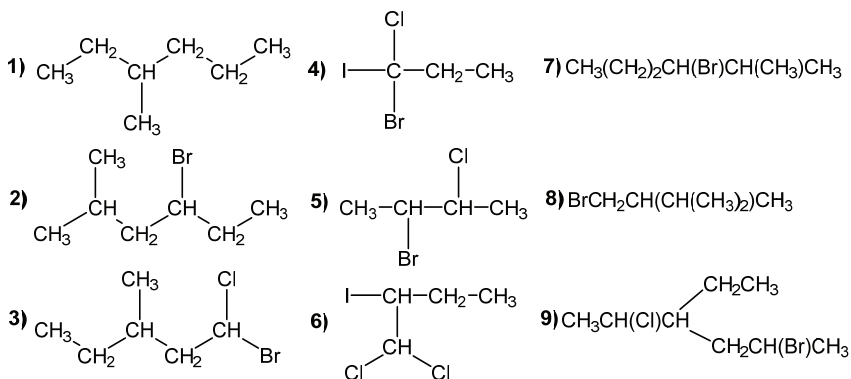
Вкажіть, які з них є первинними, вторинними та третинними радикальними частинками.

1.11. Надайте визначення таких понять: «гомолог», «ізомер», «конфігурація», «конформація», «стереоізомер». Поясніть принцип вільного обертання вздовж σ -зв'язку.

1.12. Напишіть три приклади структурних формул алканів, які є оптичними ізомерами. Визначте конфігурацію (R або S) асиметричного атома Карбону. Зобразіть ці сполуки у вигляді клиноподібних формул та назвіть ці ізомери за правилами міжнародної номенклатури (R, S-системи Кана – Інгольда – Прелога).

1.13. Зобразіть вказані сполуки у вигляді клиноподібних формул, вказавши R- та S-конфігурацію асиметричного атома Карбону.

Назвіть ці ізомери за правилами міжнародної номенклатури (R, S-системи Кана – Інгольда – Прелога).



1.14. Вкажіть усі алкілгалогеніди, які під час взаємодії з металічним натрієм можуть утворити такі алкани:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1) 3-метилгексан; | 4) 3,5-диметилгептан; |
| 2) 2,3-диметилпентан; | 5) 3-етил-2-метилгексан; |
| 3) 2,2,3-триметилпентан; | 6) 3-метилпентан. |

Напишіть схеми всіх реакцій. Назвіть усі алкілгалогеніди за міжнародною номенклатурою.

1.15. Напишіть схеми реакцій взаємодії вказаних алкілгалогенідів із металічним натрієм (реакція Вюрца) та назвіть основні і побічні продукти за міжнародною номенклатурою:

- 1) 1-хлоропропан і 1-хлоробутан;
- 2) метилбромід та ізопропілбромід;
- 3) *втор.*-бутильодид і пропілйодид;
- 4) 2-хлоропентан та 3-хлоропентан;
- 5) пропілхлорид та ізобутилхлорид;
- 6) етилбромід та ізопентилбромід.

1.16. Гідруванням яких алкенів можна одержати такі алкани:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1) етилдиметилметан; | 4) <i>трет.</i> бутилметилметан; |
| 2) диметил <i>втор.</i> бутилметан; | 5) диметилізопропілметан; |
| 3) ізопропілметан; | 6) <i>трет.</i> бутилетилметилметан. |

Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть алкени та алкани за міжнародною номенклатурою.

1.17. Які алкани утворюються внаслідок відновлення таких алкілгалогенідів:

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| 1) ізопропілбромід; | 4) <i>втор.</i> -бутильодид; |
| 2) ізопентилхлорид; | 5) ізогексилхлорид; |
| 3) неопентилбромід; | 6) <i>трет.</i> -бутилбромід. |

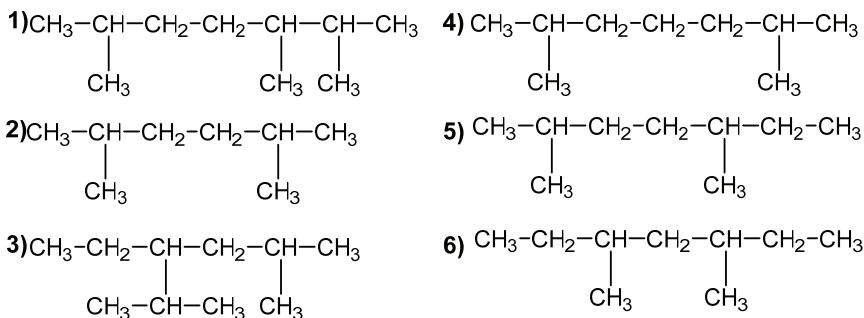
Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісниковою) номенклатурою.

1.18. Напишіть схеми та умови синтезу вказаних алканів методом Грін'єра або Корі – Хауса, де початковою сполукою є 1-бromo-4-метилпентан:

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1) 2-метилпентан; | 4) 2-метилгексан; |
| 2) 2,3,7-триметилпентан; | 5) 2,6-диметилгептан; |
| 3) 2,9-диметилдекан; | 6) 2-метил-7-ізопропілннан. |

Назвіть усі необхідні органічні сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.19. Запропонуйте щонайменше 2 способи синтезу вказаних алканів. Назвіть їх за міжнародною номенклатурою.



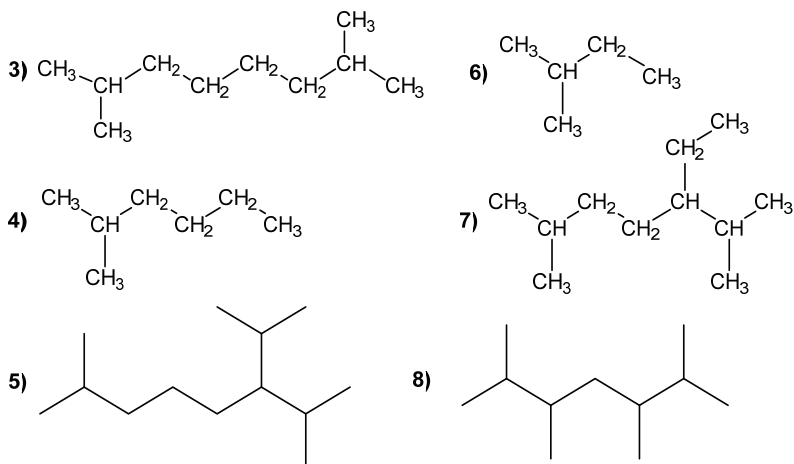
1.20. Напишіть схеми та умови синтезу вказаних алканів електролізом водних розчинів натрієвих солей таких карбонових кислот:

- 1) пропіонової; 2) ізомасляної;
- 3) мурашиної; 4) етилметилоцтової;
- 5) диметилоцтової; 6) ізовалеріанової.

Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісниковою) номенклатурою.

1.21. Напишіть схеми та умови синтезу вказаних алканів методом Гріньяра або Корі – Хауса, де початковою сполукою є ізопентилхлорид:

- 1) 2,6,5-триметилгептан; 2) диметилетилметан;



Назвіть усі необхідні органічні сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.22. Напишіть схеми та умови синтезу вказаних алканів сплавленням натрієвих солей вказаних карбонових кислот із калій гідроксидом (метод Воля):

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1) пропіонової; | 2) ізомасляної; |
| 3) мурашиної; | 4) етилметилоцтової; |
| 5) диметилоцтової; | 6) ізовалеріанової. |

Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісничковою) номенклатурою.

1.23. Напишіть схеми та умови синтезу вказаних алканів за двома різними способами одержання:

- 1) етилметилізопропілметан;
- 2) етилдиметилметан;
- 3) ізобутилізопропілметан.

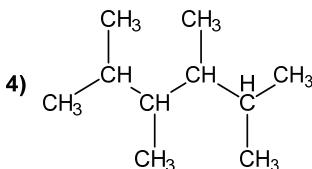
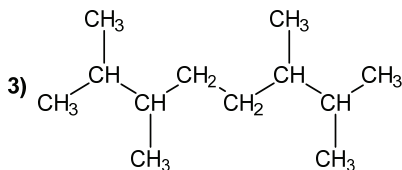
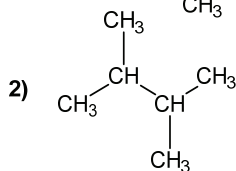
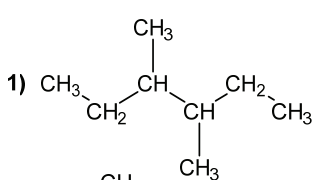
Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісничковою) номенклатурою.

1.24. Перетворіть ізобутилбромід та пропілйодид в алкан:

- 1) з такою самою кількістю атомів Карбону і такою самою структурою карбонового ланцюга;
- 2) із подвоєною кількістю атомів Карбону.

Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісничковою) номенклатурою.

1.25. Напишіть схеми та умови одержання вказаних алканів електролізом водного розчину калієвої солі відповідної карбонової кислоти, назвіть її за міжнародною (замісничковою) номенклатурою. Наведіть механізм цього перетворення.



1.26. Скільки варіантів синтезу ізогексану можна запропонувати за наявності будь-яких алкілгалогенідів від C1 до C4? Напишіть умови

і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісничковою) номенклатурою.

1.27. Напишіть схему, умови та продукти вказаної реакції заміщення (S_R) з отриманням монозаміщених похідних на прикладі 2-метилпропану (ізобутану):

- 1) хлорування;
- 2) бромовання;
- 3) сульфохлорування;
- 4) рідкофазного нітрування (за умовами Коновалова).

Наведіть стадії радикального механізму кожної з цих реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.28. Напишіть схему, умови та продукти вказаної реакції заміщення (S_R) з отриманням монозаміщених похідних на прикладі 2-метилпентану:

- 1) хлорування;
- 2) бромовання;
- 3) сульфохлорування;
- 4) рідкофазного нітрування;
- 5) газозфазного нітрування.

Наведіть стадії радикального механізму цієї реакції. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.29. Напишіть схему, умови та продукти вказаної реакції заміщення (S_R) з отриманням монозаміщених похідних на прикладі 2,3-диметилпентану:

- 1) хлорування;
- 2) бромовання;
- 3) сульфохлорування;
- 4) рідкофазного нітрування;
- 5) газозфазного нітрування.

Наведіть стадії радикального механізму цієї реакції. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.30. Напишіть схему, умови та моногалогенопохідні в реакції фотохімічного бромовання і хлорування на прикладі 3-метилпентану. Назвіть їх за міжнародною номенклатурою. Поясніть відмінності в перебігу та продуктах цих перетворень.

1.31. Які мононітросполуки утворюються в умовах рідкофазного нітрування (реакція Коновалова) для кожного з таких алканів:

- 1) бутан та ізобутан;
- 2) ізогексан та пентан;
- 3) октан та 2,2,4-триметилпентан;
- 4) етилметан та ізопропілметан.

Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Наведіть механізм нітрування одного з алканів. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою. Порівняйте ізомерний склад синтезованих мононітросполук та їх вміст (%) у продуктах реакції цих двох алканів.

Поясніть, чи зміниться склад і вміст продуктів мононітрування при проведенні газозфазного нітрування (наведіть умови і схеми цих реакцій).

1.32. Напишіть схему, умови та продукти сульфохлорування вказаних алканів:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1) бутан; | 5) 2-метилбутан; |
| 2) 2-метилпропан; | 6) 3-етилгексан; |
| 3) 3-метилпентан; | 7) 2,3-диметилбутан; |
| 4) 2,5-диметилгексан; | 8) 3,5-диметилгептан. |

Наведіть стадії механізму цього сульфохлорування. Назвіть усі сполуки. Порівняйте склад синтезованих моноссульфохлоридів та їх вміст (%) із продуктами хлорування цих алканів. Наведіть схему, умови та продукти цих перетворень. Назвіть усі монохлоралкани за міжнародною номенклатурою.

1.33. Напишіть схему, умови та продукти термічного та каталітичного крекінгу таких алканів:

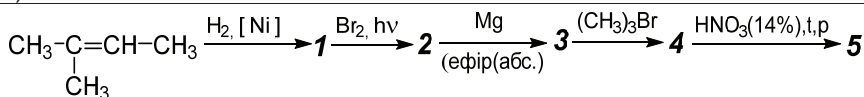
- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1) етилметан; | 6) етилпропілметан; |
| 2) метилетилметан; | 7) бутилпропілметан; |
| 3) диетилметан; | 8) метилпропілметан; |
| 4) метилпропілметан; | 9) втор.бутилізопропілметан; |
| 5) ізобутилметилметан; | 10) неопентилізопропілметан. |

Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісничковою) номенклатурою.

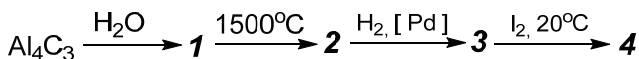
1.34. Визначте структуру C_5H_{12} , якщо при нітруванні за умов Коновалова утворюється одна мононітросполука. Синтезуйте визначений вуглеводень із відповідних алкілгалогеніду та карбонової кислоти. Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісничковою) номенклатурою. Наведіть механізм реакції нітрування.

1.35. Здійсніть такі перетворення, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою:

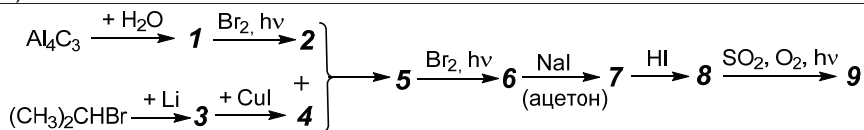
1)



2)



3)



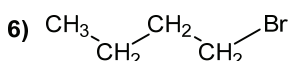
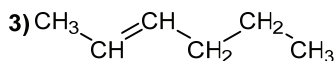
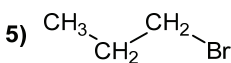
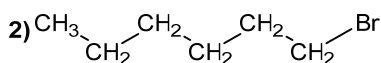
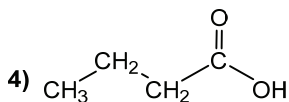
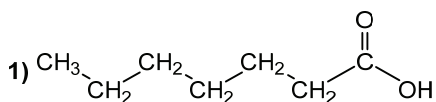
1.36. Визначте структуру C_8H_{18} , якщо:

- 1) добути його можна за методом Кольбе без побічних сполук;
- 2) в умовах нітрування за Коноваловим і сульфохлорування утворюється різний склад монопохідних;
- 3) синтез його методом Грін'єра потребує використання вторинного алкілгалогеніду.

Напишіть умови і схеми всіх реакцій. Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісниковою) номенклатурою.

1.37. У результаті взаємодії $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{MgBr}$ (ізобутилмагнійбромід) з етилбромідом синтезовано алкан. Напишіть схему цієї реакції для визначення структури, назвіть його за міжнародною та раціональною номенклатурами. Наведіть початкову сполуку, умови та схему його одержання за умов реакції Корі – Хауса та Кольбе. Назвіть її за міжнародною (замісниковою) номенклатурою.

