

Міністерство освіти і науки України

Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»

Кафедра хімії та фізики

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 103
«НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ», 184 «ГІРНИЦТВО», 185 «НАФТОГАЗОВА
ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» (МОДУЛЬ «ОРГАНІЧНА ХІМІЯ»)**



Полтава 2022

УДК 547(075.8)
Конс 65

Рецензенти:

Іваницька І.О., доцент кафедри хімії та фізики, кандидат хімічних наук, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

Степова О.В., завідувач кафедри прикладної екології та природокористування, доктор технічних наук, професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Рекомендовано до друку науково-методичною радою ННІНіГ Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Протокол № 27 від 27.04.2022 р.

Конспект лекцій для студентів спеціальностей 103 «Науки про Землю», 184 «Гірництво», 185 «Нафтогазова інженерія та технології» (модуль «Органічна хімія») / уклад. Н.В. Бунякіна. – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка», 2022. – 84 с.: іл.

У конспекті лекцій викладено теоретичні уявлення в органічній хімії, ізомерію, номенклатуру та властивості таких сполук як вуглеводні, монофункціональні похідні вуглеводнів, гетероциклічні сполуки. Кожний розділ завершується контрольними питаннями.

Конспект лекцій з модуля «Органічна хімія» призначено для студентів спеціальностей 103 «Науки про Землю», 185 «Гірництво», 185 «Нафтогазова інженерія та технології».

© Бунякіна Н.В., 2022

22.07.02.29

Програма модуля «ОРГАНІЧНА ХІМІЯ»

Вступ.

Предмет органічної хімії. Причини виділення органічної хімії у самостійну науку. Найважливіші етапи розвитку органічної хімії і промисловості органічного синтезу. Поняття про методи виділення, очищення та ідентифікації органічних сполук.

Тема 1. Теоретичні уявлення в органічній хімії.

Передумови створення теорії хімічної будови органічних сполук. Теорія хімічної будови органічних сполук О.М. Бутлерова і її підтвердження. Класифікація реакцій органічних сполук за напрямком перебігу. Реакції заміщення, приєднання, відщеплення; молекулярні перегрупування. Класифікація органічних сполук. Поняття про функціональну групу. Номенклатура органічних сполук. Явище ізомерії органічних сполук. Структурна, просторова, динамічна ізомерія. Види структурної ізомерії.

Тема 2. Вуглеводні.

2.1. Алкани.

Класифікація вуглеводнів. Електронна будова простого вуглецевого зв'язку: sp^3 -гібридизація, σ -зв'язок. Тетраедрична модель атому вуглецю. Алкани. Загальна формула. Гомологічний ряд насичених вуглеводнів. Явище гомології. Поняття про алкіли, їх назва. Загальна формула алкілів. Первинні, вторинні, третинні та четвертинні атоми вуглецю. Номенклатура та ізомерія алканів. Фізичні властивості. Хімічні властивості насичених вуглеводнів: реакції з галогенами, нітратною кислотою; дегідрування; окиснення. Нафта. Хімічний склад та фізичні властивості нафти. Природний газ. Хімічний склад природного газу.

2.2. Алкени. Алкіни.

Електронна будова подвійного вуглецевого зв'язку: sp^2 -гібридизація, σ - і π -зв'язки. Алкени. Загальна формула. Гомологічний ряд етиленових вуглеводнів. Номенклатура. Ізомерія: структурна і геометрична. Фізичні властивості алкенів. Хімічні властивості: приєднання водню, галогенів, галогеноводнів; полімеризація; окиснення. Електронна будова потрійного вуглецевого зв'язку: sp -гібридизація, σ - і π -зв'язки. Алкіни. Загальна формула. Гомологічний ряд ацетиленових вуглеводнів. Номенклатура та ізомерія. Фізичні властивості. Хімічні властивості: приєднання водню, галогенів, галогеноводнів; утворення ацетиленідів, полімеризація; окиснення.

2.3. Циклічні вуглеводні. Арени.

Циклічні вуглеводні, їх класифікація. Циклоалкани. Загальна формула. Гомологічний ряд. Номенклатура. Ізомерія. Фізичні властивості. Хімічні властивості: взаємодія з воднем, галогенами, галогеноводнями. Сучасні уявлення про будову молекули бензолу. Поняття про ароматичний характер. Арени. Загальна формула. Гомологічний ряд аренів. Номенклатура та ізомерія. Фізичні властивості бензолу і його гомологів. Хімічні властивості бензолу. Реакції заміщення: взаємодія з галогенопохідними, галогенами, нітратною та сульфатною кислотами. Реакції приєднання водню, галогенів. Окиснення бензолу і його гомологів.

2.4. Багатоядерні ароматичні сполуки.

Ароматичні вуглеводні з конденсованими бензольними ядрами, їх класифікація. Нафталін. Номенклатура та ізомерія монопохідних нафталіну. Фізичні властивості. Хімічні властивості. Загальна характеристика. Реакції приєднання (гідрування), заміщення (нітрування, сульфування, галогенування) та окиснення. Антрацен і фенантрен. Окиснення антрацену. Алізарин, його властивості. Багатоядерні ароматичні сполуки з неконденсованими бензольними ядрами. Дифеніл. Трифеніл. Похідні алканів, алкенів, алкінів. Фенолфталеїн.

Тема 3. Монофункціональні похідні вуглеводнів.

3.1. Гідроксисполуки.

Визначення. Класифікація. Одноатомні насичені спирти. Загальна формула. Гомологічний ряд. Поняття про первинний, вторинний та третинний спирти. Номенклатура спиртів. Ізомерія. Фізичні властивості. Хімічні властивості. Взаємодія з активними металами, галогеноводнями. Дегідратація й окиснення. Двохатомні спирти. Етиленгліколь. Трьохатомні спирти. Гліцерин. Взаємодія етиленгліколю і гліцерину з купрум(II) гідроксидом. Фенол. Фізичні властивості. Хімічні властивості: взаємодія з металами, лугами, ферум(III) хлоридом, воднем, бромом.

3.2. Оксосполуки.

Альдегіди і кетони. Насичені оксосполуки. Загальна формула. Гомологічний ряд альдегідів. Гомологічний рід кетонів. Номенклатура оксосполук. Ізомерія альдегідів і кетонів. Міжкласова ізомерія. Фізичні властивості. Хімічні властивості: взаємодія з воднем, натрій гідросульфідом, окиснення. Кольорова реакція альдегідів з фуксинсірчистою кислотою.

3.3. Карбонові кислоти.

Класифікація. Одноосновні насичені карбонові кислоти. Загальна формула. Гомологічний ряд. Номенклатура. Ізомерія. Фізичні властивості. Хімічні властивості. Загальна характеристика. Кислотність. Утворення солей, естерів, галогенкарбонових кислот. Двохосновні кислоти. Щавлева кислота. Особливості хімічних властивостей.

3.4. Галогенопохідні, сульфуро- й нітрогеновмісні сполуки.

Галогенопохідні сполуки, їх класифікація. Сірковмісні сполуки. Тіоспирти та тіоефіри. Сульфо кислоти. Азотовмісні сполуки. Класифікація. Нітросполуки. Аміни: первинні, вторинні та третинні.

Тема 4. Гетероциклічні сполуки (для самостійного вивчення).

Визначення. Класифікація за кількістю атомів у циклі. Переважне значення оксигену, сульфуру і нітрогену як гетероатомів. П'ятичленні гетероциклічні сполуки. Класифікація за кількістю гетероатомів і будовою. Номенклатура похідних фурану, тіофену і піролу. Ароматичність гетероциклів. Взаємний обмін гетероатомів. Природні сполуки піролу. Порфін, гемоглобін, хлорофіл. Шестичленні гетероциклічні сполуки. Класифікація за кількістю гетероатомів і будовою. Піридин. Будова молекули, номенклатура та ізомерія похідних піридину.

Вступ

1. Предмет органічної хімії.
2. Виникнення органічної хімії та етапи її розвитку.
3. Вивчення будови органічних речовин.

1. Предмет органічної хімії

Основний елемент, який входить до складу органічних сполук, є Карбон. Тому О.М. Бутлеров визначав органічну хімію як хімію сполук Карбону. Але є речовини, котрі містять Карбон: CO , CO_2 , Na_2CO_3 , карбонати металів, що належать до неорганічних сполук і вивчаються в неорганічній хімії. Тому більш точне визначення органічної хімії: **органічна хімія – це хімія вуглеводнів і їх похідних.**

2. Виникнення органічної хімії та етапи її розвитку

Органічна хімія порівняно молода наука. Вона налічує трохи більше 160 років.

Причини виділення органічної хімії в самостійну науку.

1. Численність органічних речовин (зараз відомо більше 10 мільйонів органічних речовин, в той час неорганічних близько 150 тисяч).
2. Складність і своєрідність органічних речовин порівняно з неорганічними.

Наприклад, органічні сполуки термічно нестійкі (часто не більше 100°C), а неорганічні можна нагрівати до високої температури.

Хімічна взаємодія органічних речовин відбувається повільніше, ніж неорганічних речовин, що обумовлено природою ковалентного зв'язку.

Карбон має особливу властивість сполучатися не тільки з іншими атомами Карбону, але майже з усіма атомами хімічних елементів періодичної системи, крім інертних газів.

Окрім того, в органічній хімії зустрічаються нові поняття і явища: **радикал, функціональна група, ізомерія, гомологія, взаємний вплив атомів у молекулі.**

3. Органічні речовини мають виключне значення для людини:

- а) знаходять всебічне використання (полімери, каучуки, синтетичні тканини, барвники тощо);
- б) тісно пов'язані з процесами життєдіяльності тваринних і рослинних організмів (білки, жири, вуглеводи, алкалоїди тощо).

Однак проводити різку грань між органічною і неорганічною хімією не можна. Тут і там діють одні і ті ж самі закони. Серед органічних сполук зустрічаються речовини, які вивчаються в неорганічній хімії. Але необхідно пам'ятати: **органічна хімія – наука про більш високу форму організації матерії.**

Знайомство людини зі сполуками органічного типу почалося приблизно чотири тисячі років тому у так званий передалхімічний період (від початку цивілізації до IV ст. н.е.). Так, у Стародавньому Єгипті та інших країнах покоління жерців вже мали рецепти приготування спиртних напоїв (вино, пиво) за допомогою бродіння виноградного соку; фарбували тканини натуральними барвниками (індіго, пурпур, марена, шафран); добували оливкову, касторову, трояндову та інші запашні олії; оцет, рослинні та тваринні жири, парфуми, гас, ліки. Пліній Другий (23 – 79 рр.) у «Природній історії» описав приготування мила обробкою жирів рослинною золою, вапном і лугами природного походження. У ті часи на Далекому Сході (Індія, Китай) розвивається мистецтво фарбування, виготовлення тканин, паперу.

В алхімічний період (від IV ст. н.е. до XVI ст.) завдяки «арабській», «греко-єгипетській» і «західній» алхімії проведено значну кількість емпіричних досліджень з метою застосування органічних сполук у фармації. Незважаючи на відсутність наукових понять і тлумачень у хімічній галузі, на безпорадну спробу добути «еліксир життя» або «філософський камінь», «універсальний розчинник», існування алхімії допомагало становленню різних ремісничих виробництв, лікуванню людини.

У наступному періоді розвитку хімії – періоді її об'єднання (XVI – XVIII ст.) – виділяється так звана «ятрохімія» (лікарняна хімія). Її засновник Парацельс (Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм, 1493 – 1541 рр.) вважав, що мета хімії – приготування не золота, а ліків. Завдяки такому підходу органічна хімія поступово збагачується новими речовинами і лабораторними прийомами роботи.

У період нагромадження знань про нові речовини, добуті з рослинного і тваринного світу, одночасно розвивалося виробництво барвників, бавовни, тканин, паперу, цукру, що, у свою чергу, тією чи іншою мірою стимулююче впливало на наукові дослідження.

Незважаючи на деякі досягнення, органічна хімія ще не піднялася від ремесла до науки, перебувала в зародковому стані своєї описової фази розвитку, а дослідження йшли методом спроб і помилок.

Одночасно формується думка про відмінність між органічними та неорганічними сполуками. Так, Ю. Валеріус (1747 р.) і незалежно від нього М. Ломоносов (1752 р.) розглядали всі речовини («тіла») як органічні та неорганічні. Пізніше Т. Бергман (1784 р.) провів межу між неорганічними речовинами та сполуками рослинного і тваринного світу. Але цього було недостатньо для подолання емпіричного стану хімічних досліджень. До того ж на розвиток хімічної науки того часу суттєво впливали віталістичні погляди (від лат. *vis vitalis* — життєва сила). Віталістична теорія стверджувала, що органічні сполуки утворюються тільки під дією «життєвої сили» в організмах людини, тварини чи рослини, тому перехід однієї групи сполук в іншу неможливий.

Визнаний авторитет серед хіміків того часу Я. Берцеліус також заперечував можливість добути органічні речовини з неорганічних. Визначення «органічна хімія» було зроблено Я. Берцеліусом (1779 – 1848 рр.) у «Лекціях з

тваринної хімії».

Інтенсивне зростання промисловості в Європі XVIII – XIX ст. сприяло активізації наукових досліджень у галузі органічної хімії для створення виробництв барвників, вибухових речовин, ліків. Тому діалектично виникла потреба в певних теоретичних знаннях, які дозволяли б цілеспрямовано отримувати ті чи інші необхідні сполуки для потреб суспільства. Починається бурхливий розвиток теоретичних досліджень в органічній хімії.

Теорія віталізму певний час гальмувала матеріалістичне пізнання органічного світу. Завдяки створенню кількісних законів хімії (атомна теорія Дж. Дальтона, атомно-молекулярна теорія А. Авогадро, визначення експериментальним методом атомних мас; атомна реформа С. Канніццаро тощо) став можливим подальший розвиток теоретичних поглядів. Це, звичайно, завдало значного удару по теорії віталізму. До того ж у першій половині XIX ст. існував певний фактичний матеріал, що однозначно свідчив про можливість синтезу органічних сполук з типово неорганічних або з тих органічних, що, у свою чергу, добувалися лише з рослин і тварин.

Так, у 1824 р. Ф. Велер синтезував типово органічну сполуку рослинного походження щавлеву кислоту. Згодом йому вдалося (1828 р.) добути іншу органічну сполуку тваринного походження карбамід (сечовину).

Хронологічний перелік найважливіших синтезів того часу наведено нижче:

- 1824 р. — Ф. Велер, щавлева кислота з диціану;
- 1825 р. — Х. Гмелін, кротонова кислота з оксиду вуглецю і калію;
- 1828 р. — Ф. Велер, сечовина з ціанату амонію;
- 1831 р. — Т. Пелуз, мурашина кислота з ціанідної кислоти;
- 1842 р. — М. Зінін, анілін з нітробензолу;
- 1845 р. — Г. Кольбе, оцтова кислота з вугілля, сірки, хлору і води;
- 1854 р. — М. Бертло, жири з гліцерину і відповідних кислот;
- 1861 р. — О. Бутлеров, прості вуглеводи з формальдегіду.