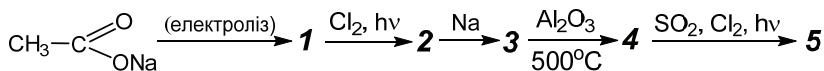
1.38. Напишіть умови і схеми перетворень для одержання гексану з таких початкових сполук:



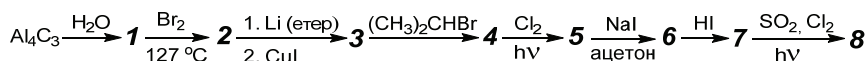
Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісниковою) номенклатурою.

1.39. Здійсніть такі перетворення, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою:

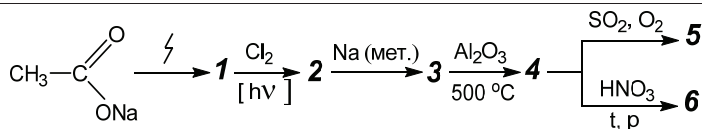
1)



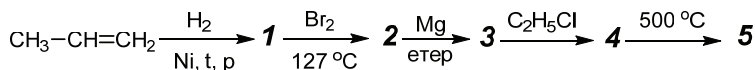
2)



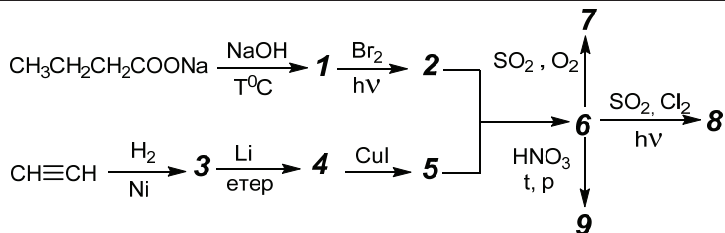
3)



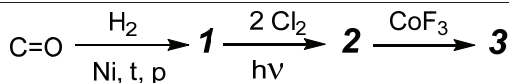
4)



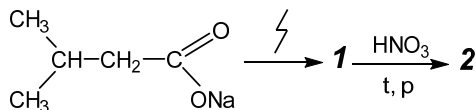
5)



6)



7)



1.40. Визначте молекулярну і структурну формулу насиченого вуглеводню, якщо:

- 1) масова частка Карбону становить 82,6 %;
- 2) в умовах галогенування цього алкану утворюються лише два алкілгалогеніди у співвідношенні 1 : 1600.

Напишіть умови і схему синтезу визначеного алкану за умов Грін'єра. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.41. Визначте молекулярну і структурну формулу насиченого вуглеводню, якщо:

- 1) масова частка Карбону становить 83,72 %;
- 2) його можна одержати з алкілгалогеніду реакцією з металічним натрієм.

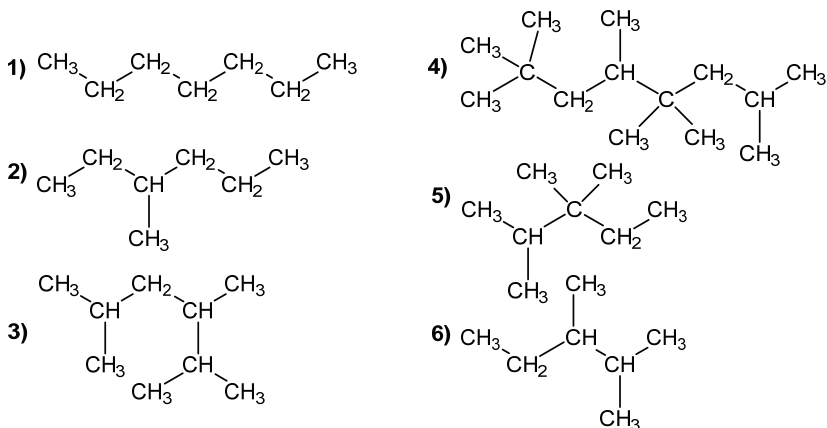
Напишіть умови і схему синтезу визначеного алкану відповідно до умов та вкажіть співвідношення продуктів реакції галогенування. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.42. Визначте молекулярну і структурну формулу алкану, якщо:

- 1) монобромпохідна алкану містить 58,4 % Брому;
- 2) в умовах сульфохлорування утворюється лише одна похідна.

Напишіть умови і схему синтезу визначеного алкану за умов Грін'єра. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.43. Визначте очікувану масову частку (%) кожного з ізомерних монохлоропохідних (Cl_2 , 300 °C) вказаного алкану, взявши до уваги відношення швидкостей реакції при первинному, вторинному та третинному атомах Карбону (1 : 3,25 : 4):



Напишіть умови і схему монохлорування кожного алкану відповідно та вкажіть співвідношення продуктів реакції галогенування. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.44. Визначте молекулярну і структурну формулу алкану, якщо:

- 1) монохлорпохідна алкану містить 33,33 % Хлору;
- 2) в умовах газозфазного нітрування утворюється лише одна похідна.

Напишіть умови і схему синтезу визначеного алкану за умов Гріньяра. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.45. При сплавленні натрієвої солі одноосновної карбонової кислоти з натрій гідроксидом виділилося 11,2 л газоподібної органічної речовини (1 л цієї речовини за н.у. має масу 1,965 г). Визначте масу цієї солі, склад газу, що виділився, структури всіх органічних речовин та їх ізомери, напишіть схему наведеного перетворення.

1.46. Визначте молекулярну формулу дихлоралкану, якщо вміст у ньому атомів Гідрогену становить 5,31 % за масою. Наведіть структурні формули всіх ізомерів цього визначеного дихлороалкану і назвіть їх за міжнародною (радикал-функціональною) номенклатурою.

1.47. Скільки літрів метану (н.у.) можна отримати внаслідок гідролізу 6 г метилмагнійброміду, якщо вихід реакції становить 95 %? Напишіть схеми вказаних перетворень, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

1.48. У результаті термічного розкладу 25 г натрій етаноату утворилося 3 г метану. Напишіть схеми вказаних перетворень, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою, розрахуйте вихід реакції у %.

1.49. У процесі хлорування 1,8 г пропану в умовах опромінення утворилося 2,1 г суміші монохлорпропанів. Розрахуйте вихід хлорпохідних у % за реакцією. Напишіть умови і схему реакції, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою, вкажіть вміст (%) кожної монохлорпохідної у складі суміші.

1.50. Визначте молекулярну формулу дибромалкану, якщо вміст у ньому атомів Карбону становить 26 % за масою. Наведіть структурні формули всіх ізомерів цього визначеного дибромалкану і назвіть їх за міжнародною (радикал-функціональною) номенклатурою.

1.51. Визначте будову алкану C_9H_{20} , якщо у його спектрі 1H ЯМР спостерігаються два синглети біля δ 0.98 м.ч. та δ 1.26 м.ч. зі співвідношенням інтенсивностей 9 : 1. Відповідь обґрунтуйте.

1.52. У результаті термічного крекінгу октанової фракції нафти було одержано суміш продуктів, яку розподілили в ректифікаційній колонці. ІЧ-спектр однієї з таких фракцій представлено на рис. 1.13.

Проаналізувавши ІЧ-спектр, визначте: 1) який вуглеводень (алкан чи алкен) містить ця фракція; 2) якою є молекулярна формула цього вуглеводню з масовою часткою атомів Карбону 83,24 %.

Відповідь обґрунтуйте.

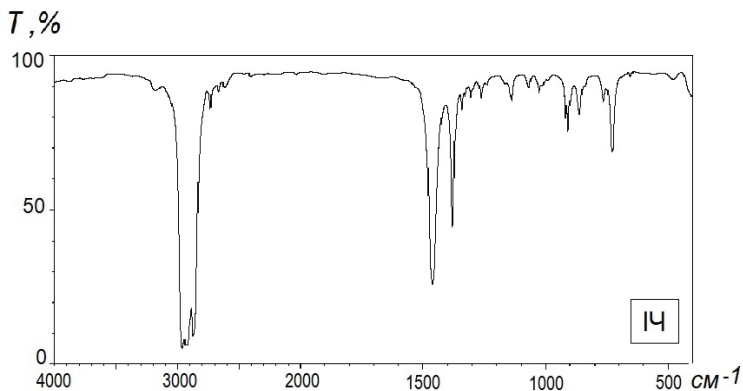


Рис. 1.13. ІЧ-спектр фракції термічного крекінгу

1.53. В умовах газофазного (400 °С) нітрування пропану одержують суміш 1-нітропропану, 2-нітропропану, нітроетану та нітрометану. Якому продукту реакції відповідає спектр ^1H ЯМР, де спостерігаються два триплети біля δ 0.95 м.ч. та δ 4.5 м.ч., а також секстет біля δ 2.0 м.ч. із відношенням інтенсивностей сигналів 3 : 2 : 2 відповідно.

Відповідь обґрунтуйте віднесенням спектральних даних наданого спектра до структури визначеного продукту реакції.

1.54. Визначте молекулярну і структурну формулу ізомерів алкану, якщо масова частка атомів Карбону становить 84,12 %. Мас-спектри цих ізомерів представлено на рис. 1.14 (а, б). Відповідь обґрунтуйте.

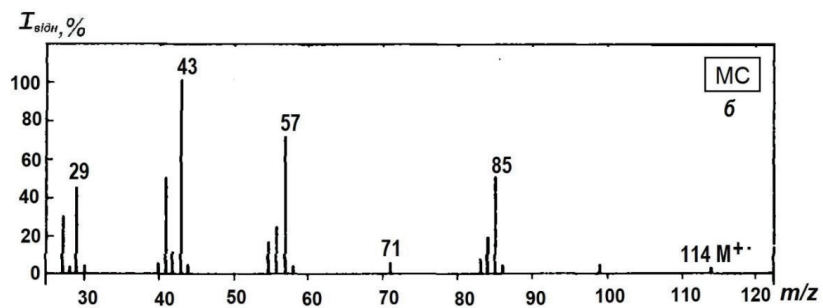
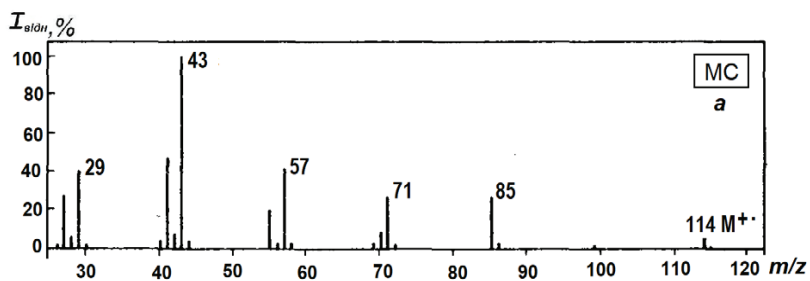


Рис. 1.14. Мас-спектри ізомерів алкану (а, б)

2. АЛКЕНИ

Номенклатура алкенів

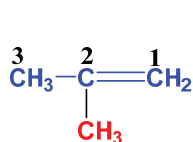
Алкени – ненасичені вуглеводні ациклічної будови з одним подвійним С=С-зв'язком, де атоми Карбону сполучаються між собою за допомогою σ - та π -зв'язків. Загальною формулою гомологічного ряду алкенів є C_nH_{2n} , де n – ціле натуральне число. Назви членів гомологічного ряду алкенів нерозгалуженої будови утворюються від назв відповідних за кількістю атомів Карбону алканів та замінюють суфікс кореня на **-ен** замість **-ан**. Першим представником ряду є **етен** (C_2H_4), що має тривіальну назву етилен.

Назва алкенів розгалуженої будови складається з алкільних замісників (структурний фрагмент, утворений відщепленням Гідрогену від молекули алкану) та родоначальної структури:

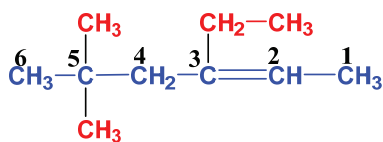
Алгоритм утворення назв алкенів

алкіл- + -алк- + -ен $\Rightarrow$ алкілалкен

Приклади міжнародних систематичних назв алкенів



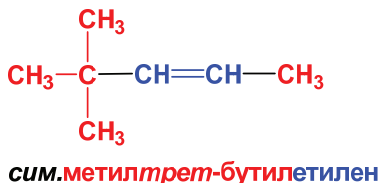
2-метилпроп-1-ен



3-етил-5,5-диметилгекс-2-ен

Рациональні назви алкенів утворюються як складне слово з таких двох компонентів: *корінь* (етилен як перший представник гомологічного ряду алкенів) та *префікс* (перелік алкільних замісників як структурних фрагментів, що заміщують атоми Гідрогену біля атомів Карбону подвійного зв'язку в етилені). Для позначення розташування замісників відносно подвійного зв'язку використовують префікс *сим.* (замісники по один бік подвійного зв'язку) або префікс *несим.* (замісники по різні боки подвійного зв'язку). У деяких випадках для визначення позиції замісників позначають атоми Карбону С=С-зв'язку літерами α та β .

Приклади раціональних назв алкенів



Для побудови назв алкенільних замісників (одновалентних) використовують додавання **-іл** до назви алкену за міжнародною номенклатурою або тривіальні назви (позначено *) (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Структурні формули та назви алкенільних замісників

$\text{CH}_2 = \text{CH} -$ етеніл (вініл*)	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} -$ проп-1-еніл	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 -$ проп-2-еніл (аліл*)
$\overset{4}{\text{CH}_3} - \overset{3}{\text{CH}_2} - \overset{2}{\text{CH}} = \overset{1}{\text{CH}} -$ бут-1-еніл	$\overset{4}{\text{CH}_3} - \overset{3}{\text{CH}} = \overset{2}{\text{CH}} - \overset{1}{\text{CH}_2} -$ бут-2-еніл	$\overset{4}{\text{CH}_2} = \overset{3}{\text{CH}} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{CH}_2} -$ бут-3-еніл

Методи одержання алкенів

Основними методами одержання алкенів є реакції відщеплення, як-от дегідрування (1), дегідрогалогенування (2), дегалогенування (3), дегідратация спиртів (4) (рис. 2.1).

Дегідрогалогенування (елімінування H-Hal) або дегідратация спиртів (елімінування H-OH) підпорядковуються *правилу Зайцева*: відщеплення атома Гідрогену найлегше відбувається від найменш гідрогенізованого атома Карбону, розташованого в β -позиції до Hal або OH-групи.