Успіхи органічного синтезу привели до появи різних теорій, які більш або менш задовільно пояснювали результати експерименту і сприяли наближенню пізнання будови органічних сполук. Із широкого кола теоретичних поглядів, що з'явилися у першій половині XIX ст., до органічної хімії належали такі теорії: електрохімічна Я. Берцеліуса, етерину Ж. Дюма, радикалів Ю. Лібіха та Ф. Велера, заміщення Ж. Дюма, ядер О. Лорана, багатоосновних кислот Ю. Лібіха, унітарна Ш. Жерара, типів Ш. Жерара, О. Лорана. З наведеного переліку найбільшої уваги заслуговують теорія радикалів і теорія типів, які відіграли певну роль у теоретичному розвитку органічної хімії.

Такі теоретичні розробки дозволили О.М. Бутлерову 1861 р. сформулювати структурну теорію будови органічних сполук. Структурна теорія будови органічних сполук дозволила систематизувати величезний експериментальний матеріал, вийти на шлях цілеспрямованого синтезу нових сполук, що було зроблено в першу чергу самим О. Бутлеровим. Так, він синтезував невідомі тоді трет-бутиловий спирт (1863 р.) та ізобутан (1866 р.).

Особливо швидко розвивається органічна хімія 60-х роках XIX сторіччя,

після створення структурної теорії будови органічних речовин.

Уже в ХХ сторіччі були створені нафто- і газопереробна промисловість, почалося виробництво пластмас, синтетичних волокон і каучуків. Одержала розвиток хімія барвників, лікарських речовин, вітамінів. Органічні сполуки знайшли використання в усіх галузях промисловості: харчовій, фармацевтичній, шкіряній, паливній, текстильній та ін.

3. Визначення будови органічних сполук

Для встановлення будови нової органічної сполуки потрібно:

- 1) виділити і очистити органічну речовину;
- 2) визначити її якісний і кількісний склад, загальну формулу, молекулярну масу;
- 3) визначити зв'язки і функціональні групи синтезованої сполуки.

Методи виділення і очищення. Для визначення будови органічних сполук необхідна їх висока чистота, відсутність домішок. Синтезовані речовини, як правило, містять деяку кількість домішок: вихідні речовини, що не провзаємодіяли; побічні продукти, розчинники та ін.

Для виділення індивідуальних органічних сполук існують відповідні методики: перегонка проста, вакуумна, з водяною парою; перекристалізація; сублімація; екстракція з розчину, суспензії або твердого стану; хроматографія на папері, в колонках, газова, рідинна, адсорбційна, тонкошарова тощо. Вибір методу залежить від агрегатного стану синтезованої сполуки.

Після виділення і очищення органічної речовини встановлюють її якісний і кількісний склад за допомогою класичних методів аналізу.

Якісний і кількісний аналіз. Важливою інформацією про синтезовану сполуку є її елементний склад, котрий дозволяє з'ясувати тип елементів та їх співвідношення в молекулі. Це дозволяє зробити якісний і кількісний аналіз.

Якісний аналіз встановлює, які хімічні елементи входять до складу синтезованої сполуки. Для цього спочатку руйнують органічну сполуку, переводять її в неорганічні сполуки, котрі потім легко визначають загальними аналітичними методами.

Після того, як встановлено якісний склад органічної сполуки, визначають відсотковий вміст кожного елементу за методами кількісного аналізу. За результатами кількісного аналізу знаходять загальну формулу органічної речовини, яка показує сумарний склад елементів, що входять в молекулу. Для знаходження дійсної формули сполуки необхідно знати її молекулярну масу.

Молекулярну масу сполук визначають за допомогою криоскопії (за зниженням температури замерзання) або ебуліоскопії (за збільшенням температури кипіння), а також сучаснішим методом – мас-спектроскопією. На підставі елементного аналізу та молекулярної маси встановлюють молекулярну брутто-формулу сполуки.

Для визначення зв'язків, функціональних груп і фрагментів, котрі входять до складу молекули органічної сполуки, використовують як хімічні, так і фізико-хімічні (інструментальні) методи дослідження.

Хімічні методи аналізу дозволяють здійснити нескладні реакції на певні

зв'язки, елементи, функціональні групи, які кількісно визначають найчастіше за допомогою відповідного титрування. Наприклад, наявність подвійних зв'язків виявляють шляхом приєднання до них бромну (знебарвлення бромної води). Потрійний зв'язок $C\equiv C-H$ встановлюють реакцією з аргентум нітратом з утворенням осаду відповідних ацетиленідів. Оцтову кислоту, що утворюється в процесі реакції, визначають титруванням лугом з відомою концентрацією. Функціональні групи визначають за допомогою специфічних реакцій для кожної з них.

Фізико-хімічні методи дозволяють швидко і з великою точністю встановити взаємне розміщення атомів у молекулі, їх взаємний вплив один на одного.

Найважливіші фізико-хімічні методи:

- 1) оптична спектроскопія (в УФ, видимій та ІЧ областях спектра);
- 2) ядерний магнітний резонанс;
- 3) протонний магнітний резонанс;
- 4) хроматографія;
- 5) рентгеноструктурний аналіз.

Так вивчають будову органічної сполуки, якщо її одержали вперше.

Коли синтезують відому органічну сполуку, то її виділяють, очищують та ідентифікують. Ідентифікація речовини – це вимірювання її фізичних констант і порівняння їх з довідниковими даними. До фізичних констант належать: густина, температури кипіння або топлення, показник заломлення, показник питомого обертання для енантіомерів тощо.

Контрольні питання

1. Що є предметом органічної хімії?
2. Які причини виділення органічної хімії в самостійну науку?
3. Які органічні речовини використовувалися в передалхімічний та алхімічний періоди?
4. Що таке «ятрохімія»?
5. Хто сформулював думку про відмінність між органічними та неорганічними сполуками?
6. Що стверджувала віталістична теорія?
7. Які причини спростування віталістичної теорії?
8. Що дозволило О. Бутлерову сформулювати структурну теорію будови органічних сполук?
9. Як встановлюють будову нової органічної сполуки?
10. Які домішки містять синтезовані речовини?
11. Які існують методики виділення індивідуальних органічних сполук?
12. Схарактеризуйте якісний і кількісний аналіз синтезованих сполук.
13. Якими методами визначають зв'язки, функціональні групи і фрагменти, котрі входять до складу молекули органічної сполуки?
14. Що таке ідентифікація речовини?

Тема 1

Теоретичні уявлення в органічній хімії

1. Структурна теорія будови органічних речовин.
2. Класифікація реакцій органічних сполук.
3. Класифікація органічних речовин.
4. Номенклатура органічних сполук.
5. Ізомерія та її види.

1. Структурна теорія будови органічних речовин

До середини XIX сторіччя склалися передумови для створення структурної теорії будови органічних речовин:

- 1) було синтезовано багато органічних речовин;
- 2) відкрите явище ізомерії;
- 3) введені поняття гомології і гомологічних рядів, атома, молекули, атомних мас, валентності елементів;
- 4) було встановлено, що Карбон IV-валентний і його атоми можуть сполучатися між собою у довгі ланцюги;
- 5) запропоновано зображати зв'язки між атомами в хімічних сполуках за допомогою рисок.

Ці відкриття стали передумовою для створення О.М. Бутлеровим структурної теорії будови органічних речовин.

О.М. Бутлеров основні ідеї своєї теорії вперше виклав у доповіді «Про хімічну будову речовин», з якою він виступив на з'їзді природодослідників у Шпейєрі в 1861 р.

Положення теорії.

1. Атоми в молекулах органічних речовин сполучені між собою в певній послідовності. Послідовність сполучення атомів у молекулі О.М. Бутлеров назвав хімічною будовою молекули.

2. Атоми в молекулах органічних речовин сполучені між собою відповідно до їх валентності. Карбон у молекулах органічних сполук IV-валентний.

3. Властивості молекул органічних речовин залежать від хімічної будови молекули:

- а) від того, які саме атоми входять до складу молекули;
- б) від кількості цих атомів;
- в) від послідовності сполучення атомів у молекулі.

4. Органічні речовини з однаковим якісним і кількісним складом, але з різною хімічною будовою, мають різні фізичні та хімічні властивості. Їх називають *ізомерами*.

5. Знаючи властивості органічних речовин, можна встановити їх хімічну будову.

6. Хімічна активність атомів, котрі входять до складу молекули органічної речовини, може змінюватися залежно від того, з якими іншими

атомами вони сполучені в цій молекулі. Зміна хімічної активності атомів зумовлена взаємним впливом як сусідніх атомів, так і інших атомів.

Успіх теорії – обґрунтування явища ізомерії, яке не знаходило пояснення близько 40 років.

Наприклад, дві речовини мають одну і ту саму формулу C_2H_6O молекулярну масу ($M = 46,07$ г/моль), але різну будову:

CH_3-CH_2-OH	CH_3-O-CH_3
етанол	диметиловий етер
рідина	газ
густина $0,7893$ г/см ³	густина $2,091$ г/см ³ ($20^\circ C$)
добре розчиняється у воді	не розчиняється у воді
взаємодіє з натрієм	не взаємодіє з натрієм

Структурна теорія будови органічних речовин підтверджена синтезом інших ізомерів найпростіших органічних сполук: ізобутан, ізобутилен тощо.

Ця теорія стала загальною теорією органічної хімії. Вона пояснила будову органічних речовин, їх властивості, дала змогу теоретично передбачити існування невідомих і нових речовин, знайти способи їх синтезу.

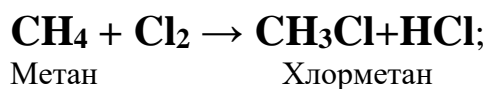
Найновіші досягнення науки поповнюють, уточнюють і підтверджують цю теорію.

2. Класифікація реакцій органічних сполук

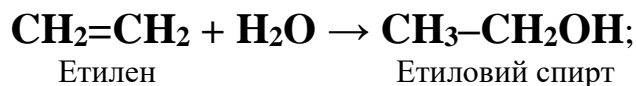
В органічній хімії реакції класифікують за *напрямком перебігу* та за *механізмом*.

Класифікація реакцій органічних речовин за напрямком перебігу:

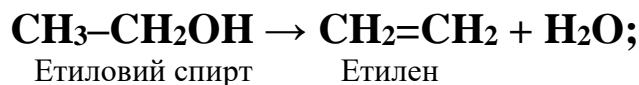
1) *реакції заміщення* – в молекулі один атом або кілька атомів заміщується іншим атомом або групою атомів, в результаті чого утворюється нова сполука



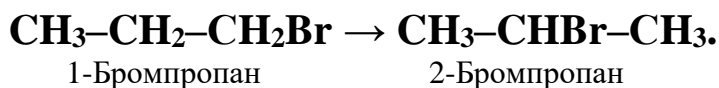
2) *реакції приєднання* – з двох або трьох молекул утворюється одна нова сполука



3) *реакції відщеплення* – зворотні реакціям приєднання



4) *молекулярні перегрупування* – супроводжуються зміною послідовності сполучення атомів у молекулі



3. Класифікація органічних речовин

Органічні сполуки класифікують (поділяють) залежно від хімічного складу, типу зв'язків між атомами Карбону, будови вуглецевого скелета, функціональної групи.

Класифікація за хімічним складом

За хімічним складом органічні речовини поділяють на дві групи: **органічні** та **елементорганічні**.

Органічні сполуки містять такі хімічні елементи як **C, H, O, N, S** і галогени, а тому їх поділяють на вуглеводні, оксигеновмісні, нітрогеновмісні, сульфуровмісні, галогеновмісні.

До складу елементорганічних сполук входять атоми, крім вище вказаних хімічних елементів, будь-які інші атоми. Ці сполуки повинні мати зв'язок між атомом Карбону і атомом хімічного елемента (**C–E**).

Класифікація за типом зв'язків між атомами Карбону

Серед органічних сполук розрізняють **насичені** і **ненасичені**. До насичених відносять такі, які мають лише одинарні **C–C**-зв'язки. В молекулах ненасичених сполук знаходяться подвійні **C=C** або (і) потрійні **C≡C** зв'язки:



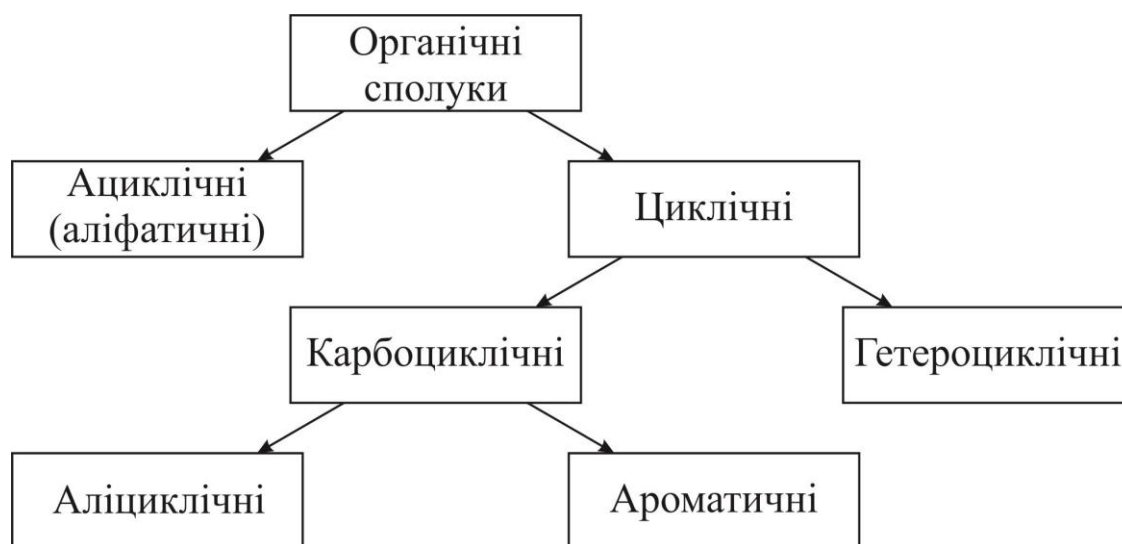
Насичена сполука



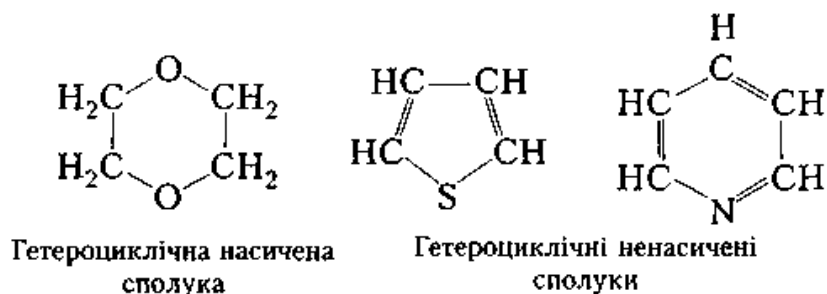
Ненасичені сполуки

Класифікація за будовою вуглецевого скелета

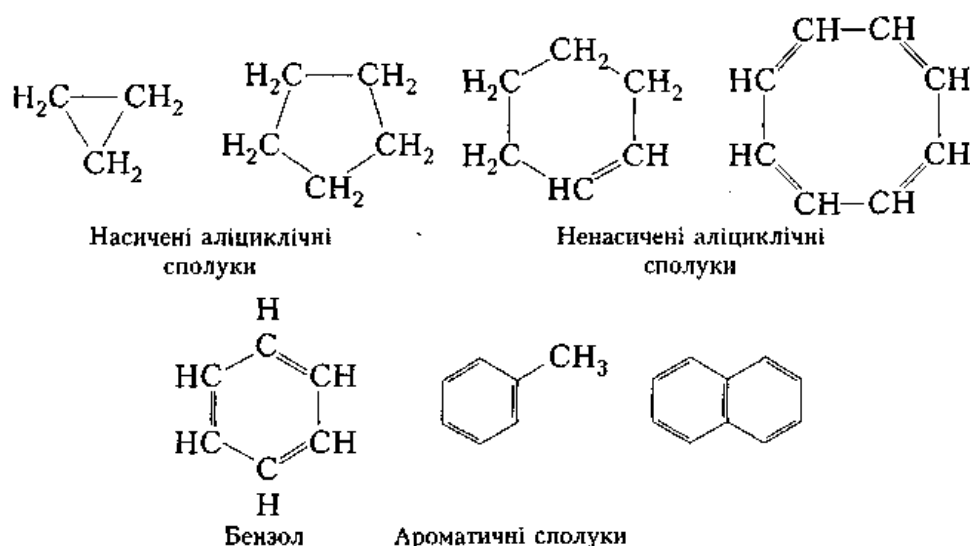
Органічні сполуки поділяють на **ациклічні** (аліфатичні) і **циклічні** (див. схему).



Ациклічні сполуки мають відкритий ланцюг вуглецевих атомів. Циклічні сполуки поділяються на **карбоциклічні** і **гетероциклічні**. Карбоциклічні мають цикл, побудований лише з атомів вуглецю, а гетероциклічні містять у циклі поряд з атомами вуглецю різні за природою елементи (переважно **N, O, S**) і бувають насичені та ненасичені:



Карбоциклічні сполуки, у свою чергу, поділяють на **аліциклічні** (аліфатичні циклічні), які бувають насиченими і ненасиченими, та на **ароматичні**. Ароматичні сполуки характеризуються наявністю в молекулі певної структури – бензолу або бензольного ядра. Для аліциклічних сполук така бензольна структура не характерна. Нижче наводяться приклади аліциклічних і ароматичних сполук:



Класифікація за функціональною групою

Функціональна група – це угруповання різних атомів, які визначають типові хімічні властивості сполуки цього класу.

Наприклад, карбоксильна функціональна група **–COOH** визначає властивості будь-якої сполуки як кислоти, а група **–OH** – як спирту.

У таблиці наведена класифікація органічних сполук за функціональною групою.

Класифікація основних органічних сполук за функціональною групою

Назва класу	Загальна формула	Функціональна група
Галогенопохідні	R–Hal	–F, –Cl, –Br, –I
Спирти	R–OH	–OH
Етери	R–O–R	–OR

Альдегіди	$R-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow H \end{array}$	$\begin{array}{l} O \\ \diagup \\ -C \\ \diagdown \\ H \end{array}$
Кетони	$R-C \begin{array}{l} \nearrow R' \\ \searrow O \end{array}$	$\begin{array}{l} \diagdown \\ C=O \\ \diagup \end{array}$
Карбонові кислоти	$R-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OH \end{array}$	$\begin{array}{l} O \\ \diagup \\ -C \\ \diagdown \\ OH \end{array}$
Естери	$R-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OR' \end{array}$	$\begin{array}{l} O \\ \diagup \\ -C \\ \diagdown \\ O-R \end{array}$
Тіоспирти	$R-SH$	$-SH$
Сульфіді (тіоетери)	$R-S-R$	$-S-R$
Сульфонові кислоти	$R-SO_2-OH$	$-SO_2-OH$
Нітросполуки	$R-NO_2$	$-NO_2$
Аміносполуки	$R-NH_2$	$-NH_2$

4. Номенклатура органічних сполук

Номенклатура органічних сполук виникла практично разом з першими теоретичними поглядами на їх хімічну будову.

Хімічна номенклатура – це сукупність правил утворення назв окремих сполук та їх класів.

Відомі три основні різновиди номенклатур для органічних сполук: 1) тривіальна, 2) раціональна, 3) систематична, або міжнародна (IUPAC).

Тривіальна номенклатура. Тривіальні, або емпіричні, назви органічних сполук були першими, які надавалися речовинам згідно з:

1) природними джерелами одержання (яблучна, молочна, бурштинова, винна кислоти; сечовина, індиго тощо);

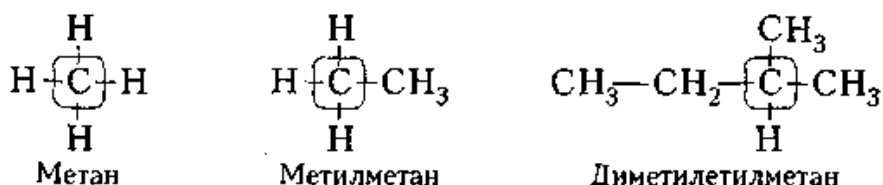
2) методами одержання (сірчаний ефір – етер, який одержували за наявності сульфатної кислоти; пірвиноградна кислота, яку добували за допомогою піролізу тощо);

3) ім'ям першовідкривача (реактив Грін'єра, спирти Фаворського, кетон Міхлера тощо).

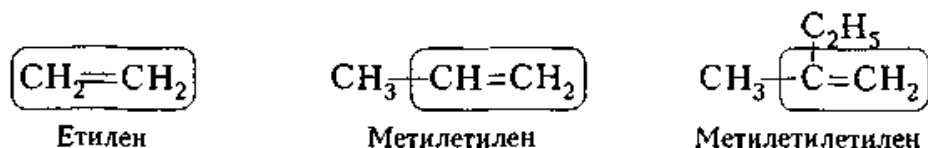
Раціональна номенклатура. Раціональна номенклатура (від лат. ratio – розум) враховує будову сполуки. В її основу покладено поділ органічних сполук на певні класи у вигляді гомологічних рядів.

Гомологічний ряд – це ряд сполук, суміжні представники яких відрізняються на однакову одиницю гомологічної різниці CH_2 .

Так, за основу гомологічного ряду алканів взято найпростіший їх представник – метан, а інші розглядають як похідні метану, наприклад



Для ненасичених сполук з подвійним зв'язком за основу взятий етилен:



Для утворення назв складніших сполук раціональна номенклатура непридатна і тепер не рекомендована до використання, за винятком деяких назв: триметилоцтова кислота, дифеніл- і трифенілметан тощо.

Систематична (IUPAC) номенклатура. Систематична (міжнародна), або IUPAC-номенклатура утворює найбільш правильні назви органічних сполук. Її основи були закладені 1892 р. на міжнародній конференції хіміків у Женеві (Женевська номенклатура). З часом вона була розширена і доповнена 1930 р. на X конгресі хіміків у Льєжі (Льєжська номенклатура). На XIX конгресі IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry – Міжнародна спілка чистої (теоретичної) і практичної хімії) 1957 р. були прийняті основні правила сучасної номенклатури для органічних сполук, які були доповнені 1965 р.

Правила IUPAC 1957 р. містять два розділи А і В, в яких відповідно систематизуються номенклатури вуглеводнів (ациклічні, циклічні і терпени) і гетероциклічних сполук.

Правила IUPAC 1965 р. були доповнені пізніше розділом С, куди включені сполуки з функціональними групами **O, C, H, N, S**, галогенів, селену і телуру (1969 р.), розділом D (елементорганічні сполуки, 1973 р.), розділом E (стереохімія, 1974 р.), розділом F (природні сполуки, 1976 р.), а також додатком (1993 р.).

Згідно з правилами номенклатури IUPAC дозволяється застосовувати ряд тривіальних та напівтривіальних назв сполук, а також вуглеводневих залишків і функціональних груп. Під вуглеводневим залишком або функціональною групою розуміють нейтральні групи атомів, які сполучені так або інакше між собою: **CH₃, CH₂, OH, COOH, NO₂, NH₂** тощо. Їх не слід плутати з вільними радикалами, які мають неспарений електрон.

За останні роки Українською національною комісією з хімічної термінології і номенклатури (УНКоХіТерН) упорядковані правила IUPAC на українському мовному ґрунті. При цьому внесені деякі пропозиції щодо назв органічних сполук з метою уніфікувати існуючі:

Існуюча назва	⇒	Пропонується	Існуюча назва	⇒	Пропонується
Гліцерин	⇒	гліцерол	Кумол	⇒	кумен
Бензол	⇒	бензен	Нафталін	⇒	нафтален
Толуол	⇒	толуен	Пірокатехін	⇒	пірокатехол
Ксилол	⇒	ксилен	Резорцин	⇒	резорцинол
Стирол	⇒	стирен	Флороглюцин	⇒	флороглюцинол

Одну й ту саму органічну сполуку можна назвати за різними номенклатурами. Наприклад, сполуку $\text{CH}_3\text{--CO--CH}_3$ називають:

- за систематичною номенклатурою – пропанон;
- за раціональною номенклатурою – диметилкетон;
- за тривіальною номенклатурою – ацетон.

5. Ізомерія та її види

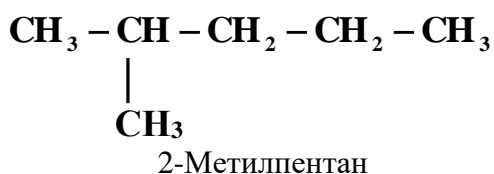
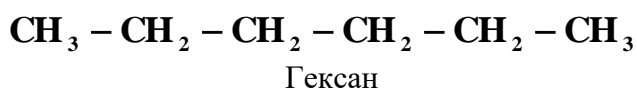
Ізомерія – це явище існування сполук з однаковим хімічним складом, загальною формулою та молекулярною масою, але з різною хімічною будовою і властивостями.

На сьогоднішній день усі типи ізомерії органічних сполук класифікують так:

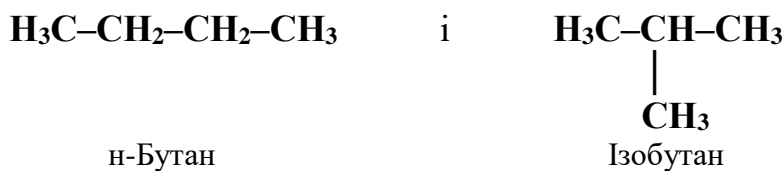
1. **Структурна ізомерія:** а) ізомерія вуглецевого ланцюга; б) ізомерія положення; в) ізомерія взаємного положення; г) метамерія.
2. **Просторова ізомерія:** а) конформаційна ізомерія ; б) геометрична (цис-, транс-) ізомерія; в) оптична (дзеркальна) ізомерія.
3. **Динамічна ізомерія** (таутомерія).

Найпростішим типом ізомерії є структурна. Ця ізомерія зумовлює велику різноманітність органічних сполук.

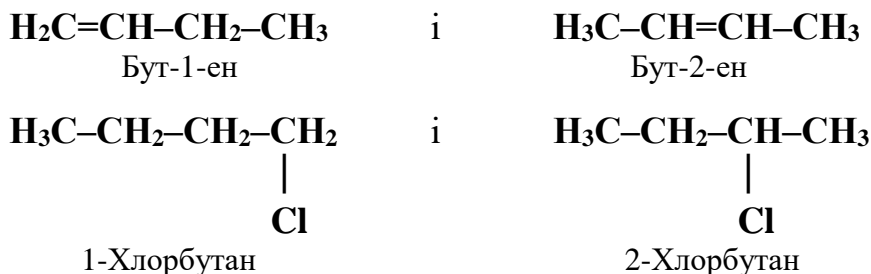
1. Ізомерія вуглецевого ланцюга. Одним із видів структурної ізомерії є ізомерія, зумовлена різною послідовністю сполучення атомів вуглецю в молекулі. Наприклад, для двох ізомерів гексану C_6H_{14} спостерігається різний порядок сполучення атомів вуглецю:



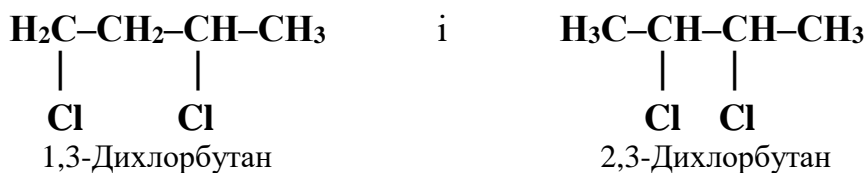
Хімічні сполуки, в яких вуглецеві атоми утворюють нерозгалужений ланцюг, називають сполуками **нормальної будови**. Сполуки з розгалуженим вуглецевим ланцюгом називають **ізосполуками**. Наприклад:



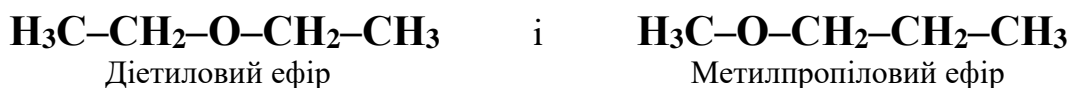
2. Ізомерія положення. В органічних сполуках, крім ізомерії вуглецевого ланцюга, спостерігається ізомерія, зумовлена різним положенням функціональної групи, хімічних зв'язків або атомів замісників. Наприклад:



3. Ізомерія взаємного положення. Різновидом структурної ізомерії є ізомерія взаємного положення. Вона зумовлена різним взаємним розміщенням окремих атомів або груп атомів у молекулах органічних сполук.



4. Метамерія зумовлюється різним положенням у молекулах аліфатичних сполук гетероатомів (O, N тощо). Наприклад:



Контрольні питання

1. Які передумови створення структурної теорії будови органічних сполук?
2. Хто і коли вперше виклав ідеї теорії?
3. Сформулюйте положення структурної теорії будови органічних сполук.
4. У чому полягав успіх теорії?
5. Як класифікують реакції органічних сполук?
6. Як поділяють органічні речовини за хімічним складом?
7. Які сполуки є насиченими і ненасиченими?
8. Як класифікують органічні сполуки за будовою вуглецевого скелета?
9. Що є функціональною групою?
10. Як поділяють органічні сполуки за функціональною групою?
11. Які відомі основні різновиди номенклатури органічних сполук?
12. Схарактеризуйте тривіальну, раціональну та систематичну номенклатури.
13. Як явище називають ізомерією?
14. Як класифікують типи ізомерії на сьогоднішній день?
15. Які відомі види структурної ізомерії?

Тема 2
Вуглеводні
Тема 2.1
Алкани

1. Вуглеводні, їх класифікація.
2. Гібридизація атомних орбіталей вуглецю. Електронна будова одинарного вуглецевого зв'язку.
3. Алкани.
4. Нафта і природний газ.

1. Вуглеводні, їх класифікація

Вуглеводні – це сполуки, до складу яких входять атоми двох хімічних елементів Карбону (вуглецю) і Гідрогену (водню).

Залежно від того, як сполучені між собою атоми вуглецю в цих сполуках, існує кілька типів вуглеводнів: **ациклічні**, **циклічні**.

Ациклічними є вуглеводні з відкритим, незамкненим вуглець-вуглецевим зв'язком.

У **циклічних** вуглеводнів атоми вуглецю замкнені в цикл (кільце).

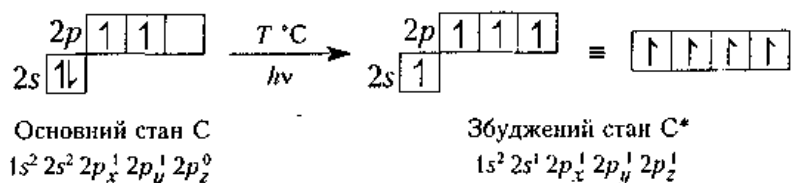
За характером зв'язків між атомами вуглецю вуглеводні поділяють на **насичені** та **ненасичені**.