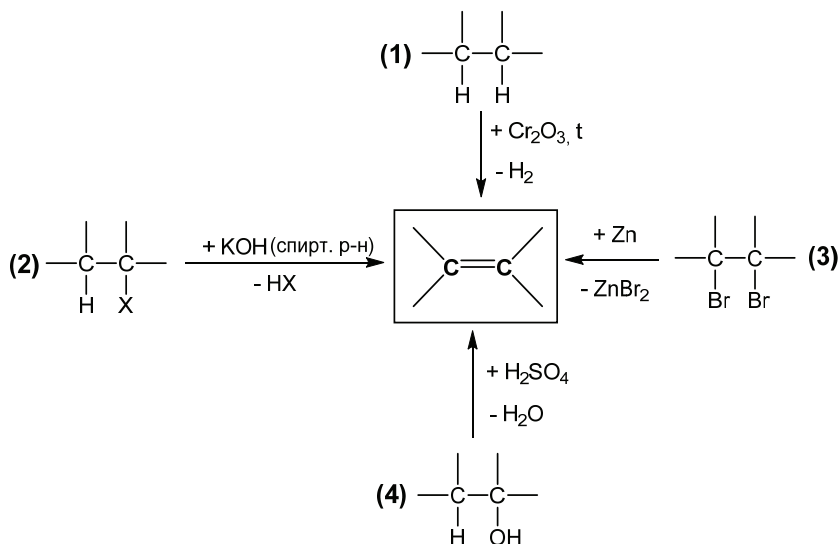


Рис. 2.1. Методи утворення подвійного зв'язку алкенів реакціями відщеплення

Залежно від умов гідрування алкінів можна одержати алкени із *цис*- (1) або *транс*- (2) розташуванням атомів Гідрогену, які приєднуються до π -зв'язку (рис. 2.2).

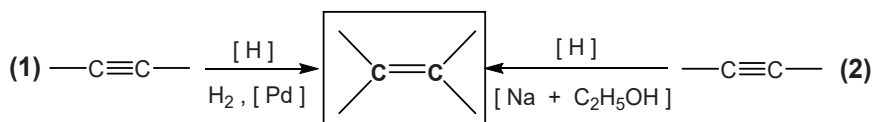


Рис. 2.2. Утворення *цис*-алкенів (1) та *транс*-алкенів (2)

Також утворення алкенів відбувається в умовах термічного крекінгу алканів (рис. 1.12).

Хімічні властивості алкенів

Наявність у молекулі алкенів π -зв'язку зумовлює здатність цих вуглеводнів до реакцій приєднання за йонним механізмом (рис. 2.3): галогенування (1), гідрогалогенування (3), приєднання сульфатної кислоти (4), гідратації (2). Аналогічно відбувається й приєднання гіпохлоритної кислоти.

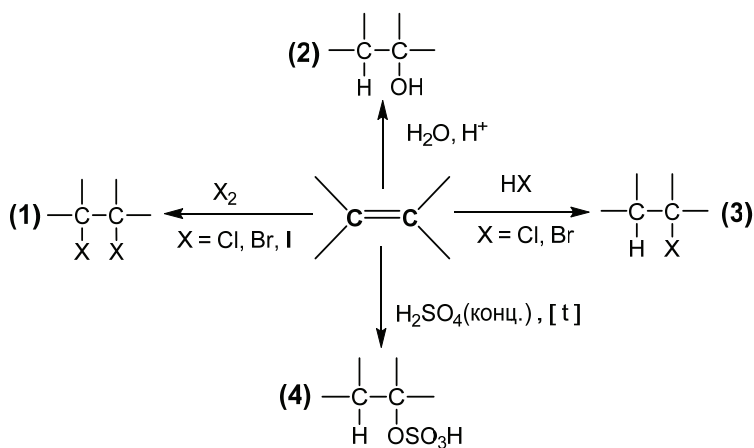


Рис. 2.3. Реакції приєднання алкенів

Загальну схему реакції приєднання (A_E) алкенів та йонний механізм (механізм електрофільного приєднання) наведено на рис. 2.4–2.5:

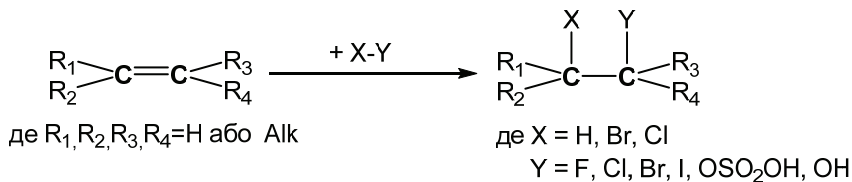


Рис. 2.4. Загальна схема реакції приєднання (A_E) алкенів

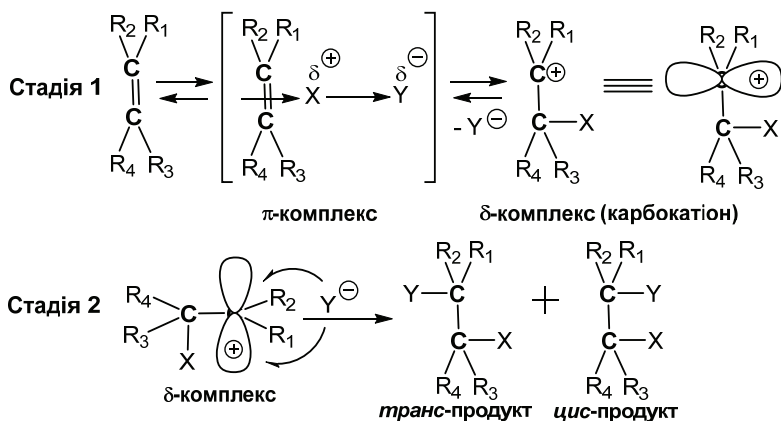


Рис. 2.5. Механізм електрофільного приєднання (A_E) алкенів

У цьому випадку терміни *транс*- та *цис*- зазначено для пояснення стереохімічного місця приєднання реагентів із певного боку молекули, а не для позначення геометричних ізомерів.

Сучасне трактування *правила Марковникова* безпосередньо пов'язано з механізмом електрофільного приєднання, бо електрофільний реагент приєднується краще до атома Карбону, з яким утворює в проміжній стадії максимально розгалужений, тобто найстабільніший карбкатіон.

Особливістю перебігу реакції бромовання є перетворення δ -комплексу на більш стабільний бромонієвий йон (рис. 2.6), і тому утворюється лише *транс*-продукт приєднання броду.

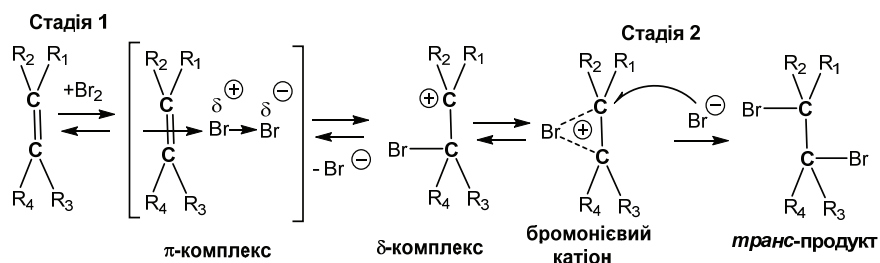


Рис. 2.6. Механізм електрофільного приєднання броду до алкенів

Залежно від умов реакцій алкени можуть вступати в реакції за *радикальним* механізмом, наприклад, гідробродування в присутності пероксидних сполук (рис. 2.7) та алільне (аномальне) галогенування (рис. 2.8).



Рис. 2.7. Приєднання HBr у присутності пероксидів (ефект Хароша)

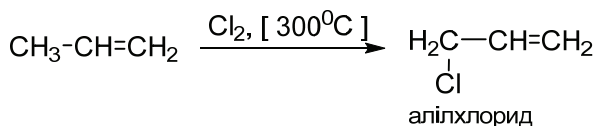


Рис. 2.8. Реакція алільного (аномального) галогенування

Алкенам також притаманні реакції окиснення (рис. 2.9) та відновлення (рис. 2.10).

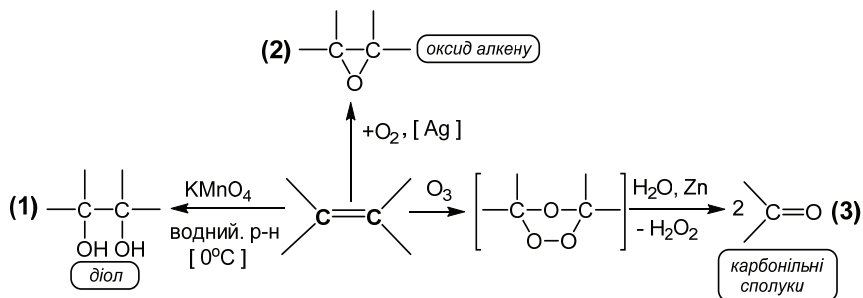


Рис. 2.9. Окиснення подвійного зв'язку алкенів

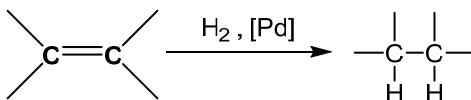


Рис. 2.10. Реакція відновлення алкенів

Практичне значення мають також реакції полімеризації (рис. 2.11), які відбуваються в присутності йонних, пероксидних реагентів або метал-органічних каталізаторів.

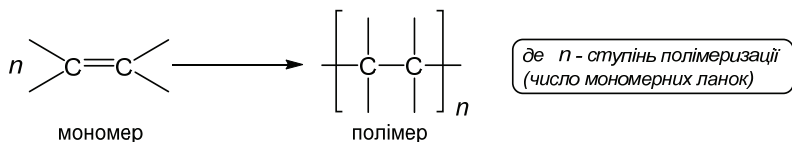


Рис. 2.11. Реакція полімеризації алкенів

Для синтезу мономерів, необхідних у реакціях полімеризації, були розроблені промислові методи одержання алкенів із використанням алюмінійорганічних сполук (рис. 2.12) або синтетичні методи за допомогою фосфонійлідів (рис. 2.13).

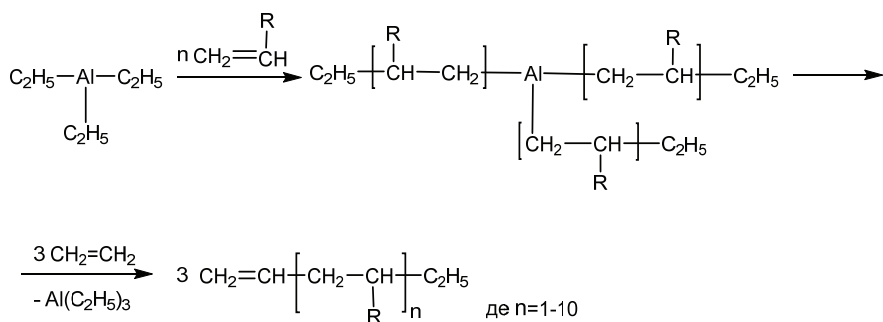


Рис. 2.12. Синтез алк-1-енів за допомогою алюмінійорганічних сполук

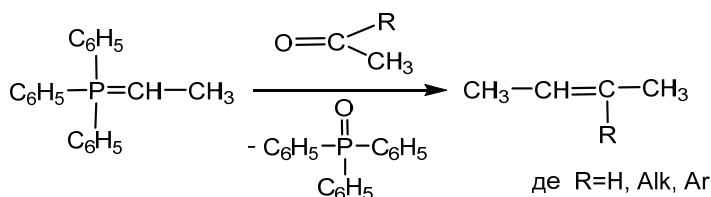


Рис. 2.13. Синтез алкенів за допомогою фосфонійлідів (реакція Віттіга – Шелькопфа)

Дослідження та визначення структури алкенів

На відміну від алканів для підтвердження структури алкенів застосовують як хімічні, так і спектральні методи.

Хімічні методи ґрунтуються на наявності в структурі алкенів реакційноздатного подвійного зв'язку. Зазвичай для доведення наявності подвійного зв'язку використовують реакцію взаємодії алкенів із бромом з утворенням дибромпохідної алкену. Цю реакцію легко контролювати візуально завдяки знебарвленню розчинів бром. Також застосовують реакції окиснення (наприклад, взаємодію з розведеним розчином KMnO_4 у нейтральному або лужному середовищі, де спостерігається зникнення рожево-фіолетового забарвлення калій перманганату).

Найбільш інформативними спектральними методами для підтвердження у структурі алкенів подвійного зв'язку є методи ІЧ- та ЯМР-спектроскопії, а також мас-спектрометрія.

Алкени за допомогою ІЧ-спектроскопії можна визначити за такими основними смугами поглинання: смуги поглинання валентних коливань для зв'язку C-H біля подвійного зв'язку розташовані в діапазоні $3010-3095 \text{ см}^{-1}$, деформаційні – у діапазоні $665-1420 \text{ см}^{-1}$. Смуга валентних коливань C=C зв'язку – у діапазоні $1600-1680 \text{ см}^{-1}$.

На ЯМР H^1 спектрах алкени мають характерні сигнали для зв'язку $=C-H$ у діапазоні 4,6–6,0 м.ч. Також наявність ненасиченого зв'язку підтверджує зсув сигналів $C-H$, розташованих поруч із подвійним зв'язком, у діапазоні 1,7–2,5 м.ч.

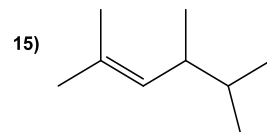
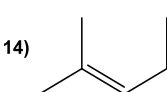
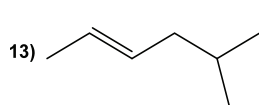
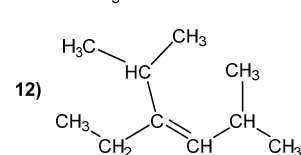
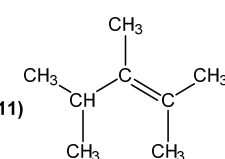
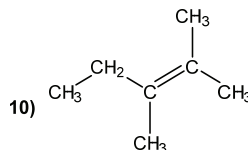
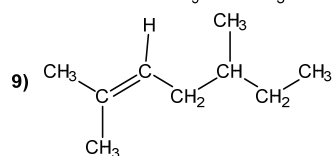
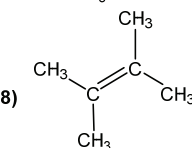
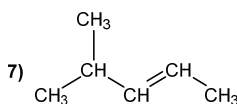
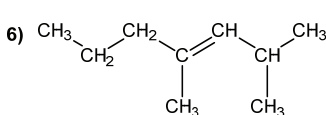
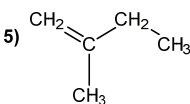
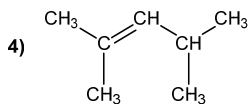
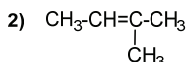
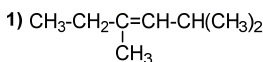
Для ЯМР ^{13}C спектрів алкенів характерна наявність двох типів сигналів: sp^3 -гібридизованих атомів Карбону, розташованих у діапазоні 10–60 м.ч., та sp^2 -гібридизованих атомів Карбону в діапазоні 90–160 м.ч.

Мас-спектри алкенів характеризуються двома основними *гомологічними серіями йонів: алкановою* (відповідає ланцюгу із загальною формулою $C_nH^{+}_{2n+1}$: m/z 15,29,43,57,71,85...) та *алкеновою* (відповідає ланцюгу $C_nH^{+}_{2n-1}$: m/z 27,41,55,69,83...). Однак, на відміну від алканів, інтенсивності піків другої серії алкенів є вищими за першу.

Утворення йонів алкенової серії відбувається внаслідок **алільного розпаду**, за якого виникають алільні катіони, стабілізовані резонансом.

Контрольні завдання до теми «АЛКЕНИ»

2.1. Наведено структурні формули алкенів. Назвіть їх за міжнародною та раціональною номенклатурами.



2.2. Наведіть усі структурні ізомери алкенів загальної формули C_4H_8 , C_5H_{10} , C_6H_{12} . Назвіть їх за міжнародною та раціональною номенклатурами.

2.3. Поясніть, чим зумовлена геометрична ізомерія алкенів. Наведіть структури геометричних ізомерів алкенів загальної формули C_4H_8 , C_5H_{10} , C_6H_{12} . Назвіть їх за міжнародною номенклатурою (E, Z-система Кана – Інгольда – Прелога).

2.4. Напишіть структурні формули таких алкенів:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1) ізопропілетилен; | 7) тетраметилетилен; |
| 2) <i>трет.</i> бутилетилен; | 8) несим.диметилізопропілетилен; |
| 3) <i>сим.</i> диетилетилен; | 9) <i>несим.</i> динеопентилетилен; |
| 4) несим.диетилетилен; | 10) <i>сим.</i> дипропілетилен; |
| 5) трипропілетилен; | 11) тривторбутилетилен; |
| 6) <i>сим.</i> диметилетилетилен; | 12) <i>сим.</i> вторбутилметилетилен. |

Запропонуйте по 2 способи одержання кожної сполуки.

2.5. Які з наведених нижче сполук можуть існувати у вигляді геометричних ізомерів:

- | | |
|--------------------------|----------------------------------|
| 1) проп-1-ен; | 6) 1-бромо-2-хлоробут-1-ен; |
| 2) бут-1-ен; | 7) пент-2-ен; |
| 3) бут-2-ен; | 8) гекс-3-ен; |
| 4) 1,2-дихлоропроп-1-ен; | 9) 2,2-дибромо-3-метилгекс-3-ен; |
| 5) 2,3-дихлоропроп-1-ен; | 10) 2-хлоро-3-флуоробут-1-ен. |

Зобразіть структурні формули і назвіть кожну пару *цис*- та *транс*-ізомерів.

2.6. Які з наведених нижче сполук можуть існувати у вигляді геометричних ізомерів (Е, Z ізомери):

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1) 3,4-диметилгепт-2-ен; | 6) алілхлорид; |
| 2) 2-метил-3-хлороокт-2-ен; | 7) 2,3-дихлоробут-2-ен; |
| 3) пент-2-ен; | 8) 3-метил-4-фенілгекс-3-ен; |
| 4) 3-бромо-4-метилгекс-2-ен; | 9) 2-хлоро-3-бромопент-2-ен; |
| 5) 3-етилпент-2-ен; | 10) 1,1,2-трифлуоропроп-1-ен. |

Зобразіть структурні формули кожної пари геометричних Е- та Z-ізомерів. Назвіть їх (Е, Z-система Кана – Інгольда – Прелога).

2.7. Напишіть умови і схему одержання алкенів дегідратацією вказаних спиртів:

- | | |
|---|---|
| 1) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$; | 6) $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$; |
| 2) $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{OH}$; | 7) $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2)_3\text{C-OH}$; |
| 3) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$; | 8) $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$; |
| 4) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$; | 9) $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$; |
| 5) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{OH})\text{CH}_3$; | 10) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{C}(\text{CH}_3)_3$. |

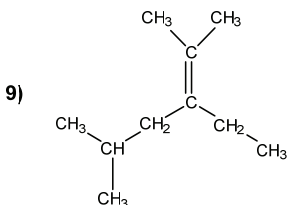
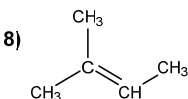
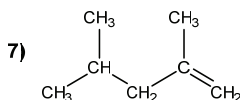
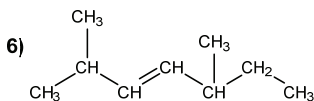
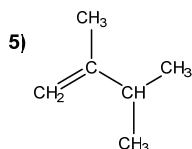
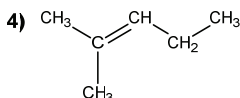
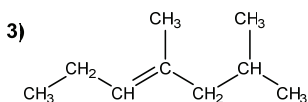
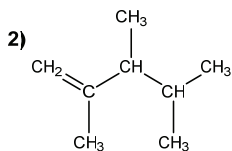
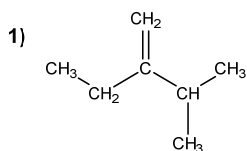
Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісничковою) номенклатурою.

2.8. Напишіть умови і схему одержання вказаних алкенів за реакцією дегідрогалогенування:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1) 2,3-диметилгекс-2-ен; | 9) 3,4-диметилгекс-2-ен; |
| 2) гекс-2-ен; | 10) <i>сим</i> .диметилетилен; |
| 3) <i>сим</i> .дипропілетилен; | 11) 2-метилпент-2-ен; |
| 4) 3-метилпент-2-ен; | 12) 2,3-диметилбут-2-ен; |
| 5) <i>несим</i> .метилпропілетилен; | 13) 3-метилгепт-2-ен; |
| 6) 2,5-диметилгепт-3-ен; | 14) 2-метил-5-ізопропілгепт-3-ен; |
| 7) <i>несим</i> .метилетилен; | 15) 2-метил-4-ізопропілгепт-3-ен; |
| 8) 2,2,4-триметилгекс-3-ен; | 16) 2-метилбут-2-ен. |

Назвіть усі сполуки за міжнародною (замісничковою) номенклатурою.

2.9. Наведіть структурні формули диалогеналканів, з яких унаслідок взаємодії з цинком утворюються такі алкени:



Напишіть схеми реакцій, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

2.10. Напишіть умови і схему одержання за допомогою фосфонійлідів (реакція Віттіга – Шелькопфа) для таких алкенів:

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1) 2,4-диметилпент-1-ен; | 4) 2,3-диметилгекс-3-ен; |
| 2) пент-2-ен; | 5) 2-метил-2-ізопропілпент-1-ен; |
| 3) 3,5-диметилгекс-2-ен; | 6) <i>сим.</i> метилпропілетилен. |

Назвіть необхідні для цих синтезів карбонільні сполуки за міжнародною номенклатурою.

2.11. Напишіть умови і схему одержання алкенів за допомогою алюмінійорганічних сполук ($n=2$), якщо початковими сполуками для цього використовують такі алкени:

- | | |
|-----------------|---------------------------------|
| 1) метилетилен; | 3) бут-1-ен; |
| 2) бут-2-ен; | 4) <i>несим.</i> диметилетилен. |

Назвіть продукти реакцій за міжнародною номенклатурою.

2.12. Напишіть схему та продукти термічного крекінгу таких сполук: 1) бутан; 2) пентан; 3) гексан; 4) гептан. Назвіть усі продукти реакцій за міжнародною номенклатурою.

2.13. Поясніть sp^3 -гібридизацію атома Карбону, утворення π -зв'язку, зобразіть атомно-орбітальну модель метилетилену. Обґрунтуйте, які електронні частинки (радикальні, електрофільні або нуклеофільні) здатні атакувати і взаємодіяти з π -зв'язком, а також які реакції (заміщення чи приєднання) будуть притаманні сполукам із подвійним зв'язком.

2.14. Напишіть умови та схеми реакцій пропену, бут-1-ену та гекс-2-ену з такими реагентами:

- 1) бромом у розчині CCl_4 ;
- 2) гідрогенбромідом (бромоводнем);
- 3) водою в присутності хлоридної кислоти;
- 4) сульфатною кислотою;
- 5) хлоридною кислотою;
- 6) гіпохлоритною кислотою;
- 7) воднем у присутності каталізатора нікель Ренея.

Назвіть усі продукти реакцій за міжнародною номенклатурою.

Напишіть механізм до реакцій (1), (3), (5), (6).

2.15. Напишіть умови та схеми реакцій бут-1-ену, бут-2-ену, 4-метилпент-2-ену та 2,5-диметилгепт-2-ену з такими реагентами:

- 1) концентрованим розчином калій перманганату під час нагрівання;
- 2) водним розчином калій перманганату за $0^\circ C$;
- 3) озоном, потім H_2O ;
- 4) киснем у присутності срібного каталізатора;
- 5) надоцтовою кислотою $CH_3C(O)OOH$.

Назвіть усі продукти реакцій за міжнародною номенклатурою.

2.16. Якими є структурні формули алкенів, якщо в результаті озонування та розкладання озоніду водою утворилися такі сполуки:

- 1) оцтовий альдегід і 4-метилпентаналь;
- 2) 2,3-дихлоропропаналь і ацетон;
- 3) 2-бromo-4-метилпентан-3-он і диметилкетон;
- 4) етаналь і 2-метилпропаналь;
- 5) пропан-1-он і ізопропілетаналь;
- 6) диетилкетон;
- 7) пропіоновий альдегід і 3-бromo-3-метилбутан-2-он;
- 8) 3,4-диметилпентан-2-он;
- 9) 3-флуоробутаналь і 2,2-диметилбутаналь;
- 10) 2,3-диметилбутаналь.

Напишіть умови та схеми цих перетворень, назвіть алкени і продукти реакцій за міжнародною номенклатурою.

2.18. Здійсніть такі перетворення, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою:

$$\begin{array}{c}
 \text{2} \\
 \downarrow \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{к}) \\
 \text{1} \xrightarrow[\text{[t]}]{\text{Zn (пил)}} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\
 \quad \quad \quad \uparrow \text{CH}_3 \\
 \quad \quad \quad \uparrow \text{Na} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \\
 \text{3}
 \end{array}
 \xrightarrow[2. \text{ KOH (сп.р-н)}]{1. \text{ HBr}}
 \begin{array}{c}
 \text{5} \\
 \uparrow \text{O}_2 \quad \text{Ag} \\
 \text{4} \xrightarrow[\text{[H}_2\text{O, 0}^\circ\text{C]}]{\text{KMnO}_4} \text{6} \\
 \downarrow \text{KMnO}_4 \quad \text{[H}^+, \text{t]} \\
 \text{7}
 \end{array}$$

$$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)-CH}_3 \xrightarrow{\text{Br}_2, h\nu} \mathbf{1} \xrightarrow[\text{[C}_2\text{H}_5\text{OH]}]{\text{KOH}} \mathbf{2} \xrightarrow{\text{AlCl}_3, \text{HCl}} \mathbf{3} \xrightarrow[2. \text{H}_2\text{O}]{1. \text{O}_3} \mathbf{4}$$
$$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_3 \xrightarrow{\text{Li + NH}_3} \mathbf{1} \xrightarrow{\text{HBr}} \mathbf{2} \xrightarrow{\text{Na (мет.)}} \mathbf{3} \xrightarrow[\text{h}\nu]{\text{Br}_2} \mathbf{4} \xrightarrow[\text{[C}_2\text{H}_5\text{OH]}]{\text{NaOH}} \mathbf{5} \xrightarrow[\text{h}\nu]{\text{Cl}_2} \mathbf{6}$$
$$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{CH} \xrightarrow[\text{[Pt, Ba}^{2+}\text{]}]{\text{H}_2} \text{1} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{2} \\
 \text{Al}_4\text{C}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{3} \xrightarrow[\text{h}\nu]{\text{Cl}_2} \text{4} \xrightarrow[\text{[знев. ефект]}]{\text{Mg}} \text{5} \\
 \left. \begin{array}{l} \text{2} \\ \text{5} \end{array} \right\} + \text{6} \xrightarrow[127^\circ\text{C}]{\text{Br}_2} \text{7} \xrightarrow[\text{[C}_2\text{H}_5\text{OH]}]{\text{NaOH}} \text{8} \xrightarrow[\text{[H}^+, \text{Hg}^{2+}\text{]}]{\text{H}_2\text{O}} \text{10} \\
 \text{8} \xrightarrow[\text{AlCl}_3, \text{H}_2\text{O}]{\text{KMnO}_4, 0^\circ\text{C}} \text{9} \\
 \text{8} \xrightarrow[\text{11}]{\text{t, p}}
 \end{array}$$

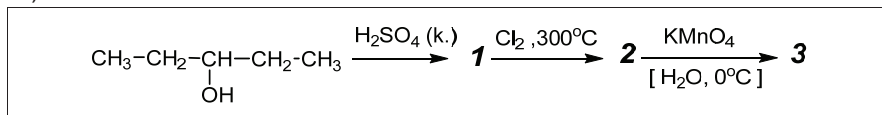
39

2.20. Напишіть схему реакції та механізм радикальної полімеризації пент-2-ену та 3-метилбут-1-ену. Назвіть продукти полімеризації за міжнародною номенклатурою.

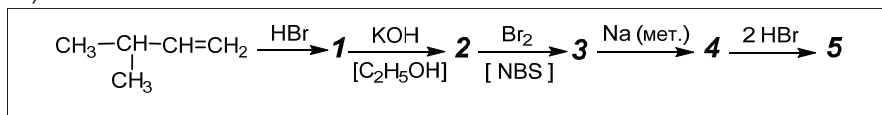
2.21. Поясніть відмінність у структурах і властивостях полімерів, які створюють в умовах йонної, радикальної та координаційної полімеризації.