Насиченими називають такі вуглеводні, атоми вуглецю в молекулах яких сполучені між собою простими (одинарними) зв'язками. Всі інші одиниці валентності атомів вуглецю у цих сполуках зайняті (насичені) атомами водню.

Ненасиченими називають такі вуглеводні, в молекулах яких між вуглецевими атомами міститься ненасичений зв'язок (подвійний $C=C$ або потрійний $C\equiv C$).

2. Гібридизація атомних орбіталей вуглецю. Електронна будова одинарного вуглецевого зв'язку

Існування чотирьох еквівалентних зв'язків $C-H$ у метані можна пояснити, застосовуючи таке допущення. При збудженні атома під дією тепла або опромінювання відбувається перехід одного електрона з нижнього підрівня на вищий:



Наприклад, для атома вуглецю електрон з 2s-підрівня переходить на 2p-підрієнь (процес збудження потребує енергії) і залишкова .s-орбіталь

змішується, або комбінується (гібридується), з трьома іншими р-орбітальями з утворенням чотирьох однакових sp^3 -гібридних орбіталей. Доцільно зауважити, що термін «гібридизація» є, по суті, математичним, не має фізичного змісту і відповідає певним операціям над функціями Ψ .

sp^3 -Гібридизація. Розглянутий варіант гібридизації є прикладом sp^3 -гібридизації, і утворені орбіталі позначаються як sp^3 -гібридні орбіталі.

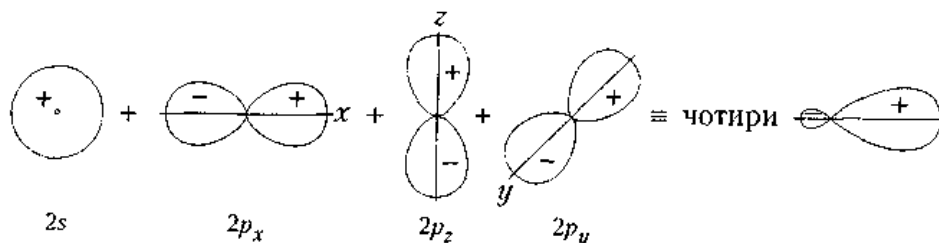


Рис. 1. Схема утворення sp^3 -гібридних орбіталей

sp^3 -Гібридна орбіталь складається з частки s-орбіталі (25%) і частки р-орбіталі (75%) і за формою нагадує витягнутий деформований еліпс. Між собою вони утворюють кут $109^\circ 28'$ і орієнтовані до вершин тетраедра, що пов'язано з їх максимальним віддаленням одна від одної (просторовою напрямленістю) внаслідок взаємного електростатичного відштовхування. У процесі перекривання sp^3 -орбіталей з іншими орбітальями утворюються міцніші напрямлені до вершин тетраедра ковалентні σ -зв'язки (енергія виділяється), внаслідок чого загальна енергія молекули зменшується. Подібне перекривання називається осьовим.

Таким чином, σ -зв'язок – зв'язок, утворений перекриванням s-, р- і гібридних орбіталей вздовж осі, що з'єднує ядра двох атомів. σ -Зв'язок має одну ділянку перекривання орбіталей, завжди одинарний (одна рисочка валентного зв'язку). Стан sp^3 -гібридизації, або тетраедричний стан, характерний для алканів, наприклад метану, етану.

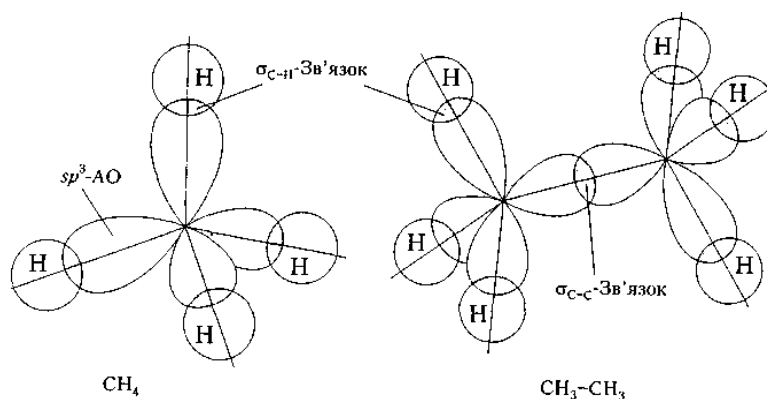


Рис. 2. Орбітальні будови метану та етану

3.Алкани

Алканами, або аліфатичними насиченими вуглеводнями, називають сполуки з відкритим (нециклічним) ланцюгом, у молекулах яких атоми вуглецю

сполучені між собою σ -зв'язком. Атом вуглецю в алканах знаходиться в стані sp^3 -гібридизації.

Загальна формула алканів C_nH_{2n+2} , де $n = 1, 2, 3...$ (будь-яке ціле додатне число).

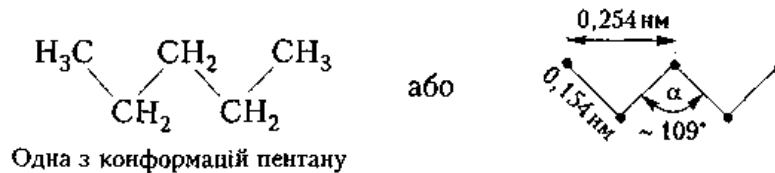
Гомологічний ряд алканів

Алкани утворюють гомологічний ряд:

$n = 1$	CH₄	метан
$n = 2$	C₂H₆	етан
$n = 3$	C₃H₈	пропан
$n = 4$	C₄H₁₀	бутан
$n = 5$	C₅H₁₂	пентан
$n = 6$	C₆H₁₄	гексан
$n = 7$	C₇H₁₆	гептан
$n = 8$	C₈H₁₈	октан
$n = 9$	C₉H₂₀	нонан
$n = 10$	C₁₀H₂₂	декан

Кожен член гомологічного ряду відрізняється на постійну структурну одиницю $-CH_2$, що називають гомологічною різницею.

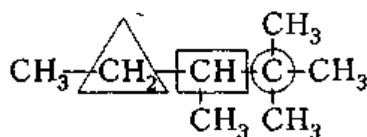
Структура алканів нелінійна, і її ланцюги зберігають валентні кути sp^3 -гібридних орбіталей атомів вуглецю:



Поняття про алкіли

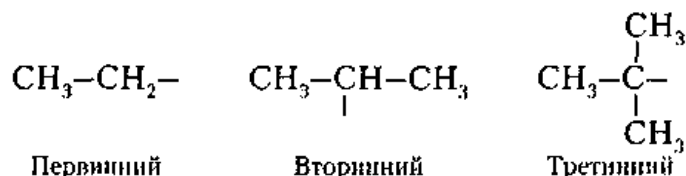
Алкіли вважаються вуглеводневими залишками, часто позначаються як **R-** або **Alk-** і бувають одно-, дво- і тривалентними залежно від кількості вилучених атомів водню. При цьому не потрібно плутати поняття «вуглеводневий залишок» за змістом як залишок алкану (**R-**) з «вільним радикалом» (**R·**), який має неспарений електрон. Важливо запам'ятати, що при переході від алканів до алкілів за номенклатурою IUPAC закінчення **-ан** змінюється на **-ил** (іл), тобто будь-яка назва, що закінчується на **-ил** (іл), позначає одновалентний залишок, а не сполуку, наприклад: метан **CH₄**, метил **CH₃-**, етан **CH₃-CH₃**, етил **CH₃-CH₂-**.

Атом вуглецю в алканах, залежно від кількості інших атомів вуглецю, з якими він сполучений, буває первинний, вторинний, третинний та четвертинний. Первинний атом вуглецю сполучений тільки з одним суміжним атомом вуглецю, вторинний – з двома і т.д., наприклад:



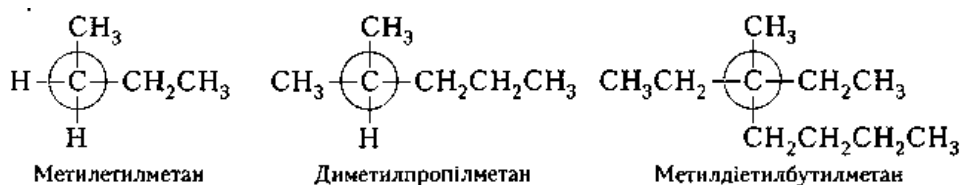
2,2,3-триметилпентан, де первинний атом вуглецю (CH_3) – без позначень; вторинний позначається Δ ; третинний – \square і четвертинний – \circ .

Відповідно до існування цільної валентності (рисочки) у того чи іншого атома вуглецю залишки також бувають первинні, вторинні та третинні, наприклад:



Номенклатура

Раціональна номенклатура для алканів майже не використовується, але в деяких випадках зручна при вживанні. Алкани розглядаються як похідні метану CH_4 , в якому атом або декілька атомів водню заміщені залишками. Порядок переліку замісників навколо «метанового» вуглецю здійснюється за зростанням їх молекулярної маси, або складності, наприклад:



Номенклатура IUPAC включає певні положення і правила, згідно з якими будуються назви алканів.

У назвах алкілів використовуються префікси *н-*, *втор-*, *ізо-*, *трет-*. Так, *н-* означає нормальну (нерозгалужену) будову вуглеводневого ланцюга і часто не вживається; *втор-* застосовують лише для вторинного бутилу; *трет-* означає алкіл третинної структури; *ізо-* розгалуження на кінці ланцюга. Префікс *ізо-* пишуть разом, а *н-*, *втор-* і *трет-* через дефіс (рисочку). Префікс *трет-* застосовується лише для залишків бутану і пентану C_4 і C_5 , *ізо-* для залишків $\text{C}_3 - \text{C}_6$.

Номенклатура розгалужених алканів заснована на таких основних правилах:

1. Для побудови назви вибирають найдовший ланцюг атомів вуглецю й нумерують його арабськими цифрами (локантами), починаючи з того кінця, ближче до якого розміщений замісник, наприклад:

вони знайдені в природних джерелах або синтезовані. Наприклад, для октану виявлено в нафті всі 18 ізомерів, а для нонану C_9H_{20} – тільки 33 з 35.

Фізичні властивості

Перші чотири представники алканів від метану до бутану $C_1 - C_4$ – гази, $C_5 - C_{15}$ – рідини, а починаючи з C_{16} – тверді речовини.

Збільшення їх молекулярних мас приводить до підвищення температур кипіння і топлення, причому алкани з розгалуженим ланцюгом киплять при нижчій температурі, ніж алкани нормальної будови.

Алкани набагато легші за воду, неполярні і важко поляризуються, зате розчиняються в більшості неполярних розчинників, завдяки чому самі можуть бути розчинниками для багатьох органічних сполук.

Хімічні властивості

Алкани за своєю природою повністю насичені сполуки і через це не вступають у реакції приєднання. Вони досить інертні і не взаємодіють за нормальних умов з кислотами, лугами, окисниками, активними металами. Тому однією з перших їх назв був «парафін» (від лат. parum – мало, affinis – володіючий спорідненістю, К. Райхенбах, 1830 р.).

Як було зазначено, зв'язки $C-H$ і особливо $C-C$ малополярні, важко поляризуються. Утворення з них іонів, на відміну від утворення радикалів, вимагає значної енергії. Тому для насичених вуглеводнів найхарактерніші реакції заміщення, дегідрування, окиснення.

I. Реакції заміщення

З реакцій заміщення для алканів найважливіші галогенування та нітрування.

1. Реакція галогенування (реакція введення галогену до сполуки)

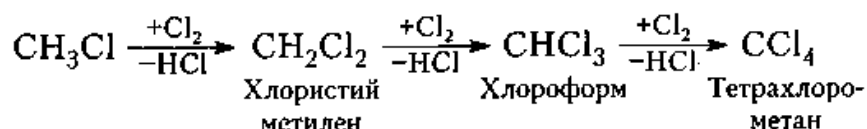
Алкани взаємодіють зі всіма галогенами. Швидкість реакції галогенування зменшується в ряду: $F > Cl > Br > I$.

Взаємодія алкану безпосередньо з флуором відбувається з вибухом внаслідок значного виділення теплоти.

Хлор реагує з алканами за нагрівання, під дією УФ-опромінювання або наявності каталізаторів. Хлорування метану – важкокерований процес, який звичайно не зупиняється на стадії утворення хлористого метилу



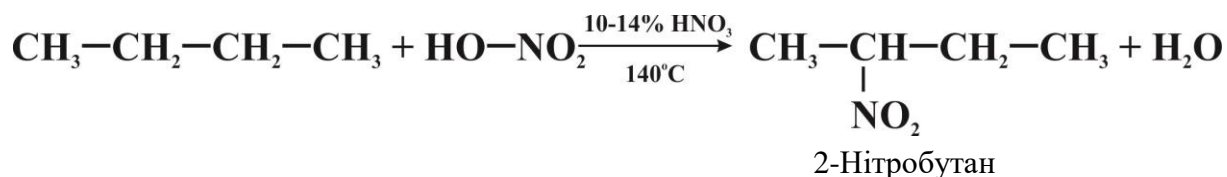
і може відбуватися далі:



Бромування і йодування проходять з меншою швидкістю ніж попередні реакції.

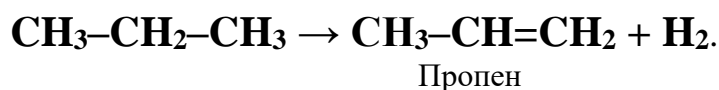
2. Реакція нітрування (введення нітрогрупи –NO₂ до сполуки)

При нітруванні в рідкій фазі концентрованою нітратною кислотою остання поводить ся як окисник вуглецевих ланцюгів з одночасним їх розщепленням. Тому застосовують розведену нітратну кислоту (метод М. Коновалова, 1899 р.), причому легкість заміщення водню біля вуглецевих атомів збільшується в ряду: третинний > вторинний > первинний:



II. Реакція дегідрування (відщеплення водню)

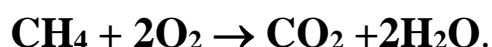
Дегідрування алканів застосовується для одержання ненасичених вуглеводнів (алкенів і дієнів):



Реакція відбувається за наявності каталізатора **Cr₂O₃** при температурі 450°C.

III. Реакції окиснення

Окиснення алканів може здійснюватися як за високих, так і не за високих температур. Енергійне окиснення цих речовин киснем повітря за високих температур, яке призводить до повного руйнування молекул алканів з утворенням **CO₂** і **H₂O**, називають горінням:



Цей процес має велике значення, оскільки він відбувається у всіх двигунах внутрішнього згорання і лежить в основі добування енергії з палива.

4. Нафта і природний газ

Нафта – горюча корисна копалина. Це складна суміш рідких і невеликої кількості твердих вуглеводнів різної молекулярної маси. Вуглеводні, які входять до складу нафти, можна розділити на 3 групи:

- 1) насичені з прямим і розгалуженим ланцюгом (в нафті містяться майже всі члени гомологічного ряду метану);
- 2) п'яти- і шестичленні циклоалкани (нафтени) і їх гомологи;
- 3) ароматичні вуглеводні (бензол і його гомологи).

Тому, залежно від складу, нафти поділяють на **метанові, нафтенові, ароматичні**.