2.22. Здійсніть такі перетворення, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою:

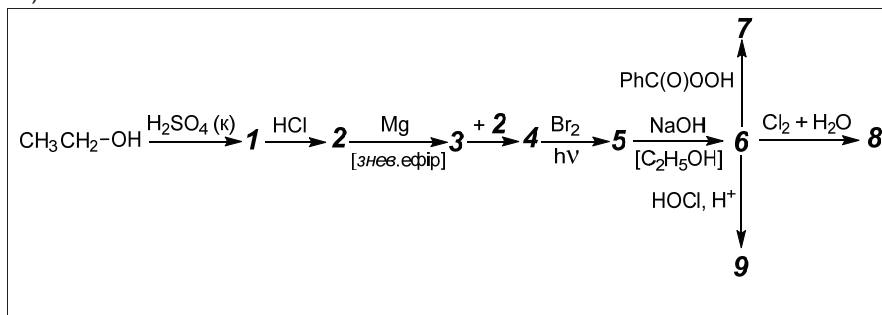
1)



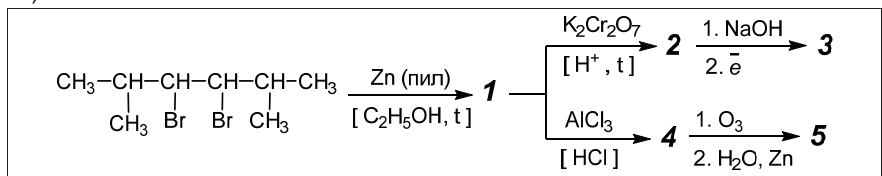
2)



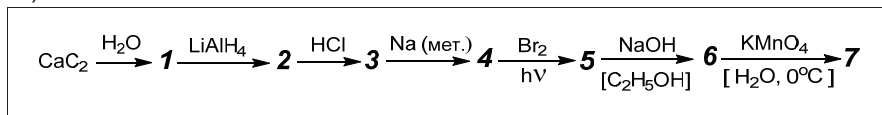
3)



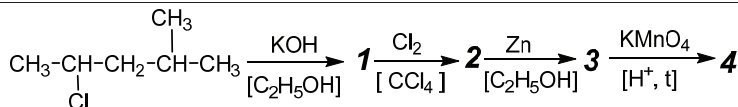
4)



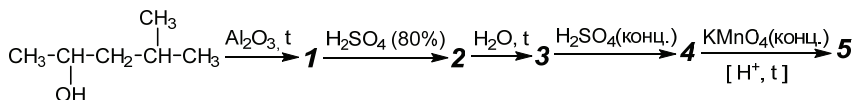
5)



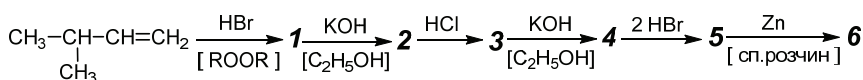
6)



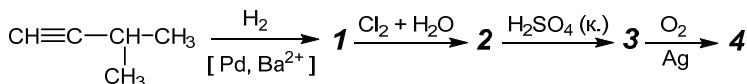
7)



8)



9)



2.23. Визначте структури ізомерних алкенів C_4H_8 , якщо:

- 1) одержати їх можна дегідруванням алкану C_4H_{10} ;
- 2) внаслідок взаємодії цих алкенів із HBr одержують алкілгалогенід $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}$, який за реакцією Вюрца утворює 3,4-диметилгексан.

Визначте структури ізомерних алкенів C_4H_8 ; структуру алкану C_4H_{10} .
Напишіть схеми та умови вказаних реакцій, назвіть усі продукти реакцій (за раціональною та міжнародною номенклатурами).

2.24. Визначте структуру алкену C_6H_{12} , якщо:

- 1) його добувають унаслідок дії спиртового розчину луку на ізомерні алкілгалогеніди загальної формули $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{Br}$;
- 2) продуктами його окиснення є ацетон і пропіонова кислота.

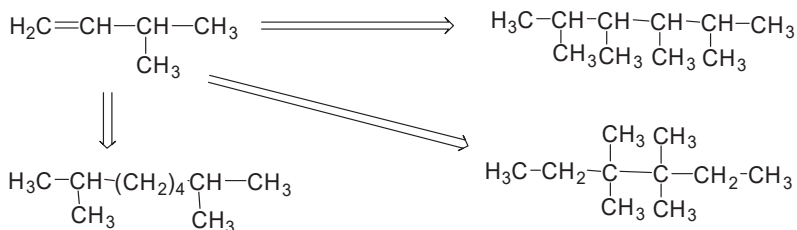
Визначте структури ізомерних алкілгалогенідів $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{Br}$ та структуру алкену C_6H_{12} . Напишіть схеми та умови вказаних реакцій, назвіть усі продукти реакцій (за раціональною та міжнародною номенклатурами).

2.25. Визначте структурну формулу C_6H_{12} , якщо:

- 1) він знебарвлює бромну воду;
- 2) у результаті гідратації утворює третинний спирт складу $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$;
- 3) продуктами його окиснення хромовою сумішшю є ацетон та пропіонова кислота.

Напишіть схеми та умови вказаних реакцій, назвіть усі продукти реакцій. Якими будуть продукти взаємодії визначеного вуглеводню C_6H_{12} із розчином калій перманганату на холоді?

2.26. Здійсніть такі перетворення:



Напишіть схеми й умови цих перетворень, назвіть усі продукти реакцій.

2.27. Визначте структурну формулу C_4H_8 , якщо:

- 1) алкен утворює просторові ізомери;
- 2) внаслідок окиснення киснем без каталізатора утворюється пероксид, який розкладається на ненасичені спирт і альдегід.

Визначте структуру цього алкену, напишіть структурні формули просторових ізомерів, назвіть їх. Наведіть механізм утворення та розпаду пероксиду.

2.28. Визначте структурну формулу C_4H_8 (I), якщо:

- 1) вуглеводень C_5H_{10} (I) приєднує гідрогенбромід (бромоводень) у присутності пероксиду з утворенням алкілгалогеніду (II);
- 2) алкілгалогенід (I) за реакцією Вюрца перетворюється на 2,7-диметилотан.

Визначте структуру сполук (I) та (II). Напишіть схеми та умови вказаних реакцій, назвіть усі продукти реакцій. Наведіть механізм приєднання бромоводню в присутності пероксиду, а також механізм йонного гідробромовування.

2.29. Визначте структуру алкену, якщо:

- 1) продуктом його гідратування в присутності каталізатора Ренея є 2-метилпентан;
- 2) внаслідок озонування цього алкену утворюються оцтовий та ізомаляний альдегіди. Напишіть схеми та умови вказаних реакцій, назвіть усі продукти реакцій.

Наведіть для визначеного алкену схеми реакцій окиснення за різних умов. Назвіть усі продукти окиснення.

2.30. У результаті відщеплення води від 3-метилбутан-1-олу утворюється суміш трьох алкенів. Напишіть механізм дегідратації цього спирту та поясніть ізомеризацію карбонового ланцюга. Наведіть структурні формули та назви ізомерних алкенів.

2.31. Визначте структуру одного з ізомерних вуглеводнів, брутто-формула якого C_4H_8 , якщо:

- 1) приєднує галогеноводень за йонним і радикальним механізми;
- 2) утворює алкілгалогеніди, які за реакцією Вюрца відповідно утворюють 2,2,3,3-тетраметилбутан і 2,5-диметилгексан.

Напишіть схеми та умови вказаних реакцій, назвіть усі продукти реакцій. Наведіть механізм гідратації для визначеного алкену C_4H_8 .

2.32. Алкен C_4H_8 , який може алкілуватися ізобутаном у присутності сульфатної кислоти, внаслідок кислотної гідратації утворює третинний спирт. Визначте структуру C_4H_8 . Напишіть схеми вказаних реакцій та їх механізми, назвіть усі продукти реакцій.

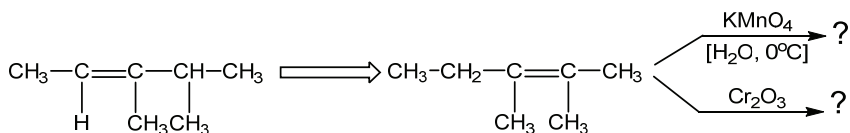
2.33. Визначте структурну формулу алкену C_5H_{10} , якщо внаслідок його озонування утворюються оцтовий альдегід та ацетон. Для визначеного алкену C_5H_{10} напишіть схему реакції взаємодії з гідроген-бромідом (бромоводнем) та механізм цього приєднання. Також напишіть реакцію окиснення цього алкену киснем без каталізатора.

Наведіть схеми всіх вказаних реакцій. Назвіть усі продукти реакцій.

2.34. Внаслідок дії цинку на відповідну дигалогенопохідну можна добути алкен C_4H_8 . Йому властива просторова *цис-транс*-ізомерія. Визначте структуру дигалогенопохідної та алкену C_4H_8 .

Напишіть схеми та умови вказаних реакцій, назвіть усі продукти реакцій. Напишіть і назвіть *цис-транс*-ізомери цього алкену.

2.35. Здійсніть такі перетворення, назвіть усі сполуки:



2.36. Визначте структуру C_5H_{10} , якщо:

- 1) внаслідок гідратації в присутності сульфатної кислоти утворюється вторинний спирт;
- 2) продуктами окиснення його в жорстких умовах є суміш мурашиної та ізомасляної кислот.

Напишіть схеми вказаних реакцій, назвіть усі продукти реакцій. Наведіть умови, схему реакції гіпогалогенування цього алкену та її механізм.

2.37. Визначте алкен, який одержано дегідратацією 2-метилгексан-3-олу. Яке правило визначало порядок відщеплення води? Відомо, що в реакції гідрогалогенування HBr у присутності H_2O_2 цей алкен утворює алкілгалогенід, продуктом взаємодії якого з металічним натрієм є алкан.

Визначте структуру вказаних алкену та алкану. Напишіть схеми та умови всіх реакцій, назвіть усі продукти реакцій.

2.38. Визначте структурну формулу вуглеводню, який:

- 1) знебарвлює бромну воду,
- 2) розчиняється в концентрованій сульфатній кислоті,
- 3) внаслідок окиснення калій перманганату утворює суміш мурашиної та метилетор.бутилоцтової кислот.

Напишіть умови та схеми всіх вказаних реакцій, назвіть визначений вуглеводень та всі продукти його перетворень за міжнародною номенклатурою.

2.39. Розрахуйте вихід продукту реакції (у % від теоретичного), якщо в результаті взаємодії 5,6 л етилену (н.у.) із бромом одержано 42,3 г 1,2-дибромоетану.

2.40. Внаслідок реакції алкену з хлором у темряві утворюється 42,3 г дихлориду цього алкену, а в результаті реакції зразка такої самої маси з бромом у тетрахлорметані – 69 г диброміду. Встановіть можливі структурні формули алкену, напишіть схеми вказаних перетворень.

2.41. У результаті дії на алкен надлишку розчину хлору в CCl_4 утворилося 3,78 г дихлориду. Продуктом взаємодії такої самої кількості цього алкену з надлишком бромної води є 5,56 г диброміду. Визначте молекулярну формулу алкену та складіть структурні формули чотирьох його ізомерів, що задовольняють умову цієї задачі.

2.42. Встановіть молекулярну формулу спирту, якщо під час нагрівання 274 г цього спирту з концентрованою сульфатною кислотою утворюється 133,4 г ненасиченого вуглеводню з одним подвійним зв'язком. Вихід реакції становить 80 % від теоретичного. Напишіть схему реакції та назвіть усі сполуки.

2.43. Скільки літрів пропілену (н.у.) утвориться за реакцією дегідратації 60 кг пропанолу, якщо практичний вихід становить 70 %?

Напишіть схеми вказаних перетворень, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

2.44. Встановіть молекулярну формулу алкену, якщо в результаті його гідрування одержано 11,2 л алкану (н.у.), а внаслідок взаємодії з надлишком бромної води утворюється 108 г дибромалкану. Вихід продуктів в обох реакціях вважати рівним 100 %. Напишіть схеми вказаних перетворень, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

2.45. Встановіть будову полімеру, внаслідок озонолізу якого утворюються такі сполуки:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) 4-оксопентан-1-аль; | 5) гліоксаль та пентан-2,3-діон; |
| 2) 3-фенілгекса-1,6-діаль; | 6) 2-ціанобутандікарбаналь; |
| 3) 2-феніл-3-оксобутан-1-аль; | 7) 2-бromo-3-нітрогексан-1,6-діаль; |
| 4) 2,5-диметил-3-оксогептан-1-аль; | 8) 3,3-диметилбутан-2-он-1-аль. |

З яких мономерів можна одержати ці полімери? Напишіть схеми вказаних перетворень, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

2.46. Визначте середній ступінь полімеризації у зразку природного каучуку, середня молярна маса якого дорівнює 200 тис. г/моль. Напишіть умови і схему реакції цієї катіонної полімеризації (якою є структура мономерної ланки цього полімеру).

2.47. Середня молекулярна маса поліетилену дорівнює 350 тис. г/моль. Визначте середній ступінь полімеризації цього полімеру. Напишіть умови і схему реакції цієї радикальної полімеризації (якою є структура мономера та мономерної ланки цього полімеру).

2.48. У процесі полімеризації 100 г пропену утворилося 88 г поліпропілену ізотактичної будови. Розрахуйте вихід продукту реакції у %. Напишіть умови і схему реакції цієї координаційної полімеризації, поясніть особливості поліпропілену ізотактичної та атактичної будови.

2.49. Під час синтезу поліетилену (з середньою молекулярною масою 400 тис. г/моль) витрачено 500 г мономера. Розрахуйте, скільки моль мономера не прореагувало, якщо вихід становив 75 %. Напишіть умови і схему реакції цієї радикальної полімеризації (якою є структура мономера та мономерної ланки цього полімеру).

2.50. У результаті термічного крекінгу октанової фракції нафти було одержано суміш продуктів, яку розподілили в ректифікаційній колонці. ІЧ-спектр однієї з таких фракцій представлено на рис. 2.14. Проаналізувавши ІЧ-спектр, визначте: 1) який вуглеводень (алкан чи алкен) містить ця фракція; 2) якою є молекулярна формула цього вуглеводню з масовою часткою атомів Карбону 85,63 %. Відповідь обґрунтуйте. Напишіть схеми вказаних перетворень, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.

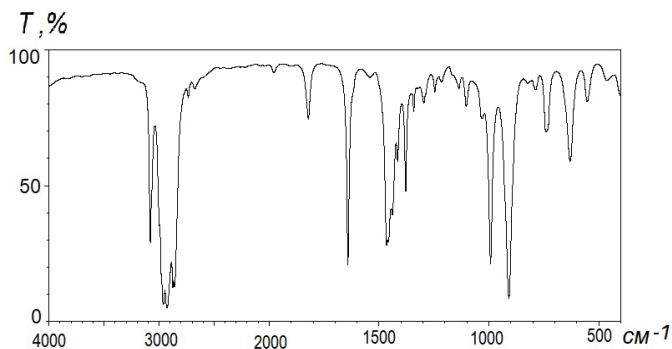


Рис. 2.14. ІЧ-спектр фракції термічного крекінгу

2.51. Визначте структуру спирту, одержаного внаслідок гідратації ненасиченого вуглеводню C_4H_8 . У спектрі 1H ЯМР одержаного спирту спостерігаються два синглети біля δ 1.1 м.ч. та δ 4.1 м.ч. зі співвідношенням інтенсивності сигналів 9 : 1 відповідно. Відповідь обґрунтуйте віднесенням спектральних даних спектра до структури визначеного спирту. Напишіть умови та схему цього перетворення. Назвіть усі сполуки за номенклатурою IUPAC. Поясніть, які смуги поглинання в ІЧ-спектрі визначеного спирту підтвердять його структурні елементи.

2.52. У результаті гідрування пентан-пентенової фракції нафти та ректифікації реакційної суміші виділено фракцію, ІЧ-спектр якої наведено на рис. 2.15. Визначте, чи відбулась повна конверсія пентан-пентенової фракції нафти. Відповідь обґрунтуйте на основі аналізу ІЧ-спектра та запропонуйте хімічні й спектральні методи, які підтвердять цей висновок.

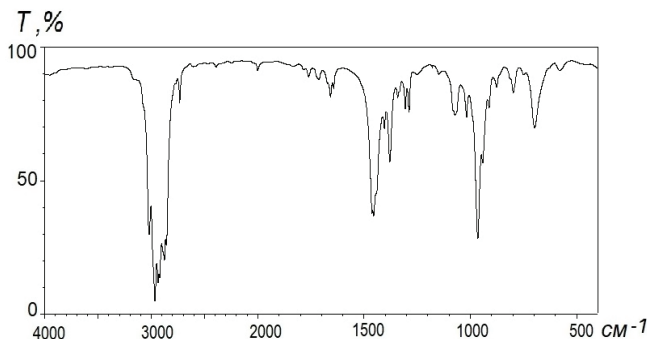


Рис. 2.15. ІЧ-спектр фракції гідрування

2.53. У спектрі ^1H ЯМР (δ , м.ч.) диброміду $\text{C}_4\text{H}_6\text{Br}_2$, спостерігаються такі сигнали: 2.15 (синглет), 4.15 (дублет), 5.8 (триплет); співвідношення інтенсивності сигналів 3 : 2 : 1. Визначте структуру диброміду $\text{C}_4\text{H}_6\text{Br}_2$.

2.54. Внаслідок окиснення ненасиченого вуглеводню C_6H_{12} утворюється сполука, у спектрі ^1H ЯМР якої спостерігається єдиний сигнал – синглет з хімічним зсувом δ 2.1 м.ч. Визначте структуру вуглеводню, продукту його окиснення, напишіть схему та умови цієї реакції окиснення.

2.55. У разі часткового відновлення ненасиченого вуглеводню C_4H_6 утворюється сполука C_4H_8 , яка залежно від умов відновлення має відмінності в спектрах ^1H ЯМР (рис. 2.16 та рис. 2.17). Визначте структури всіх вуглеводнів та поясніть, як саме умови відновлення C_4H_6 впливають на утворення продукту реакції. Обґрунтуйте, чому ^1H ЯМР-спектри продуктів часткового відновлення C_4H_6 відрізняються.

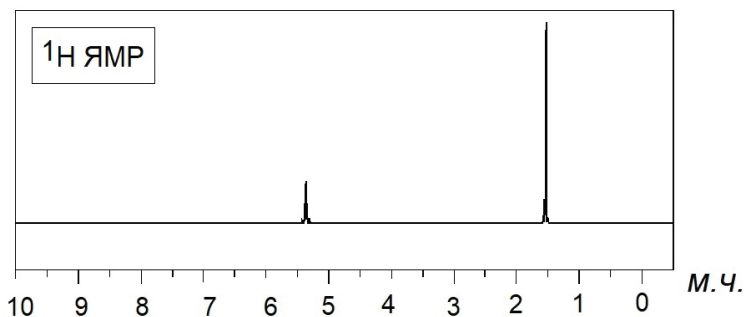


Рис. 2.16. Спектр ^1H ЯМР сполуки після часткового відновлення C_4H_6 з використанням Na в спирті

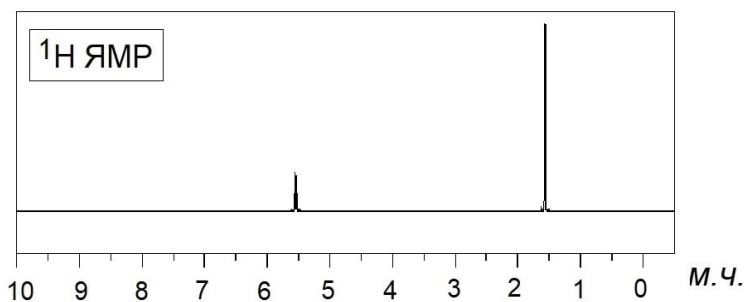
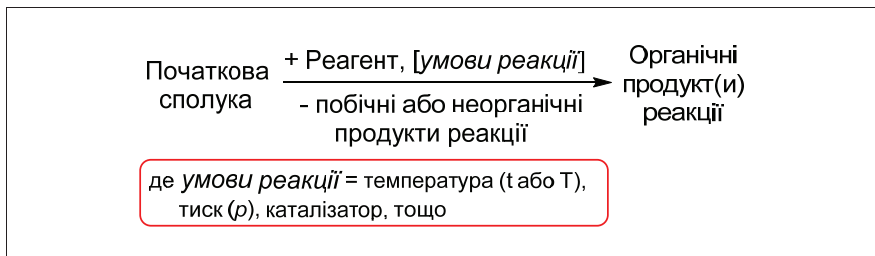


Рис. 2.17. Спектр ^1H ЯМР сполуки після часткового відновлення C_4H_6 з використанням H_2 (водню) та каталізатора (Pd , Ba^{2+})

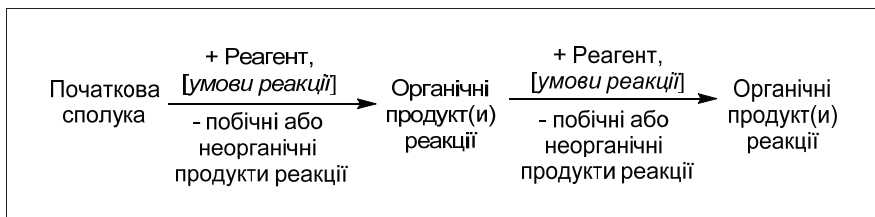
ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАВДАНЬ

Приклад 1

Приклад написання схеми органічної реакції:



Приклад написання схеми перетворень:



Приклад 2

Визначити структуру C_8H_{18} , якщо:

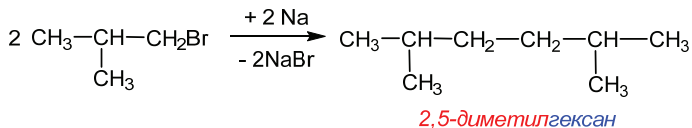
- 1) може бути одержаний як єдиний продукт за реакцією Вюрца з первинного алкілгалогеніду;
- 2) в умовах нітрування рідкофазного нітрування утворюється третинна мононітросполука.

Напишіть умови та схеми реакцій, назвіть усі сполуки.

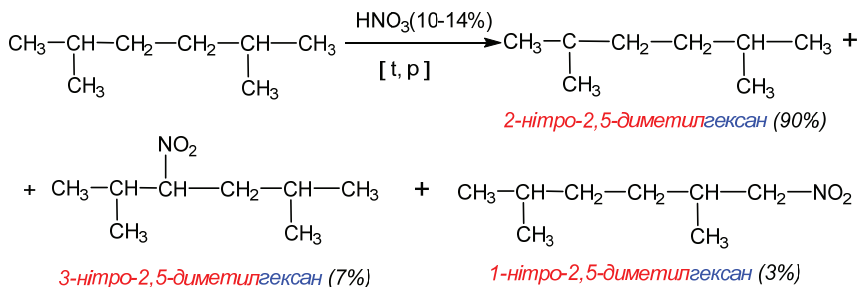
Розв'язання:

Відповідно до умов п. 1 структурою первинного алкілгалогеніду може бути C_4H_9X (де X =галоген). Алкілу C_4H_9 - відповідають чотири ізомери, два з яких є первинними: *n*-бутил та ізобутил. Під час вибору алкілгалогеніду для синтезу C_8H_{18} за реакцією Вюрца потрібно врахувати, що відповідно до умов п. 2 алкілгалогенід має містити третинний атом Карбону, тому з двох алкілів (тобто алкілгалогенідів) вибрати треба саме ізобутил, тобто алкілгалогенідом має бути ізобутилгалогенід, наприклад, ізобутилбромід.

Потрібно записати схему синтезу C_8H_{18} за реакцією Вюрца:



У цих умовах синтезу дійсно утворюється 2,5-диметилгексан без побічних сполук як єдиний продукт реакції. У його структурі є третинні атоми Карбону, і внаслідок нітрування в умовах рідкофазного процесу (реакція Коновалова) утворюється суміш мононітроалканів, де переважним продуктом (90 %) є третинна сполука.



Приклад 3

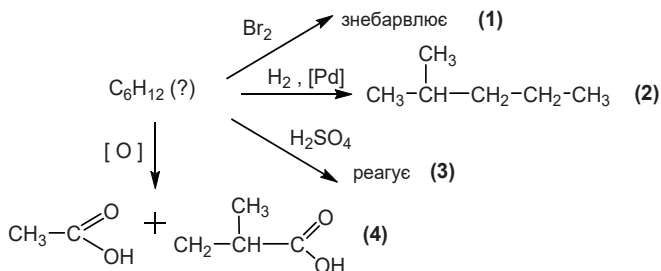
Визначити структуру C_6H_{12} , якщо:

- 1) знебарвлює розчин бром;
- 2) продуктом гідронування є 2-метилпентан;
- 3) реагує з концентрованою сульфатною кислотою;
- 4) в результаті окиснення утворюється суміш оцтової та масляної кислот.

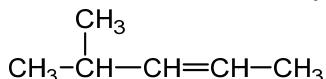
Напишіть умови та схеми реакцій, назвіть усі сполуки.

Розв'язання:

Доцільно так записати умови:



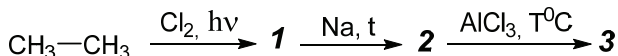
Умови реакції (1) та молекулярна формула C_6H_{12} відповідають структурі алкену, що також підтверджується взаємодією з концентрованою сульфатною кислотою (3). На основі продукту гідрування (2) можна зробити припущення про карбоновий скелет цього алкену. Всі ці властивості дають змогу визначити структуру алкену і для з'ясування розташування подвійного зв'язку скористатися реакцією окиснення, яка відбувається з розривом $C=C$ -зв'язку, тобто алкен C_6H_{12} має таку структуру:



Тепер для підтвердження структури визначеного алкену треба написати всі схеми вказаних реакцій і назвати всі сполуки.

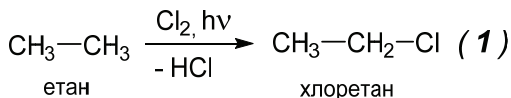
Приклад 4

Здійсніть перетворення та назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою:

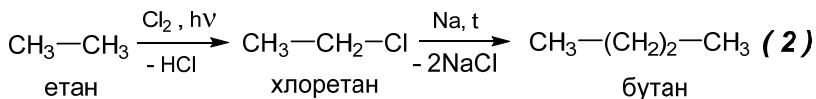


Розв'язання:

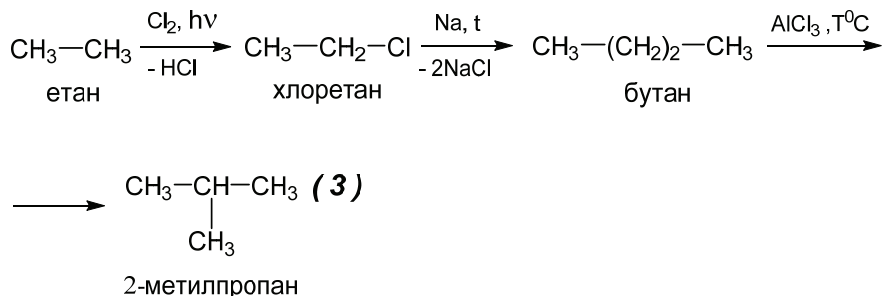
Насамперед потрібно розглянути початкову сполуку (в цьому випадку це етан) та проаналізувати умови першого перетворення (зазвичай реагенти та умови здійснення реакції вказують над стрілочкою, а побічні (зазвичай неорганічні) продукти – під стрілочкою). У цьому випадку це Cl_2 під впливом $h\nu$ (опромінювання), що є реакцією радикального хлорування. У результаті перетворення утворюється хлоретан (**1**), а побічним продуктом виділяється хлороводень:



Після цього потрібно повторити ті самі дії з наступним перетворенням. У завданні вказано Na під впливом t , що є умовами реакції Вюрца (сполучення двох алкілів через металічний натрій). Дві молекули хлоретану реагують із натрієм, утворюючи бутан:

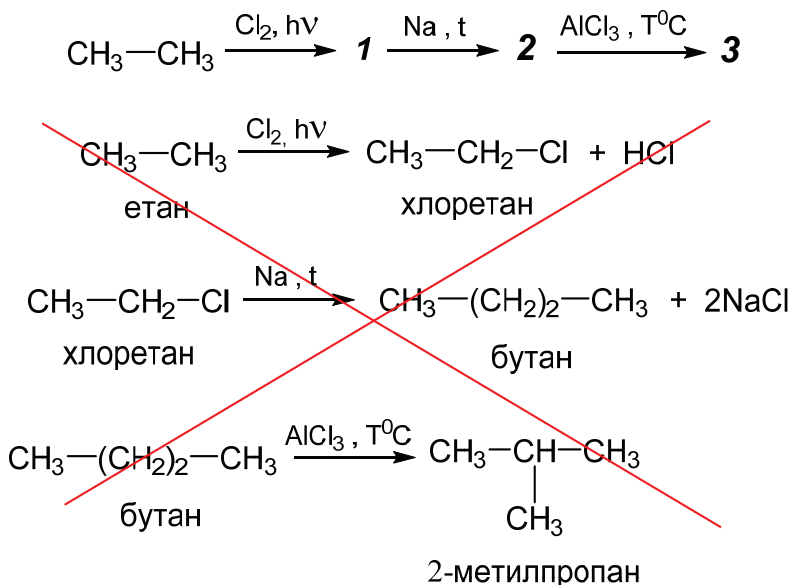


Аналогічно продовжується розв'язання ланцюжка з послідовним записом усіх основних продуктів у рядочок. За потреби схему можна записати у два рядки з використанням переносу стрілкою:



Важливо! В основному ланцюзі схеми перетворень записують лише основний продукт реакції! Усі побічні продукти записують унизу під стрілочкою зі знаком «-», навіть у випадку, коли побічними продуктами є інші органічні речовини, % вміст яких значно нижчий за % вміст основного продукту.

Недоцільним і некоректним є запис розв'язку схеми перетворення у вигляді стовпчика послідовних реакцій з переписуванням продуктів першого перетворення як реагентів наступного:



Приклад 5

Визначте структуру ненасиченого вуглеводню C_4H_8 , якщо:

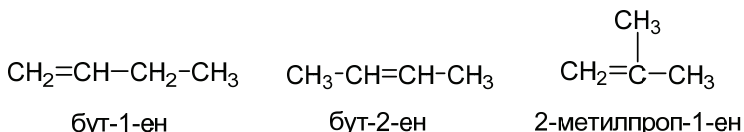
- 1) утворюється внаслідок відщеплення HBr як єдиний продукт реакції;
- 2) у спектрі 1H ЯМР цього вуглеводню спостерігається один синглет при δ 1.8 м.ч. (інтегральна інтенсивність 9).

Напишіть умови реакції та схему перетворення. Назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою IUPAC.