Окрім вуглеводнів нафти містять:

– сполуки сірки: меркаптани, тіофени, сульфіді і дисульфіді;

- воду і розчинні в ній солі кальцію і магнію;
- високомолекулярні смолисто-асфальтенові сполуки;
- гетероциклічні сполуки сірки, кисню, азоту.

Пластова нафта, що міститься у покладах на значних глибинах, насичена вуглеводневими газами, які називають **нафтовими газами**.

Нафтові газ містять:

- значну кількість метану, етану, пропану, бутанів та інших насичених вуглеводнів;
- пару води;
- іноді азот, вуглекислий газ, сірководень, гелій і аргон.

Фізичні властивості нафти залежать від її складу. Нафта – це густа масляниста рідина від світло-коричневого до темно-бурого майже чорного кольору. Густина змінюється переважно від 760 до 990 кг/м³.

У природних умовах з нафти утворюється **природний асфальт** і **озокерит**.

Природний асфальт містить нафтові смоли і асфальтени (суміш високомолекулярних речовин п'яти- і шестичленних насичених гетероциклічних сполук). Він утворюється з нафти внаслідок випаровування летких речовин і окиснення. Поширений у районах неглибокого залягання або виходів на поверхню землі нафтоносних порід. Іноді утворюються асфальтові озера.

Озокерит – природна воскоподібна суміш твердих насичених вуглеводнів (колір жовтий, жовто-бурий, зеленуватий або чорний). Утворюється з метанової нафти при її охолодженні. Залягає у гірських породах у вигляді жил або заповнює порожнини.

Природний газ – це суміш метану, етану, пропану, бутану і парів легких рідких вуглеводнів. Головна складова частина – метан. Його міститься 85 – 90 %. Як домішки природний газ містить водень, сірководень, азот, вуглекислий газ та інертні гази.

Промислові скупчення природного газу знаходяться у земній корі:

- у вільному стані (заповнюють проміжки гірських порід);
- у розчиненому стані (в нафтах);
- у вигляді газоконденсатних покладів.

Контрольні питання

1. Які хімічні елементи входять до складу алканів?
2. Як класифікують вуглеводні?
3. Як пояснити існування чотирьох еквівалентних зв'язків **C–H** у молекулі метану?
4. Як утворюється σ -зв'язок?
5. Які сполуки називають алканами?
6. Яка загальна формула алканів? Які молекулярні формули перших десяти членів гомологічного ряду алканів?
7. Яка група атомів є гомологічною різницею?

8. Як утворюються алкіли? Як їх називають за номенклатурою IUPAC?
9. Які атоми вуглецю є первинними, вторинними, третинними та четвертинними?
10. Які положення і правила номенклатури IUPAC для назв алканів?
11. Який вид структурної ізомерії характерний для алканів?
12. Які фізичні властивості алканів?
13. Чим обумовлена хімічна інертність алканів?
14. Як відбуваються для алканів реакції галогенування, нітрування, дегідрування й окиснення?
15. Які групи вуглеводні входять до складу нафти?
16. Що є нафтовими газами?
17. Які фізичні властивості нафти?
18. Як утворюється природний асфальт й озокерит? Який вони мають склад?
19. Який склад природного газу? У якому стані скупчення природного газу знаходяться у земній корі?

Тема 2.2

Алкени, алкіни

1. Електронна будова подвійного вуглецевого зв'язку.
2. Алкени.
3. Електронна будова потрійного вуглецевого зв'язку.
4. Алкіни.

1. Електронна будова подвійного вуглецевого зв'язку

sp^2 -Гібридизація. Гібридизація такої природи відбувається змішуванням трьох орбіталей (однієї s -орбіталі і двох p -орбіталей), а одна $2p$ -орбіталь залишається в негібридному стані (див. рис. 3). Осі трьох sp^2 -гібридних орбіталей розміщені в одній площині під кутом 120° . Негібридизована p -орбіталь розташована перпендикулярно до цієї площини.

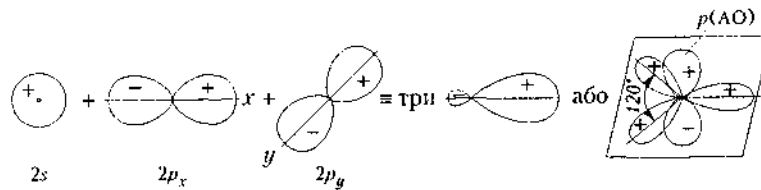


Рис. 3. Схема утворення sp^2 -гібридних орбіталей

Така гібридизація характерна для сполук з подвійним зв'язком, наприклад етилену $\text{CH}=\text{CH}$ (рис. 4).

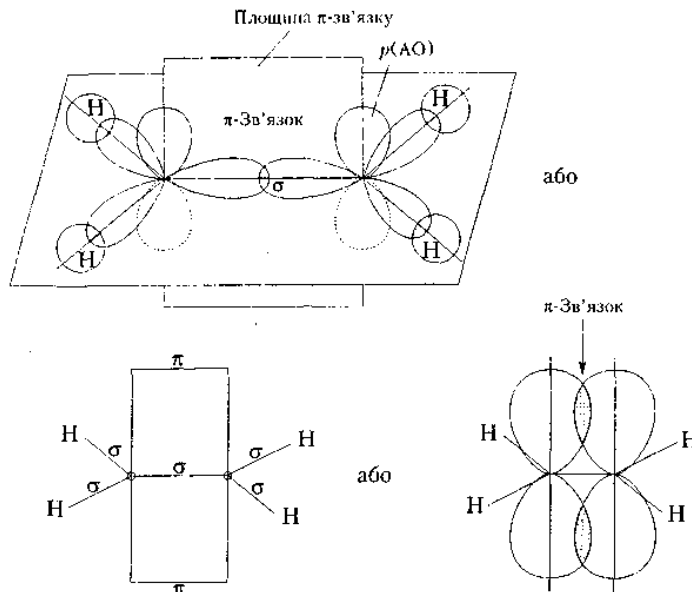


Рис. 4. Орбітальні будови π - та σ -зв'язків в етилені

π -Зв'язок – це зв'язок, утворений бічним перекриванням найчастіше p -орбіталей вздовж площини, що проходить крізь ядра двох атомів. Ця площина є площиною π -зв'язку і зумовлює неможливість вільного обертання атомів,

наприклад водню в молекулі етилену, або груп інших атомів довкола осі C–C.

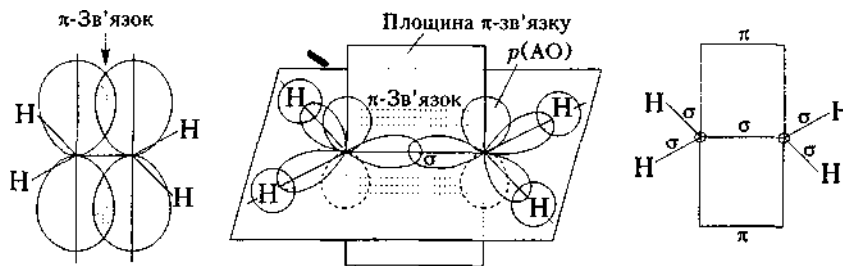


Рис. 5. Будова молекули етилену

Отже, подвійний зв'язок – це комбінація σ -зв'язку і π -зв'язку.

2. Алкени

Алкенами називають вуглеводні, в молекулах яких міститься один подвійний зв'язок C=C, їх також називають етиленовими вуглеводнями.

Загальна формула алкенів C_nH_{2n} де $n = 2, 3, 4...$ (будь-яке ціле додатне число, починаючи з 2).

Гомологічний ряд алкенів

Алкени утворюють гомологічний ряд:

$n = 2$	C_2H_4	етен (етилен)
$n = 3$	C_3H_6	пропен
$n = 4$	C_4H_8	бутен
$n = 5$	C_5H_{10}	пентен

Номенклатура

За номенклатурою IUPAC назви алкенів утворюють від назв відповідних алканів заміною закінчення **-ан** на **-ен** (див. гомологічний ряд алкенів).

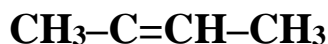
Головний ланцюг обов'язково повинен включати подвійний зв'язок, і його нумерацію починають з того кінця, ближче до якого розташований подвійний зв'язок.

Положення подвійного зв'язку у ланцюгу молекули позначають цифрою (локантом) – положенням вуглецевого атома, після якого він знаходиться. Цю цифру прийнято ставити перед суфіксом **-ен**, виділяючи його з обох боків дефісами:



Пент-2-ен

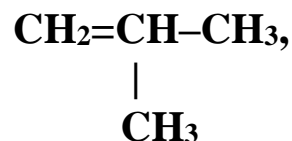
Якщо у формулі алкену міститься радикал, то спочатку називають радикал і додають назву головного ланцюга:



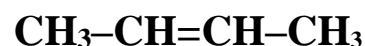
2-Метилбут-2-ен

Ізомерія

Структурна ізомерія алкенів пов'язана не тільки з розгалуженням вуглецевого скелета

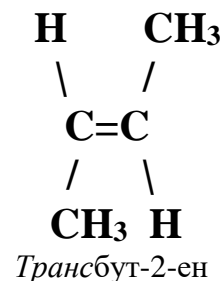
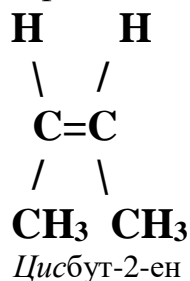


але і з положенням подвійного зв'язку



Тому кількість структурних ізомерів для алкенів більша, ніж для алканів. Так, для гексену C_6H_{12} відомо 13 структурних ізомерів, для гептену C_7H_{14} – 27, у той час як для гексану C_6H_{14} – лише 5 структурних ізомерів, а для іншого алкану гептану C_7H_{16} – 9.

Крім структурної ізомерії для алкенів характерна також геометрична ізомерія. Так, бут-2-ен існує у вигляді *цис*-ізомеру і *транс*-ізомеру, які відрізняються значеннями фізичних констант:



Фізичні властивості

Перші три представники алкенів – гази, сполуки C_5 – C_{17} – рідини, починаючи з C_{18} – тверді речовини.

Алкени слабо розчиняються у воді, але більшою мірою, ніж алкани.

Хімічні властивості

Хімічні властивості алкенів зумовлені наявністю подвійного $\text{C}=\text{C}$ -зв'язку, який складається з σ - і π -зв'язків.

Алкенам притаманна висока реакційна здатність, їм найбільш властиві реакції приєднання. Крім того, вони вступають в реакції полімеризації та окиснення.

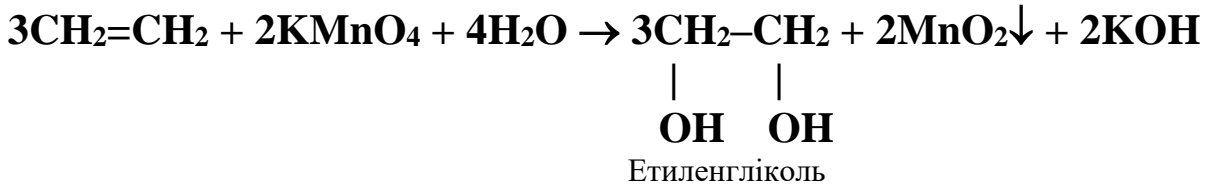
I. Реакції приєднання

До найважливіших реакцій приєднання належать процеси гідрування, галогенування, гідро галогенування та гідратації.

1. Реакція гідрування

Алкени легко приєднують водень, але тільки за наявності каталізаторів:

гліколі:



3. Електронна будова потрійного вуглецевого зв'язку

sp-Гібридизація. Утворення *sp*-гібридних орбіталей відбувається аналогічно попереднім випадкам. Вони розташовані одна до одної під кутом 180° , а дві залишкові *p*-орбіталі – перпендикулярно. Такий тип гібридизації характерний для сполук з потрійним зв'язком $-\text{C}\equiv\text{C}-$, наприклад для ацетилену: $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$.

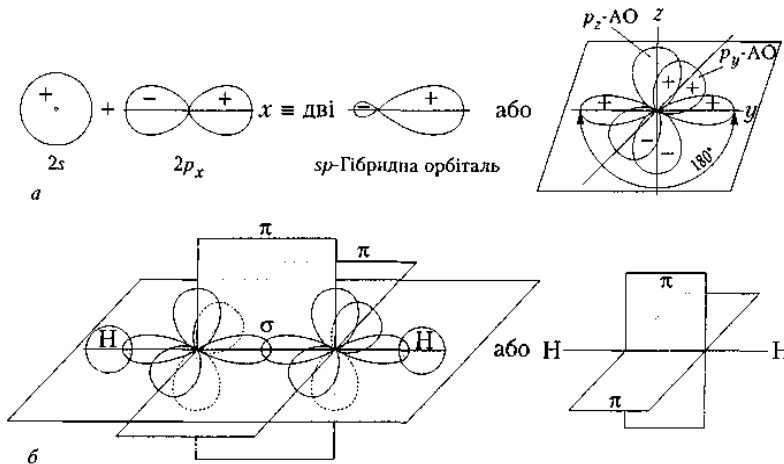


Рис. 6. Схема утворення *sp*-гібридних орбіталей (а) і орбітальної будови π - та σ -зв'язків в ацетилені (б)

4. Алкіни

Алкінами, або ацетиленовими вуглеводнями, називають сполуки, які містять один або більше потрійних зв'язків $-\text{C}\equiv\text{C}-$.

Загальна формула алкінів $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, де $n = 2, 3, 4, \dots$ (будь-яке ціле додатне число, починаючи з 2).

Гомологічний ряд алкінів

Алкіни утворюють гомологічний ряд:

$n = 2$	C_2H_2	етин (ацетилен)
$n = 3$	C_3H_4	пропін
$n = 4$	C_4H_6	бутин
$n = 5$	C_5H_8	пентин

Номенклатура

За номенклатурою IUPAC алкіни називають, замінюючи в алканах закінчення *-ан* на *-ин (ін)* (див гомологічний ряд алкінів).

Головний вуглецевий ланцюг повинен включати потрійний зв'язок, навіть якщо він не найдовший.

Нумерацію ланцюга починають з того кінця, ближче до якого знаходиться потрійний зв'язок $\text{—C}\equiv\text{C—}$.

Положення потрійного зв'язку у ланцюгу молекули позначають цифрою (локантом) – положенням вуглецевого атома, після якого він знаходиться. Цю цифру прийнято ставити перед суфіксом —ин , виділяючи його з обох боків дефісами:



Пент-2-ин

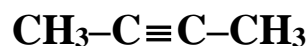
Якщо у формулі алкіну міститься радикал, то спочатку називають радикал і додають назву головного ланцюга:



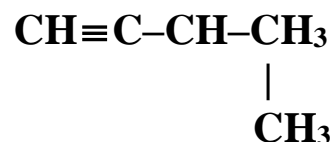
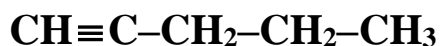
3-Метилпент-2-ин

Ізомерія

Ізомеризація алкінів пов'язана з положенням потрійного зв'язку



та розгалуженням вуглеводневого ланцюга



Загальна кількість ізомерів для алкінів більша, ніж для відповідних алканів, але менша порівняно з алкенами.

Фізичні властивості

Алкіни C_2 – C_4 – це гази, C_5 – C_{16} – рідини, а від C_{17} – тверді речовини. Їх фізичні властивості подібні до властивостей алканів і алкенів.

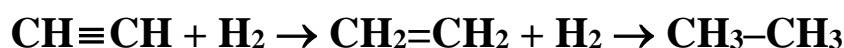
Хімічні властивості

Унаслідок особливостей будови потрійного зв'язку для алкінів характерні реакції приєднання, заміщення, полімеризації, окислення.

I. Реакції приєднання

1. Реакція гідрування

Приєднання водню до потрійного зв'язку проходить за наявності каталізаторів:



2. Реакція галогенування

Приєднання галогенів до алкінів відбувається у дві стадії:



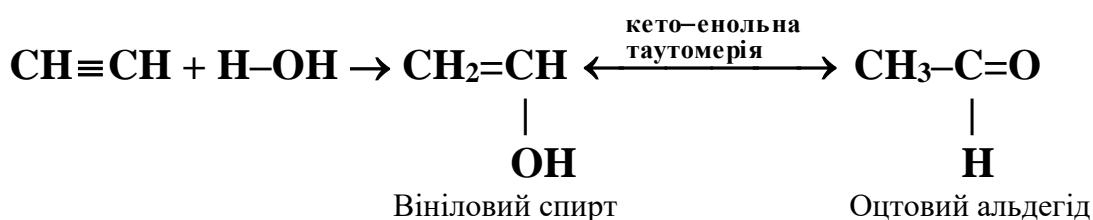
3. Реакція гідрогалогенування

Приєднання HHal , як і галогенів, проходить у дві стадії:



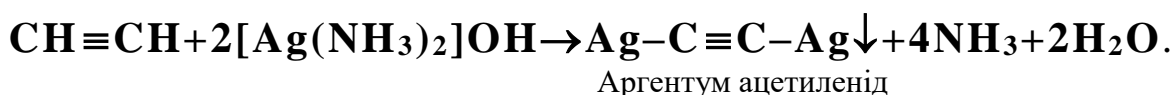
4. Реакція гідратації

Ацетилен при гідратації (*М. Кучеров, 1881 р.*) утворює оцтовий альдегід, решта алкінів – кетони. Реакцію проводять за наявності 10%-ної H_2SO_4 і 5%-го меркурій(II) сульфату:



II. Реакції заміщення

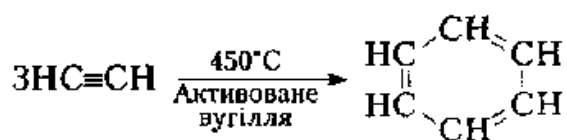
Завдяки великій поляризації $\text{C}-\text{H}$ -зв'язку алкіни здатні реагувати з багатьма металами з утворенням ацетиленідів:



Як правило, ацетиленіди d-металів – нестійкі сполуки і вибухають під струсу.

III. Реакції полімеризації

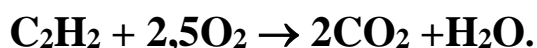
Ацетилен за наявності активованого вугілля при 450°C утворює бензол:



IV. Реакції окиснення

Алкіни окиснюються не так легко, як алкени.

Алкіни горять:



При окисненні ацетилену розведеним водним розчином калій

перманганату в слабо лужному середовищі (реакція Є. Вагнера, 1888 р.) утворюється щавлева кислота:



Контрольні питання

1. Як відбувається sp^2 -гібридизація? Для яких сполук вона характерна?
2. Який зв'язок називають π -зв'язком? Як він утворюється?
3. Яка будова молекули етилену?
4. Які сполуки називають алкенами? Яка їх загальна формула?
5. Як утворюють назви алкенів за номенклатурою IUPAC?
6. З чим пов'язана структурна ізомерія алкенів?
7. Чим відрізняються *цис*- і *транс*-ізомери алкенів за будовою?
8. Які фізичні властивості алкенів?
9. Які реакції приєднання характерні для алкенів? Як вони відбуваються?
10. Як приєднуються галогеноводні до несиметричних алкенів?
11. Яку реакцію називають реакцією полімеризації?
12. Як горять алкени? Як окиснюються алкени водним розчином калій перманганату?
13. Як відбувається sp -гібридизація? Для яких сполук вона характерна?
14. Яка будова молекули ацетилену?
15. Які сполуки називають алкінами? Яка їх загальна формула?
16. Як утворюють назви алкінів за номенклатурою IUPAC?
17. З чим пов'язана структурна ізомерія алкінів?
18. Які фізичні властивості алкінів?
19. Як відбуваються реакції приєднання для алкінів?
20. Чому ацетилен може вступати у реакції заміщення?
21. За яких умов з ацетилену утворюється бензол?
22. Як горять алкіни? Як окиснюються алкіни водним розчином калій перманганату?

Тема 2.3

Циклічні вуглеводні. Арени

1. Циклічні вуглеводні.
2. Будова молекули бензолу.
3. Бензол і його гомологи.

1. Циклічні вуглеводні

Циклічними називають такі вуглеводні, молекули яких містять один або декілька циклів неароматичного характеру. Здебільшого це насичені сполуки, їх ще називають циклоалканами (циклопарафінами). Також історично називають нафтенами, оскільки деякі з них містяться у нафті.

Залежно від величини циклів, їх кількості та способу сполучення такі вуглеводні ділять на моно-, бі- та поліциклічні сполуки.

Найбільша група циклічних сполук – **моноциклічні**.

Загальна формула циклоалканів C_nH_{2n} , де $n = 3, 4, 5...$ (будь-яке ціле додатне число, починаючи з 3).

Гомологічний ряд циклоалканів

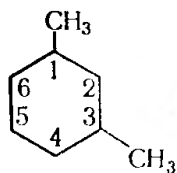
Циклоалкани утворюють гомологічний ряд:

$n = 3$	C_3H_6	циклопропан
$n = 4$	C_4H_8	циклобутан
$n = 5$	C_5H_{10}	циклопентан
$n = 6$	C_6H_{12}	циклогексан
$n = 7$	C_7H_{14}	циклогептан

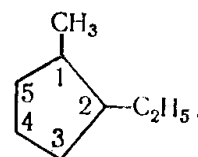
Номенклатура

Назву циклоалканів утворюють додаванням префіксу **цикло-** до назви відповідного алкану (див. гомологічний ряд циклоалканів).

При наявності замісників у циклі в назві вказують номери атомів вуглецю, біля яких розміщені ці замісники. Нумерацію в циклі здійснюють таким чином, щоб атоми вуглецю, біля яких знаходяться замісник, отримали найменше цифрове значення.



1,3-Диметилциклогексан



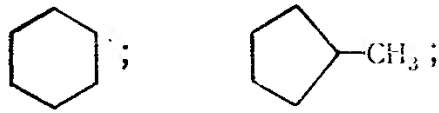
2-Етил-1-метилциклопентан

Ізомерія

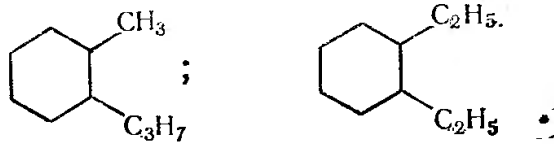
Для моноциклів можливі кілька видів ізомерії.

Структурна ізомерія циклоалканів може бути зумовлена:

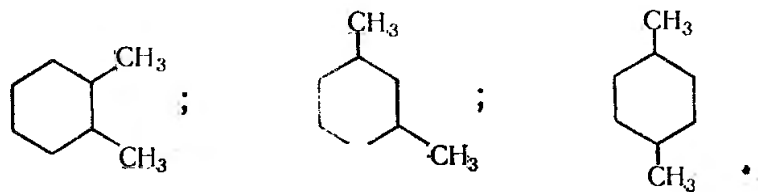
1) різною величиною циклу



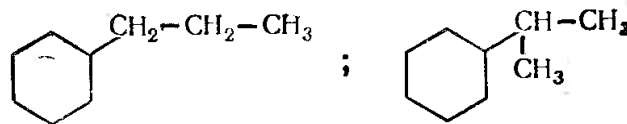
2) різною величиною замісників у циклі



3) різним положенням замісників у циклі



4) різною будовою радикалів



Для циклоалканів, у циклі яких міститься два замісника, можлива також геометрична і оптична ізомерія.

Фізичні властивості

Моноциклоалкани $C_3 - C_4$ являють собою гази, починаючи з C_5 – рідини. Вони малополярні і практично нерозчинні у воді.

Хімічні властивості

Хімічні властивості циклоалканів значною мірою залежать від стійкості їх циклів. Так, циклопропан, який має найменш стійкий цикл, здатний до реакцій приєднання з розщепленням циклу і за властивостями нагадує алкен.

Циклобутан має більш стійкий цикл, ніж циклопропан, однак його здатність до реакцій приєднання переважає здатність брати участь у реакціях заміщення.

Найбільшу стійкість проявляють п'яти-, шестичленні та вищі цикли, для яких характерні реакції заміщення, подібно до алканів.

З метою спрощення написання формул циклічні сполуки умовно зображують у вигляді простих геометричних фігур: циклопропан – трикутником, циклобутан – квадратом, циклопентан – п'ятикутником,

циклогексан – шестикутником тощо:



Циклопропан



Циклобутан



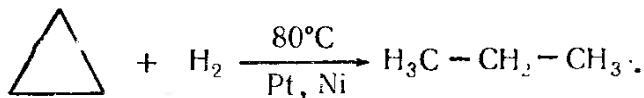
Циклопентан



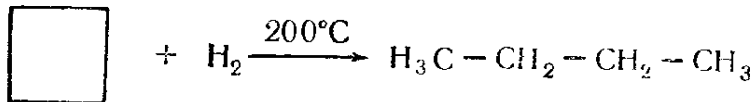
Циклогексан

I. Реакції гідрування

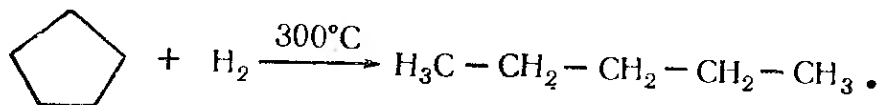
Циклопропан при наявності каталізаторів (**Pt**, **Ni**) за температури 80°C легко приєднує водень. При цьому тричленне кільце його молекули розривається і утворюється пропан:



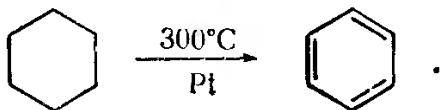
Циклобутан при каталітичному гідруванні також приєднує водень і перетворюється на *n*-бутан. Проте для розриву циклобутанового кільця необхідна вища температура:



П'ятичленні цикли стійкі і розриваються важко. Тому циклопентан взаємодіє з воднем за високих температур:



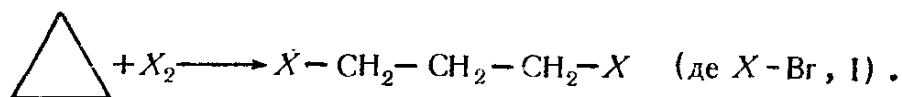
Циклогексан при нагріванні за наявності каталізаторів (**Pt**, **Pd** тощо) піддається дегідруванню і перетворюється на бензол:



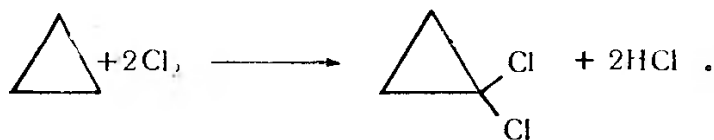
Ця реакція стала основою методу ароматизації циклопарафінових сортів нафти.

II. Реакції галогенування

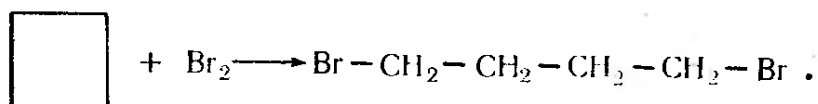
Циклопропан приєднує бром і йод. При цьому пропанове кільце розривається і утворюються відповідно 1,3-дибром- і 1,3-трийодпропан:



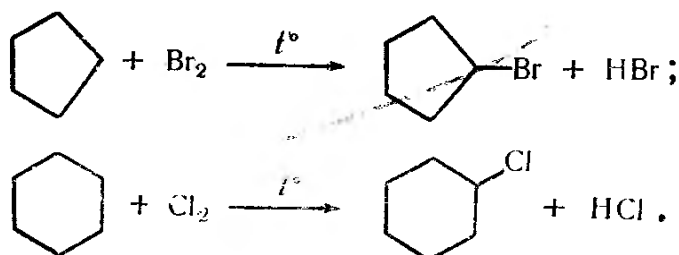
З хлором циклопропан вступає переважно в реакцію заміщення з утворенням 1,1-дихлорциклопропану:



Циклобутан приєднує бром за нагрівання. Реакція супроводжується розривом циклобутанового кільця:

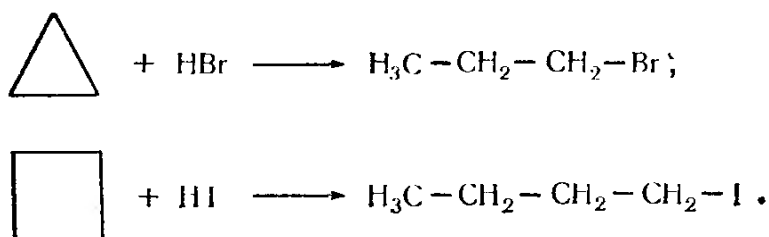


П'яти- і шестичленні циклоалкани вступають з галогенами в реакції заміщення, в результаті яких п'яти- і шестичленні цикли зберігаються і утворюються відповідні галагенопохідні циклопентану і циклогексану:



III. Реакції гідрогалогенування

Циклопарафіни з малими циклами приєднують галогеноводні. Цикл їх молекул при цьому розриваються і утворюються відповідні галагенопохідні насичених вуглеводнів:



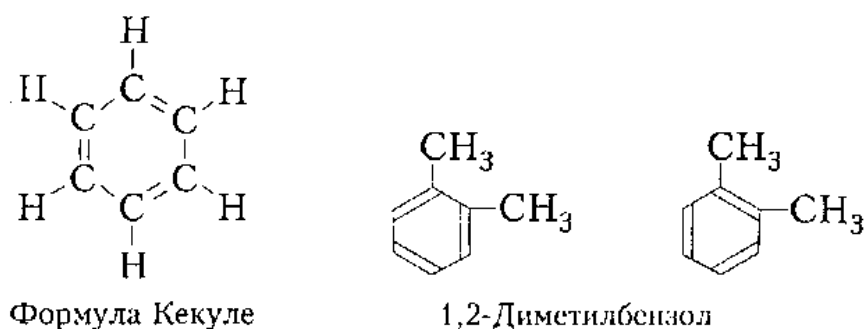
Циклопентан, циклогексан і циклопарафіни з більшою кількістю атомів вуглецю в циклі з галогеноводнями не взаємодіють.

2. Будова молекули бензолу

Ароматичними вуглеводнями (аренами) називають сполуки карбоциклічного ряду, молекули яких містять стійке циклічне угруповання – бензольне кільце (ядро), що проявляє особливі фізичні та хімічні властивості. До аренів належать найпростіший представник бензол (бензен) C_6H_6 , його гомологи та похідні (галогенопохідні, сульфо-, нітро- тощо) і сполуки з декількома бензольними ядрами (нафтаден, антрацен, трифенілметан тощо).