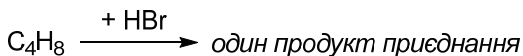
Обґрунтуйте відповідність структури спектральним даним. Поясніть, як можна за допомогою ІЧ-спектроскопії підтвердити, що реакція гідрогалогенування алкену відбулася?

Розв'язання:

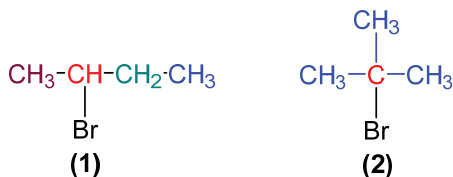
Утворення єдиного продукту внаслідок взаємодії ненасиченого вуглеводню з HBr свідчить про високу регіоселективність цієї реакції, а молекулярна формула C_4H_8 відповідає загальній формулі C_nH_{2n} , тобто речовина є алкеном. Для цієї формули можливі три структурні ізомери: бут-1-ен, бут-2-ен та 2-метилпроп-1-ен.



Реакція гідрогалогенування (додавання HBr) до алкенів відбувається за механізмом електрофільного приєднання з дотриманням правила Марковникова, тобто атом Гідрогену приєднується до більш заміщеного (гідрогенізованого) атома Карбону подвійного зв'язку, а атом Брому відповідно до менш заміщеного.

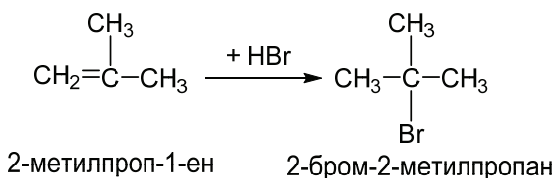


У разі використання бут-1-ену та бут-2-ену як початкового алкену продуктом приєднання буде 2-бромобутан (1), а у разі використання 2-метилпроп-1-ену відбудеться утворення 2-бromo-2-метилпропану (2):



Проте вказано, що в ^1H ЯМР спектрі продукту приєднання є лише один сигнал – синглет при δ 1.8 м.ч. з інтегруванням 9H. Це свідчить про те, що в молекулі є дев'ять еквівалентних протонів, тобто всі атоми Гідрогену належать до трьох еквівалентних метильних груп. Така симетрія характерна лише для 2-бром-2-метилпропану, де три метильні групи приєднані до центрального (третинного) атома Карбону, який також зв'язаний з атомом Броду. Натомість у 2-бромобутані атоми Гідрогену належать до різних хімічних середовищ: чотири різні типи протонів (атомів Гідрогену) будуть спостерігатися у вигляді розщеплених сигналів у ^1H ЯМР спектрі, що не узгоджується з умовами завдання.

Запишемо схему перетворення та називаємо сполуки за IUPAC.



Відсутність в ІЧ-спектрі продукту характерних смуг поглинання зв'язків $\text{C}=\text{C}$ ($\sim 1640\text{ см}^{-1}$) та $=\text{C}-\text{H}$ ($\sim 3050\text{ см}^{-1}$) підтверджуватиме, що подвійний зв'язок був зруйнований внаслідок насичення подвійного зв'язку. Також повинні з'явитися смуги поглинання, які є характерними для коливань зв'язку $\text{C}-\text{Br}$.

ДОДАТОК А

Структурні компоненти назв органічних сполук

За рекомендаціями Міжнародної спілки теоретичної та практичної хімії (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) назву сполук утворюють як складне слово з трьох компонентів: *префікс*, *корінь*, *суфікс*. Корінь, суфікс та префікс відображають структуру сполуки за допомогою відповідних номенклатурних понять.

Родоначальна структура (*корінь*) – хімічна структура, яка є основою сполуки (лінійна або циклічна).

Функціональна група – атом або група атомів, що визначає належність речовини до певного класу органічних сполук та зумовлює її хімічні властивості (табл. А.1).

Якщо молекула містить кілька функціональних груп, то для утворення її назви потрібно визначити старшу функціональну групу.

Старша функціональна група завжди сполучена з родоначальною структурою як *суфікс* (табл. А.1).

Замісник – атом або група атомів, які заміщують у родоначальній структурі один або кілька атомів Гідрогену. До замісників належать алкільні замісники (табл. 1.1, с. 6) та функціональні групи, які в назвах сполук позначають *префіксами* (табл. А.2).

Локанти – цифри або літери (латинські, грецькі), розділені комами, що вказують позицію замісників, кратних зв'язків та старшої функціональної групи щодо родоначальної структури. Локанти записують *перед* префіксами або *перед* суфіксами, яких вони стосуються.

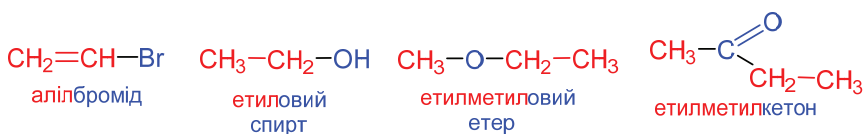
Якщо в молекулі є кілька однакових замісників або кратних зв'язків, то локанти, які позначають їхні позиції, повторюють стільки разів, скільки є однакових замісників або кратних зв'язків, із додаванням множинного префікса (табл. А.3). Локанти наводять у порядку зростання, розділяють їх комами, а від словесної частини відокремлюють дефісом. Локант, який наводять всередині назви, з обох боків відокремлюють дефісом.

Відокремивши в структурі молекули структурні компоненти, утворюють назву сполуки за принципами **найменших локантів** (позиції замісників, кратних зв'язків та старшої функціональної групи вказують найменшими цифрами, перевагу віддають такій послідовності: старша функціональна група > кратні зв'язки > замісники) та **алфавітного порядку** (алкільні замісники та функціональні групи, позначені префіксами, перелічують за алфавітом).

Частиною міжнародної номенклатури IUPAC є радикально-функціональна номенклатура (табл. А.4), за якою радикально-функціональні назви утворюються з двох компонентів: залишку (**радикала**) та **функціонального класу** сполук (спирт, кислота, етер, кетон тощо).

Алгоритм утворення радикально-функціональних назв

радикал- + **-функціональний клас сполук**



Принцип утворення цих назв є аналогічним правилам замісничової номенклатури, але для старшої групи застосовують не суфікси, а слова від функціональної назви класу сполук.

Таблиця А.1. Функціональні групи і відповідні префікси та суфікси

Функціональна група	Позначення в префіксі	Позначення в суфіксі	Назва класу органічних сполук
1	2	3	4
R_3O^+	оксоніо-	-оксоній	Органічні йони
R_3S^+	сульфоніо-	-сульфоній	
R_4N^+	амоніо-	-амоній	
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$	карбоксі-	-карбонова кислота	Карбонові кислоти
		-ова кислота	
$\text{R}-\text{S}(=\text{O})_2\text{OH}$	сульфо-	-сульфонова кислота	Сульфонові кислоти
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{OM}$		Метал ... карбоксилат	Солі карбонових кислот
		Метал ... оат	

Продовження табл. А.1

Функціональна група	Позначення в префіксі	Позначення в суфіксі	Назва класу органічних сполук
1	2	3	4
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{OR}_1$	R_1 - оксикарбоніл	R_1 -карбоксилат ... оат	Естери
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{Hal}$	галоформіл-	-карбонілгалогенід -оїлгалогенід	
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2$	карбамоїл-	-карбоксамід -амід	Аміди
$\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$	ціано-	-нітрил	
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{H}$	форміл-	-карбальдегід	Альдегіди
	оксо-	-аль	
$\text{R}_1-\text{C}(=\text{O})\text{R}_2$	оксо-	-он	Кетони
$\text{R}-\text{OH}$	гідрокси-	-ол	Спирти
			Феноли
$\text{R}-\text{SH}$	сульфаніл-*	-тіол	Тіоли
$\text{R}-\text{OOH}$	гідроперокси-		Гідропероксида
$\text{R}-\text{NH}_2$	аміно-	-амін	Аміни
$\text{R}-\text{CH}=\text{NH}$	іміно-	-імін	Іміни

* Назву «меркапто» більше не використовують у системі IUPAC (ІЮПАК), але досі використовують у CAS.

Таблиця А.2. Функціональні групи, що позначають тільки в префіксі

Функціональна група	Позначення в префіксі	Назва класу сполук
$R-F$	-флуоро-	Галогенопохідні
$R-Cl$	-хлоро-	
$R-Br$	-бromo-	
$R-I$	-йодо-	
R_1-O-R_2	R-окси-	Етери
R_1-S-R_2	R-тіо-	Сульфіді (тіоетери)
$R-N=O$	нітрозо-	Нітросполуки
$R-NO_2$	Нітро-	Нітросполуки
$R-N=N^+Cl^-$	діазо-	Діазосполуки
$R-N_3$	азидо-	Азиди
$R=N \begin{matrix} \nearrow OH \\ \searrow O \end{matrix}$	аци-нітро- *	Гідрокарбіліденазинові кислоти
$R_1-O-O-R_2$	R-діокси- (R-перокси-)	Пероксиди

* IUPAC (ІЮПАК) не рекомендує вживати *аци-нітро* як префікс у систематичній номенклатурі для утворення назв окремих сполук.

Примітка. У системі номенклатури IUPAC функціональні групи класифікують за ієрархією пріоритетів, яка визначає, яка з груп бере участь у формуванні суфікса в систематичній назві органічної сполуки.

Цю ієрархію представлено в таблиці А.1. Якщо в структурі сполуки є декілька функціональних груп, то лише групу з найвищим пріоритетом використовують для формування суфікса, а решту зазначають у вигляді префіксів як замісники.

У таблиці А.2 подано функціональні групи, які в принципі не можуть бути головними в утворенні назви органічної сполуки за номенклатурою IUPAC.

Таблиця А.3. Множинні префікси

Множинний фактор	Множинний префікс	Множинний фактор	Множинний префікс
1	моно-; ген-, уні-	8	окта-
2	ди- (ді-)	9	нона-
3	три-	10	дека-
4	тетра-	11	ундека-
5	пента-	12	додека-
6	гекса-	13	тридека-
7	гепта-	20	ікоса-

Таблиця А.4. Назви функціональних груп, які застосовують у радикально-функціональній номенклатурі

Функціональна група	Назва	Функціональна група	Назва
$\text{—C}\equiv\text{N}$	Ціанід	$\text{—N}\equiv\text{C}$	Ізоціанід
$\text{—O—C}\equiv\text{N}$	Ціанат	—N=C=O	Ізоціанат
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C=O} \\ \diagdown \end{array}$	Кетон	$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C=S} \\ \diagdown \end{array}$	Тіокетон
—OH	Спирт	—SH	Меркаптан
—OOH	Гідропероксид	—S—	Сульфід
—O—	Етер	—SO	Сульфоксид
	Оксид		Сульфон
—F	Флуорид	—Cl	Хлорид
—Br	Бромід	—I	Йодид

ДОДАТОК Б

Побудова структурних ізомерів

Структурні ізомери – це сполуки з однаковою молекулярною формулою, але різною будовою каркаса молекули або просторовим розміщенням функціональних груп.

Для систематичної ідентифікації таких ізомерів, особливо коли йдеться про **стереоізомери**, використовують **систему Кана – Інгольда – Прелога (КІП або CIP)**, яку у 1950-х роках розробили Роберт Кан, Крістофер Інгольд та Володимир Прелог.

CIP дає змогу визначати конфігурацію атомів або груп у просторі, а правила, розроблені в межах цієї системи, застосовують для присвоєння пріоритетів замісникам, сполученим із хіральними центрами або атомами з кратними зв'язками.

Хіральні центри – це атоми в молекулі, які мають чотири різні замісники, що робить неможливою сумісність дзеркальних відображень молекули.

Застосування правил CIP для побудови структурних ізомерів має такі основні етапи:

1) Присвоєння пріоритетів атомам, безпосередньо зв'язаним із центром хіральності (або з подвійним зв'язком). Пріоритет визначають за **атомним номером**: що більший атомний номер, то вищий пріоритет.

Наприклад: $I > Br > Cl > S > F > O > N > C > H$.

2) У разі, коли безпосередньо зв'язані атоми є однаковими, порівнюють суму атомних номерів атомів наступного рівня (тобто аналізують зв'язки далі по ланцюгу) (рис. 1).

3) Подвійні та потрійні зв'язки розглядають як зв'язки з «фіктивними» атомами.

Наприклад, зв'язок=O інтерпретують як з'єднання з двома атомами O (O–O), щоб коректно оцінити розгалуження.

4) Визначення конфігурації (R/S або E/Z).

Під час визначення **R/S-конфігурації** оптичних ізомерів (клиноподібна структура) обхід замісників від найвищого до найнижчого пріоритету біля хіральних центрів відбувається за годинниковою стрілкою – конфігурація **R** (від лат. *rectus* – правий); проти – **S** (*sinister* – лівий).

Під час визначення **E/Z-конфігурації** геометричних ізомерів (наприклад, у випадку алкенів): якщо два вищі пріоритети розташовані по один бік подвійного зв'язку – конфігурація **Z** (*zusammen* – разом), а якщо по різні боки – конфігурація **E** (*entgegen* – протилежно).

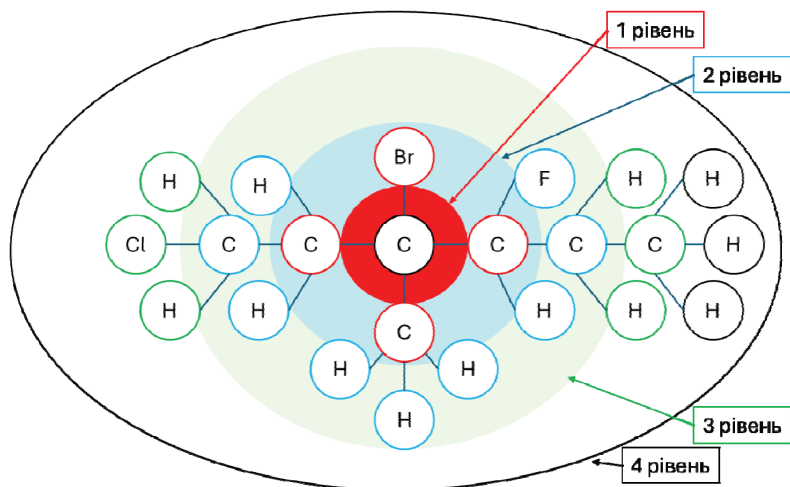


Рис. Б.1. Пріоритети атомів 1–4 рівнів

ДОДАТОК В

Кількість структурних ізомерів органічних сполук

Тип органічних сполук	Кількість атомів Карбону в молекулі									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Алкани C_nH_{2n+2}	1	1	1	2	3	5	9	18	35	75
Алкени C_nH_{2n}	0	1	1	3	5	13	27	66	253	377
Алкіни C_nH_{2n-2}	0	1	1	2	3	7	14	32	72	171
Однозаміщені похідні алканів $C_nH_{2n-1}X^*$	1	1	2	4	8	17	39	89	211	507
Двозаміщені похідні алканів з різними замісниками $C_nH_{2n}XY$	1	2	5	12	31	80	210	555	1479	3959
Двозаміщені похідні алканів з однаковими замісниками $C_nH_{2n}X_2$	1	2	4	9	21	52	129	332	859	2261
Тризаміщені похідні алканів з однаковими замісниками $C_nH_{2n-1}X_3$	1	2	5	14	39	109	312	890	2552	7325
Чотиризаміщені похідні алканів з однаковими замісниками $C_nH_{2n-2}X_4$	1	2	6	20	62	198	625	1972	6169	19226

* X – галогени (F, Cl, Br, I), OH, CHO, COOH, NH₂ та ін.