Бензол був першим ареном, з яким познайомила людина. Бруттоформула бензолу C_6H_6 визначена М. Фарадеєм 1825 р. після виділення його з світільного газу (продукту піролізу китового жиру). Ю. Лібіх дав йому сучасну назву – бензол. З часом кількість сполук, які були за складом і хімічними властивостями подібні до бензолу, неухильно зростала. Більшість таких сполук мала приємний аромат, що дало підставу А. Кекуле (1860 р.) назвати їх «ароматичними».

Велика роль в установленні будови бензолу належить А. Кекуле, який 1865 р. запропонував для нього формулу шестичленного циклу з трьома подвійними зв'язками. Але така формула не пояснювала, чому не існує двох ізомерів, наприклад 1,2-диметилбензолу з різним положенням метильних груп щодо подвійного зв'язку, якщо виходити із запропонованої структури з ізольованими подвійними зв'язками. Як встановлено В. Кернером, такі 1,2-дизаміщені гомологи бензолу являють собою одну сполуку, що спростовує думку про конкретну локалізацію подвійного зв'язку:



Для пояснення відсутності фіксованих ненасичених зв'язків у молекулі бензолу Кекуле 1872 р. висунув ідею осциляції, або переходу, подвійних зв'язків. Таке пояснення вказує на рівноцінність атомів вуглецю в молекулі бензолу, оскільки кожен з них сполучений з суміжними атомами вуглецю простим і подвійним зв'язками, що швидко міняються місцями (осцилюють).

Відповідно сучасним уявленням молекула бензолу має будову плоского шестикутника, сторони якого рівні між собою і становлять $1,4 \text{ \AA}$ ($0,14 \text{ нм}$).

Атоми вуглецю в молекулі бензолу знаходяться в стані sp^2 -гібридизації. Отже, кожен атом вуглецю має три гібридні орбіталі, за рахунок яких утворює три σ -зв'язки (з двома сусідніми атомами вуглецю і одним атомом водню).

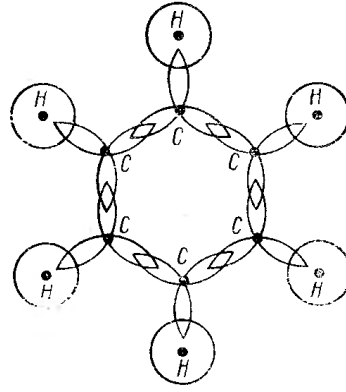


Рис. 7. Схема розміщення σ -зв'язків у молекулі бензолу

Отже, шість атомів вуглецю у молекулі бензолу сполучені σ -зв'язками в рівносторонній шестичленний цикл. У молекулі бензолу біля кожного з атомів вуглецю є ще по одному не гібридизованому $2p$ -електрону, які мають форму об'ємних вісімок (гантелей) і розміщені в просторі перпендикулярно площині шестикутника.

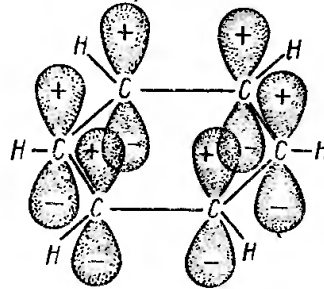


Рис. 8. $2p$ -орбіталі в молекулі бензолу

Ці шість негібридизованих $2p$ -орбіталей перекриваються і утворюється єдина замкнена шести- π -електронна система (π -зв'язок).

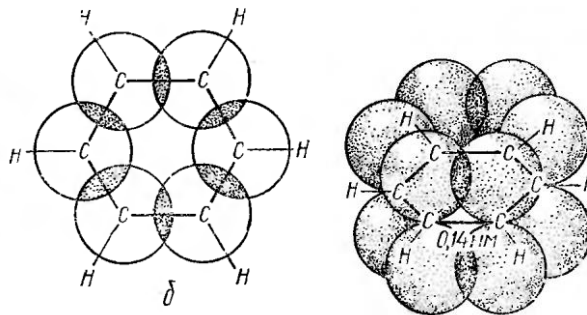
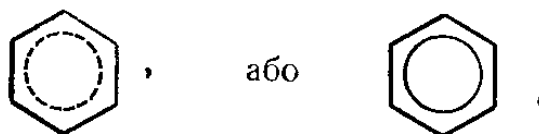


Рис. 9. Взаємне перекривання $2p$ -орбіталей у молекулі бензолу:
а – вигляд зверху; б – вигляд з боку

У молекулі бензолу p -електрони розподіляються симетрично, так що кожен атом вуглецю бензольного ядра сполучений з двома сусідніми атомами не тільки σ -зв'язком, але й p -електронами. При цьому на кожний σ -зв'язок припадає електронна густина одного p -електрона. Такий зв'язок називають ароматичним. Він зумовлює всі найважливіші фізичні та хімічні властивості сполук, які містять бензольне ядро, і є основною ознакою ароматичності

органічних речовин.

Виходячи з такої електронної будови, формулу бензолу найправильніше слід зображати у вигляді рівностороннього шестикутника з вписаною в нього циклічною π -орбітальною, яка символізує секстет π -електронів:



3. Бензол і його гомологи.

Бензол є першим членом гомологічного ряду аренів, склад яких відповідає загальній формулі C_nH_{2n-6} , де $n = 6, 7, 8$ (будь-яке ціле додатне число, починаючи з 6).

Гомологічний ряд аренів

Арени утворюють гомологічний ряд:

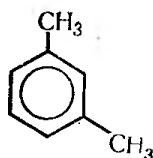
$n = 6$	C_6H_6	бензол
$n = 7$	C_7H_8 або $C_6H_5-CH_3$	метилбензол (толуол)
$n = 8$	C_8H_{10} або $C_6H_5-C_2H_5$	етилбензол
$n = 9$	C_9H_{12} або $C_6H_5-C_3H_7$	пропілбензол

Як і в інших гомологічних рядах, в ряду аренів кожний наступний член відрізняється від попереднього на одну або кілька груп $-CH_2$.

Номенклатура

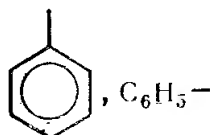
Ароматичні вуглеводні називають як за тривіальною (толуол, ксилол, кумол тощо), так і за систематичною номенклатурою.

За систематичною номенклатурою всі сполуки ароматичного ряду розглядають як заміщені бензолу: метилбензол, етилбензол, пропілбензол і т. д. При наявності в бензольному ядрі двох або більшої кількості груп атомів (замісників) положення їх зазначають цифрами (локантами). Нумерацію вуглецевих атомів бензольного ядра ведуть за годинниковою стрілкою, пам'ятаючи, щоб величина цифр у назві була найменшою. Наприклад, двозаміщений гомолог бензолу будови



за систематичною номенклатурою має назву 1,3-диметилбензол.

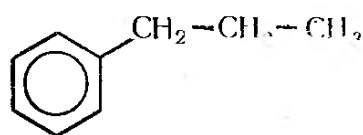
При відщепленні одного атома водню від бензолу утворюється радикал феніл:



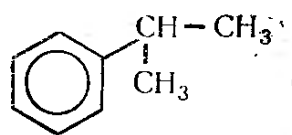
Ізомерія

Ізомерія гомологів і похідних бензолу зумовлена ізомерією радикалів (замісників), їх кількістю та положенням у бензольному ядрі.

Сам бензол ароматичних ізомерів не має, оскільки всі шість атомів водню в його молекулі рівноцінні. При введенні у бензольне ядро замість атома водню алкільного радикала або будь-якого іншого атома можливе існування тільки одного продукту заміщення, тому що всі шість положень у бензольному ядрі рівноцінні. Тому для однозаміщених бензолу (метилбензол, етилбензол) немає ізомерів, ізомерія яких була б викликана положенням радикала, атома або групи атомів у бензольному ядрі. Одно заміщені можуть мати тільки такі ізомери, ізомерія яких зумовлена ізомерією самого радикала, на який замінили атом водню бензольного ядра. Наприклад:



Пропілбензол

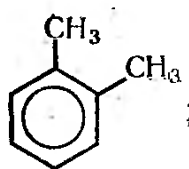
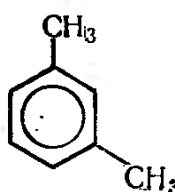
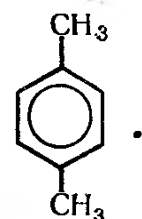


Ізопропілбензол

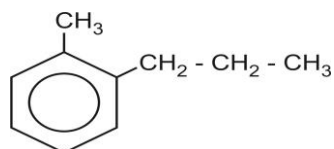
Ізомерія двозаміщених бензолу пов'язана з:

1) ізомерією положення замісників (атомів або груп атомів, які заміщують у бензольному ядрі атоми водню)

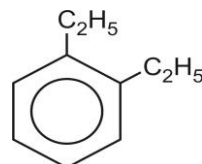
Для двозаміщених бензолу існує три типи ізомерів: *орто*-, *мета*-, *пара*-.
Всі диметилбензоли називають ксилолами.

1,2-Диметилбензол
о-Диметилбензол
о-Ксилол1,3-Диметилбензол
м-Диметилбензол
м-Ксилол1,4-Диметилбензол
п-Диметилбензол
п-Ксилол

2) ізомерією величини радикалів

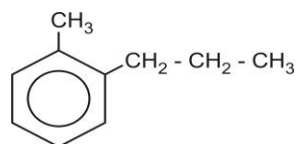


1-Метил-2-пропілбензол

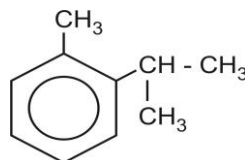


1,2-Діетилбензол

3) ізомерією самих радикалів

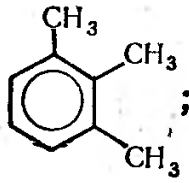


1-Метил-2-пропілбензол

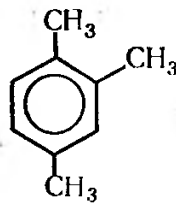


1-Метил-2-ізопропілбензол

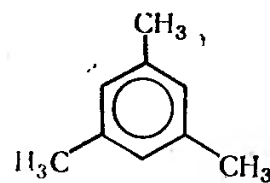
Заміщені бензолу з трьома однаковими замісниками існують у вигляді трьох ізомерів. Наприклад, для триметилбензолу вони мають таку будову:



1,2,3-Триметилбензол



1,2,4-Триметилбензол



1,3,5-Триметилбензол

Фізичні властивості

Бензол та його гомологи здебільшого прозорі рідини, температура кипіння яких дещо вища, ніж алканів з тією ж кількістю атомів вуглецю. Вони мають специфічний запах. Бензол завдяки своїй симетричності неполярна речовина, але його гомологи проявляють дипольний момент у межах 0,4 – 0,6 D, що свідчить про суттєву поляризацію системи зв'язків ароматичного ядра під впливом замісника. Густина ароматичних вуглеводнів дещо вища, ніж насичених вуглеводнів нециклічної і циклічної будови.

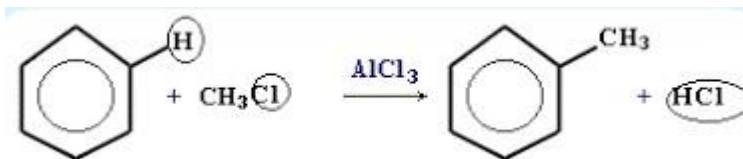
Хімічні властивості

Бензол може вступати в реакції заміщення, приєднання і окиснення.

I. Реакції заміщення

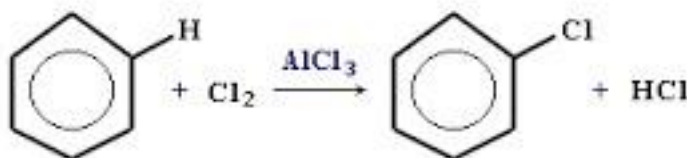
Для бензолу характерні реакції заміщення атомів водню бензольного ядра.

1. Реакція взаємодії з галогеналканами



Метилбензол

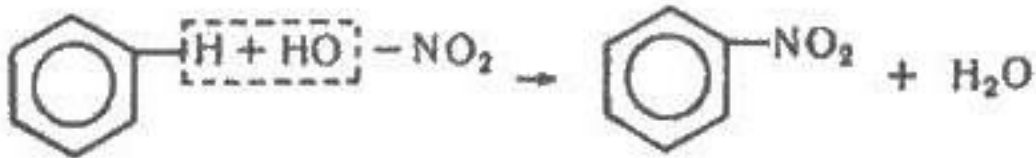
2. Реакція взаємодії з галогенами відбувається, як правило, за наявності каталізатора:



Хлоробензол

3. Реакція взаємодії з нітратною кислотою

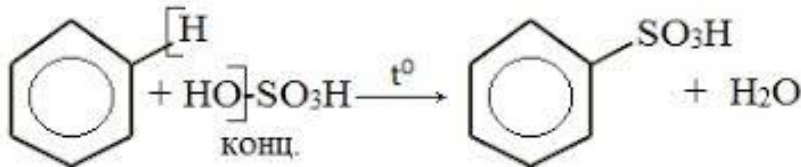
Бензол нітрується переважно нітруючою сумішшю, що складається з нітратної та сульфатної кислот:



Нітробензол

4. Реакція взаємодії з сульфатною кислотою

При дії на бензол концентрованої сульфатної кислоти проходить його сульфування:

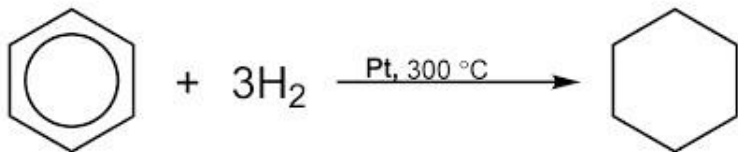
Бензол-
сульфокислота
(сульфобензол)

II. Реакції приєднання

Структурні особливості бензолу зумовлюють стійкість бензольного ядра до реакцій приєднання, тому їх відомо не багато.

1. Реакція взаємодії з воднем

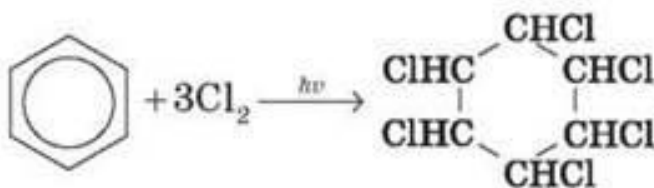
Приєднання водню до бензолу відбувається за нагрівання і наявності каталізатора (**Pt**), продуктом реакції є циклогексан:



Циклогексан

2. Реакція взаємодії з галогенами

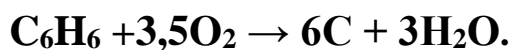
Хлор і бром приєднуються до бензолу на сонячному світлі (УФ-опромінення) у відсутності каталізатора. Продуктом хлорування бензолу є гексахлорциклогексан:



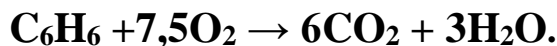
Гексахлорциклогексан

III. Реакції окиснення

Кисень повітря при звичайній температурі практично не діє на бензол. Якщо бензол підпалити, то він горить на повітрі кіптявим полум'ям:

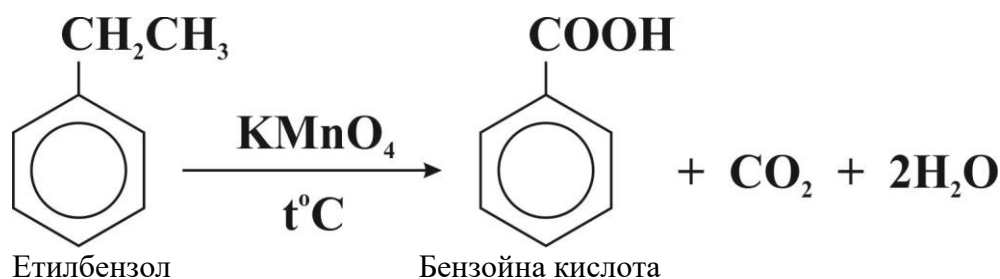
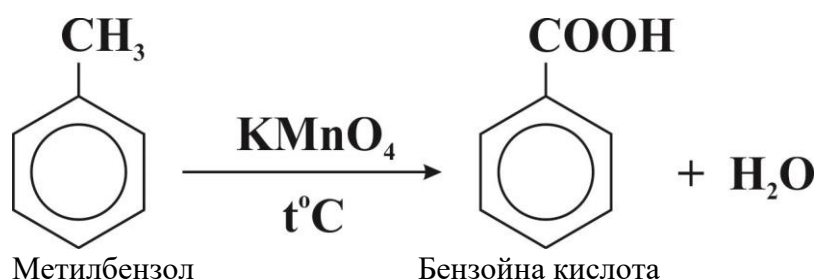


При достатній кількості кисню (кисневе дуття) він згорає до CO_2 і H_2O :



Бензол за звичайних умов стійкий до дії окисників. Так він не знебарвлює водний розчин KMnO_4 навіть при тривалому кип'ятінні.