ДОДАТОК Г

Таблиці спектральних даних

Таблиця Г.1. Основні частоти коливань зв'язків в ІЧ-спектрах сполук

Діапазон, см ⁻¹	Інтенсивність	Тип коливань	Тип сполуки (група)
3700–3584	середня (сер.), вузька	O–H валентні	вільний спирт
3550–3200	сильна, широка	O–H валентні	зв'язаний спирт
3500–3400	середня (сер.)	N–H валентні	первинні аміни
3330–3250	середня (сер.)	N–H валентні	аліфатичні первинні аміни
3350–3310	середня (сер.)	N–H валентні	вторинні аміни
3300–2500	сильна, широка	O–H валентні	карбонові кислоти
3200–2700	слабка, широка	O–H валентні	внутрішньомолекулярно зв'язаний спирт
3000–2800	сильна, широка	N–H валентні	сіль аміногрупи
3333–3267	сильна, вузька	C–H валентні	алкін
3100–3000	середня (сер.)	C–H валентні	алкен
3000–2840	середня (сер.)	C–H валентні	алкан
2830–2695	середня (сер.)	C–H валентні (подвійний пік)	альдегід
2600–2550	слабка	S–H валентні	тіол
2349	сильна	O=C=O валентні	вуглекислий газ
2275–2250	сильна, широка	N=C=O валентні	ізоціанат
2260–2222	слабка	C≡N валентні	нітрили
2260–2190	слабка	C≡C валентні	дизаміщений алкін
2175–2140	сильна	S–C≡N валентні	тіоціанат
2160–2120	сильна	N=N=N валентні	азид
2150	—	C=C=O валентні	кетен
2145–2120	сильна	N=C=N валентні	карбодіімід
2140–2100	слабка	C≡C валентні	монозаміщений алкін
2140–1990	сильна	N=C=S валентні	ізотіоціанат

Діапазон, см ⁻¹	Інтенсивність	Тип коливань	Група
2000–1900	середня (сер.)	C=C=C валентні	аллен
2000	—	C=C=N валентні	кетенімін
2000–1650	слабка (сл.)	C–H деформаційні	ароматичні сполуки (обертони)
1818–1750	сильна (с.)	C=O валентні	ангідрид
1815–1785	сильна (с.)	C=O валентні	галогенангідрид
1800–1770	сильна (с.)	C=O валентні	кон'югований галогенангідрид
1775–1720	сильна (с.)	C=O валентні	кон'югований ангідрид
1770–1780	сильна (с.)	C=O валентні	вініловий або фенільний естер
1760	сильна (с.)	C=O валентні	мономерна карбонова кислота
1750–1735	сильна (с.)	C=O валентні	естер / δ-лактон
1745	сильна (с.)	C=O валентні	циклопентанон
1740–1720	сильна (с.)	C=O валентні	альдегід
1730–1715	сильна (с.)	C=O валентні	α,β-ненасичений естер / форміат
1725–1705	сильна (с.)	C=O валентні	аліфатичний кетон / циклогексанон
1720–1706	сильна (с.)	C=O валентні	димер карбонової кислоти
1710–1680	сильна (с.)	C=O валентні	кон'югований димер кислоти
1710–1685	сильна (с.)	C=O валентні	кон'югований альдегід
1690	сильна (с.)	C=O валентні	первинний амід
1690–1640	середня (сер.)	C=N валентні	іміни / оксими
1685–1666	сильна (с.)	C=O валентні	кон'югований кетон
1680	сильна (с.)	C=O валентні	вторинний амід
1650	сильна (с.)	C=O валентні	δ-лактам
1678–1668	слабка (сл.)	C=C валентні	транс-алкен (дизаміщений)

Діапазон, см ⁻¹	Інтенсивність	Тип коливань	Група
1675–1665	слабка (сл.)	C=C валентні	три- і тетразаміщені алкени
1662–1626	середня (сер.)	C=C валентні	цис-алкен (дизаміщений)
1658–1648	середня (сер.)	C=C валентні	вініліден
1650–1600	середня (сер.)	C=C валентні	кон'югований алкен
1650–1580	середня (сер.)	N–H деформаційні	аміни
1550–1500	сильна (с.)	N–O валентні	нітросполуки
1465	середня (сер.)	C–H деформаційні	метилен алкану
1450–1375	середня (сер.)	C–H деформаційні	метил алкану
1400–1000	сильна (с.)	C–F валентні	флуоровмісні сполуки
1390–1310	середня (сер.)	O–H деформаційні	феноли
1372–1335 1195–1168	сильна (с.)	S=O валентні	сульфонати
1370–1335 1170–1155	сильна (с.)	S=O валентні	сульфонаміди
1350–1342; 1165–1150	сильна (с.)	S=O валентні	сульфонові кислоти
1350–1300; 1160–1120	сильна (с.)	S=O валентні	сульфон
1342–1266	сильна (с.)	C–N валентні	ароматичні аміни
1310–1250	сильна (с.)	C–O валентні	ароматичний естер
1275–1200; 1075–1020	сильна (с.)	C–O валентні	алкіларильний етер
1250–1020	середня (сер.)	C–N валентні	аміни
1225–1200; 1075–1020	сильна (с.)	C–O валентні	вініловий етер
1210–1163	сильна (с.)	C–O валентні	естер
1205–1124	сильна (с.)	C–O валентні	третинний спирт
1150–1085	сильна (с.)	C–O валентні	аліфатичний етер
1124–1087	сильна (с.)	C–O валентні	вторинний спирт

Діапазон, см ⁻¹	Інтенсивність	Тип коливань	Група
1085–1050	сильна (с.)	C–O валентні	первинний спирт
1070–1030	сильна (с.)	S=O валентні	сульфоксид
1050–1040	сильна (с.), широка	CO–O–CO валентні	ангідрид
995–985 915–905	сильна (с.)	C=C деформаційні	монозаміщ. алкен
980–960	сильна (с.)	C=C деформаційні	дизаміщ. алкен (trans)
895–885	сильна (с.)	C=C деформаційні	вініліден
850–550	сильна (с.)	C–Cl валентні	галогенопохідні
840–790	середня (сер.)	C=C деформаційні	тризаміщ. алкен
730–665	сильна (с.)	C=C деформаційні	цис-дизаміщ. алкен
690–515	сильна (с.)	C–Br валентні	галогенопохідні
600–500	сильна (с.)	C–I валентні	галогенопохідні
880±20; 810±20	сильна (с.)	C–H деформаційні	1,2,4-тризаміщ. бензен
880±20; 780±20 (700±20)	сильна (с.)	C–H деформаційні	1,3-дизаміщ. бензен
810±20	сильна (с.)	C–H деформаційні	1,4-дизаміщ. або 1,2,3,4-тетразаміщ. бензен
780±20 (700±20)	сильна (с.)	C–H деформаційні	1,2,3-тризаміщ. бензен
755±20	сильна (с.)	C–H деформаційні	1,2-дизаміщ. бензен
750±20; 700±20	сильна (с.)	C–H деформаційні	монозаміщ бензен

Таблицю спектральних даних (ІЧ-спектроскопія) перекладено та адаптовано згідно з електронним ресурсом: <https://chem.libretexts.org>.

URL: https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Reference/Reference_Table/s/Spectroscopic_Reference_Tables/Infrared_Spectroscopy_Absorption_Table.

Таблиця Г.2. Хімічні зсуви сигналів у H^1 ЯМР спектрах сполук

Тип Гідрогену	Хімічний зсув, м.ч.
RCH_3	0,9–1,0
RCH_2R	1,2–1,7
R_3CH	1,5–2,0
	2,0–2,3
$\begin{array}{c} R \quad CH_3 \\ \diagdown \quad / \\ C=C \\ / \quad \diagdown \\ R \quad R \end{array}$	1,5–1,8
RNH_2	1–3
$ArCH_3$	2,2–2,4
$R-C \equiv C-H$	2,3–3,0
$ROCH_3$	3,7–3,9
$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-O-CH_3 \end{array}$	3,7–3,9
ROH	1–5
$\begin{array}{c} R \quad H \\ \diagdown \quad / \\ C=C \\ / \quad \diagdown \\ R \quad R \end{array}$	3,7–6,5
$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-N-R \\ \\ H \end{array}$	5–9
ArH	6,0–8,7
$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-H \end{array}$	9,5–10,0
$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-OH \end{array}$	10–13

Таблицю спектральних даних H^1 ЯМР спектрів перекладено та адаптовано згідно з електронним ресурсом: <https://chem.libretexts.org>. URL: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_\(Morsch_et_al.\)/13:_Structure_Determination_Nuclear_Magnetic_Resonance_Spectroscopy/13.03:_Chemical_Shifts_in_H_NMR_Spectroscopy](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_(Morsch_et_al.)/13:_Structure_Determination_Nuclear_Magnetic_Resonance_Spectroscopy/13.03:_Chemical_Shifts_in_H_NMR_Spectroscopy).

Таблиця Г.3. Хімічні зсуви сигналів у C^{13} ЯМР спектрах сполук

Атом Карбону	Хімічний зсув, м.ч.
$\underline{C}=O$ (в кетонах)	205–220
$\underline{C}=O$ (в альдегідах)	190–200
$\underline{C}=O$ (у кислотах та естерах)	170–185
$\underline{C}$ в ароматичних кільцях	125–150
$\underline{C}=\underline{C}$ (в алкенах)	115–140
$R\underline{C}H_2OH$	50–65
$R\underline{C}H_2Cl$	40–45
$R\underline{C}H_2NH_2$	37–45
$R_3\underline{C}H$	25–35
$\underline{C}H_3CO-$	20–30
$R_2\underline{C}H_2$	16–25
$R\underline{C}H_3$	10–15

Таблицю спектральних даних C^{13} ЯМР спектрів перекладено та адаптовано згідно з електронним ресурсом: Clark J. <https://chem.libretexts.org>.

URL: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Spectroscopy/Magnetic_Resonance_Spectroscopies/Nuclear_Magnetic_Resonance/NMR:_Structural_Assignment/Interpreting_C-13_NMR_Spectra](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Spectroscopy/Magnetic_Resonance_Spectroscopies/Nuclear_Magnetic_Resonance/NMR:_Structural_Assignment/Interpreting_C-13_NMR_Spectra).

СПИСОК

ВИКОРИСТАНИХ І РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобрівник Л. Органічна хімія / Л. Бобрівник, В. Руденко, Г. Лезенко. Київ : Перун, 2005. 544 с.
2. Бойчук І. Д. Органічна хімія : навч. посіб. / І. Д. Бойчук, Л. О. Зубрицька. Київ : ВСВ «Медицина», 2012. 240 с.
3. Воронов С. Органічна хімія / С. Воронов, В. Дончак, А. Когут. Львів : Львівська політехніка, 2021. 488 с.
4. Глубіш П. А. Органічна хімія : навч. посіб. Ч. 1: Аліфатичні і ароматичні вуглеводні. Київ : НМЦВО, 2002. 296 с.
5. Жалніна Г. Г. Збірник завдань для контролю самостійної роботи при вивченні курсу «Органічна хімія». Ч. 1, 2. Київ : НаУКМА, 2005.
6. Ластухін Ю. О. Органічна хімія : підручник для вищих навч. закладів / Ю. О. Ластухін, С. А. Воронов. Львів : Центр Європи, 2006. 864 с.
7. Органічна хімія. Програма, робочий план і методичні вказівки з теоретичного курсу і лабораторно-практичних занять. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1972.
8. Черних В. П. Органічна хімія : підручник для студентів вищих навч. закладів / В. П. Черних, Б. С. Зіменковський, І. С. Гриценко. 2-ге вид., випр. і допов. Харків : Вид-во НФаУ, 2008. 752 с.
9. Brief guide to the nomenclature of organic chemistry (IUPAC Technical Report) / K.-H. Hellwich et al. *Pure and Applied Chemistry*. 2020. Vol. 92, no. 3. P. 527–539. <https://doi.org/10.1515/pac-2019-0104>
10. Bruice P. Y. Organic chemistry. Kindle Edition, 2020.
11. Clark J. <https://chem.libretexts.org>. URL: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Spectroscopy/Magnetic_Resonance_Spectroscopies/Nuclear_Magnetic_Resonance/NMR:_Structural_Assignment/Interpreting_C-13_NMR_Spectra](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Spectroscopy/Magnetic_Resonance_Spectroscopies/Nuclear_Magnetic_Resonance/NMR:_Structural_Assignment/Interpreting_C-13_NMR_Spectra).
12. Organic chemistry: a modern approach. Both volumes. Paperback, 2017.
13. Smith M. B. Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure. Wiley, 2013.
14. <https://chem.libretexts.org>.
URL: https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Reference/Reference_Tables/Spectroscopic_Reference_Tables/Infrared_Spectroscopy_Absorption_Table.
15. <https://chem.libretexts.org>.
URL: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_\(Morsch_et_al.\)/13:_Structure_Determination_-_Nuclear_Magnetic_Resonance_Spectroscopy/13.03:_Chemical_Shifts_in_H_NMR_Spectroscopy](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_(Morsch_et_al.)/13:_Structure_Determination_-_Nuclear_Magnetic_Resonance_Spectroscopy/13.03:_Chemical_Shifts_in_H_NMR_Spectroscopy).

Навчальне видання

**ОРГАНІЧНА ХІМІЯ
АЛКАНИ ТА АЛКЕНИ**

Навчальний посібник

Укладачі
ЖАЛНІНА Галина Геннадіївна
СІКАЧ Аліна Вячеславівна

Коректорка *Наталія Мінько*
Макетування *Андрія Шмаркатука*

Підписано до друку 24.04.2026.
Формат 60×90/16. Гарнітура Arial.
Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 4,31.
Наклад 50 пр.

Адреса редакційно-видавничого відділу НаУКМА:
вул. Г. Сковороди, 2, Київ, 04070,
тел.: (044) 425-45-44
redviddil@ukma.edu.ua

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців,
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 3631 від 23.11.2009

Надруковано у ТОВ «КАЛЕНДАР ТМ»,
вул. Бориспільська, 9, м. Київ, 02099,
тел./факс: (044) 586-48-65
Свідоцтво про реєстрацію № 1 065 102 0000 030082 від 21.02.2019