На відміну від бензолу його гомологи відносно легко окиснюються KMnO_4 , H_2O_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ до ароматичних кислот. Незалежно від довжини нерозгалуженого алкільного замісника при окисненні завжди утворюється кислота, в якій карбоксильна група сполучена безпосередньо з бензольним ядром:



Контрольні питання

1. Які вуглеводні називають циклоалканами? Яка їх історична назва?
2. Яка загальна формула та гомологічний ряд циклоалканів?
3. Як утворюються назви циклоалканів без замісників та з замісниками?
4. Які види ізомерії можливі для циклоалканів?
5. Які фізичні властивості у циклоалканів?
6. Яким чином стійкість циклу впливає на хімічні властивості циклоалканів?
7. Чим відрізняються реакції гідрування для циклоалканів?
8. Як взаємодіє циклопропан з бромом, йодом і хлором?
9. У які реакції вступають циклобутан, циклопентан і циклогексан при взаємодії з галогенами?
10. Як відбуваються реакції гідрогалогенування для циклоалканів з малими і великими циклами?
11. Які вуглеводні називають аренами?
12. Як встановлювали будову молекули бензолу?
13. Яку будову має молекула бензолу відповідно сучасним уявленням?
14. Який зв'язок називають ароматичним?

15. Яка загальна формула аренів? Які формули мають перші чотири члени гомологічного ряду аренів?
16. Як утворюються назви аренів за систематичною номенклатурою?
17. Яка ізомерія може бути для однозаміщених бензолу?
18. З чим пов'язана ізомерів двозаміщених бензолу?
19. Які фізичні властивості аренів?
20. У які реакції заміщення вступає бензол? За яких умов відбуваються ці реакції?
21. Як відбуваються реакції приєднання водню і галогенів до бензолу?
22. Як горить бензол на повітрі і за достатньої кількості кисню?
23. Як окиснюються гомологи бензолу?

Тема 2.4

Багатоядерні ароматичні сполуки

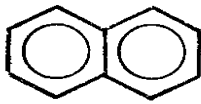
1. Ароматичні сполуки з конденсованими бензольними ядрами.
2. Ароматичні сполуки з ізольованими бензольними ядрами.

1. Ароматичні сполуки з конденсованими бензольними ядрами

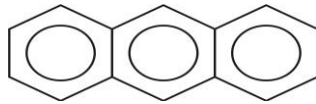
Ароматичні сполуки з конденсованими бензольними ядрами – це сполуки, в молекулах яких два або кілька бензольних ядер мають спільні атоми вуглецю.

Їх поділяють на три групи:

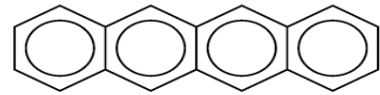
1) лінійні вуглеводні



Нафтаген

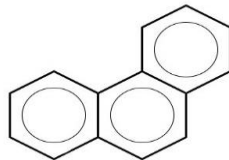


Антрацен

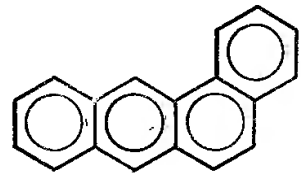


Тетрацен (нафтацен)

2) вуглеводні з ангулярною (кутовою) будовою

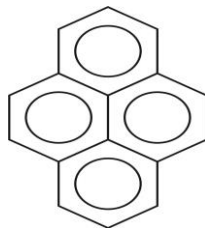


Фенантрен

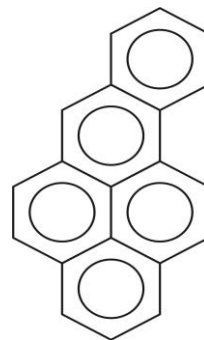


1,2-Бензантрацен

3) вуглеводні з конденсованими ядрами за рахунок трьох і більше атомів вуглецю



Пірен



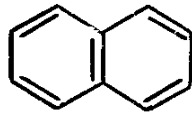
1,2-Бензпірен

Багато вуглеводнів цієї групи викликають онкологічні захворювання, тобто є канцерогенами.

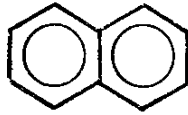
Найбільше значення мають лінійні вуглеводні, а серед них нафтаген і антрацен.

Нафтаген (нафталін)

Повна структурна формула нафталену $C_{10}H_8$ має вигляд



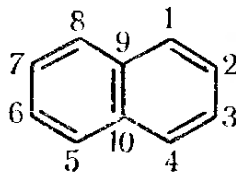
Оскільки обидва бензольних ядра мають ароматичний характер (подібні до бензолу), молекулу нафталену зображують ще й так



Як показують рентгенографічні та електронографічні дослідження, в молекулі нафталену, на відміну від бензолу, електронна густина розподілена менш рівномірно (менш симетрично) і тому правильніше зображати молекулу нафталену з подвійними зв'язками, а не використовувати коло в кожному шестикутнику, як для бензолу.

Номенклатура

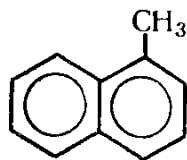
Вуглецеві атоми у молекулі нафталену нумерують за годинниковою стрілкою так, щоб спільні атоми вуглецю нумерувалися останніми:



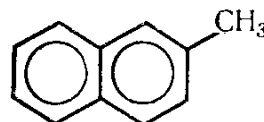
Положення замісника в нафталені позначається цифрами або буквами α і β (положення 1,4,5,8 відповідає α , а 2,3,6,7 – β):

Ізомерія

Однозаміщені нафталену існують у вигляді двох ізомерів унаслідок нерівномірності положень у молекулі:



1-Метилнафтален



2-Метилнафтален

Двозаміщені нафталену з однаковими замісниками існують у вигляді 10 ізомерів.

Фізичні властивості

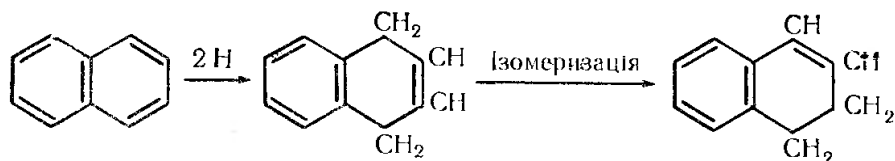
Нафтален – біла кристалічна речовина, плавиться за температури $80,3^{\circ}\text{C}$, дуже леткий і легко сублимується.

Хімічні властивості

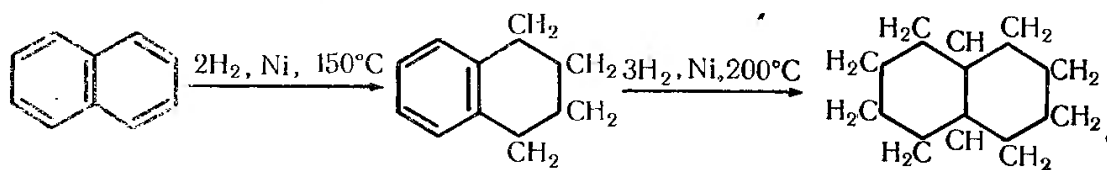
Нафтален вступає в реакції приєднання, заміщення й окиснення.

I. Реакції приєднання (гідрування)

Продукти реакції залежать від способу гідрування. На відміну від бензолу нафтален гідрується воднем у момент виділення і перетворюється при цьому на 1,4-дигідронафтален, який легко ізомеризується в стійкіший 1,2-дигідронафтален



При каталітичному гідрування нафталену спочатку гідрується одне бензольне ядро і утворюється тетрагідронафтален (тетралін), який при дещо вищій температурі гідрується далі з утворенням декагідронафталену (декаліну):

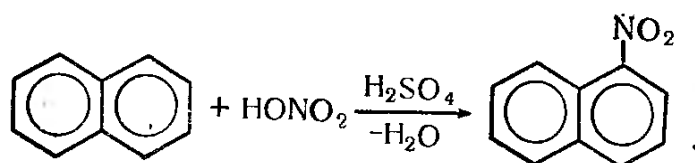


II. Реакції заміщення

Нафтален легше, ніж бензол, вступає в реакції заміщення. При цьому замісник, як правило, заміщує атом водню в α -положенні.

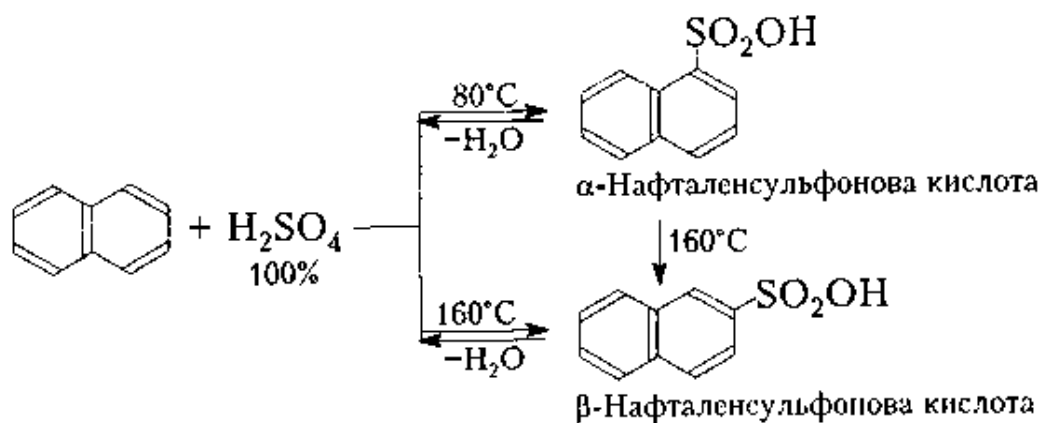
1. Реакція нітрування

Нітрування нафталену нітруючою сумішшю легко відбувається вже при 50 – 60°C. При цьому з виходом понад 95 % утворюється α -нітронафтален і невелика кількість (~ 4,5 %) β -нітронафталену:



2. Реакція сульфування

Залежно від температури сульфування нафталену може здійснюватися в α - і β -положенні.



У м'яких умовах за температури 80°C нафтален взаємодіє з концентрованою сульфатною кислотою з утворенням α -нафталенсульфоїкислоти, а в жорсткіших умовах (нагрівання з концентрованою сульфатною кислотою до $160 - 165^{\circ}\text{C}$) – β -нафталенсульфоїкислоти:

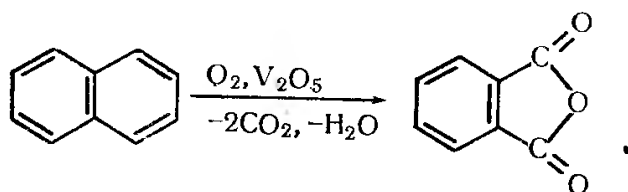
3. Реакція галогенування

У реакціях нафталену з хлором і бромом чітко виявляється його ненасичений характер. Спочатку молекула галогену приєднується в 1,4-положення і за умов реакції ($50 - 70^{\circ}\text{C}$) легко проходить дегідрогалогенування з утворенням α -галогенопохідної сполуки:



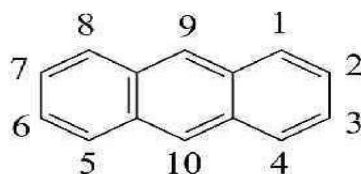
III. Реакції окиснення

Процес окиснення нафталену проходить значно легше, ніж бензолу. Енергійне окиснення нафталену киснем повітря за наявності каталізатора і 440°C приводить до утворення фталевого ангідриду:

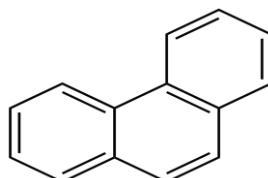


Антрацен

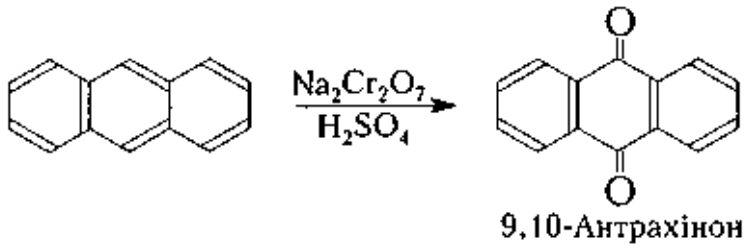
Антрацен являє собою сполуку, у якій три конденсованих кільця розташовані лінійно:



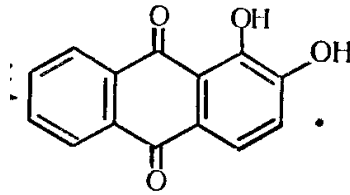
Антрацен має ізомер фенатрен, в молекулі якого одне з трьох бензольних ядер конденсоване ангулярно (під кутом):



Антрацен значно легше, ніж бензол, окиснюється за місцем вуглецевих атомів 9 і 10 з утворенням антрахінону:

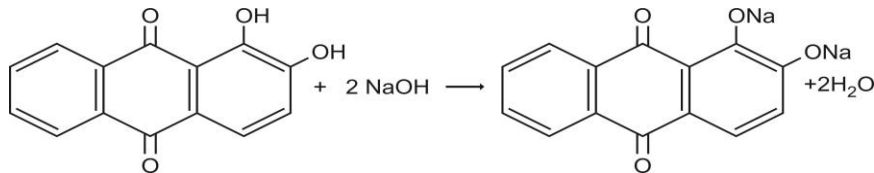


На основі антрахінону одержують барвники, серед яких найвідоміший алізарин червоного кольору (1,2-дигідроксиантрахінон):



Раніше цей барвник добували з коренів рослини марени (крапу), яку спеціально вирощували.

Алізарин – кристалічна речовина червоного кольору, не розчиняється у воді, але добре розчиняється у водних розчинах лугів:

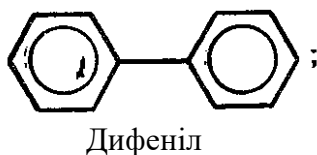


Алізарин є основою деяких стійких барвників.

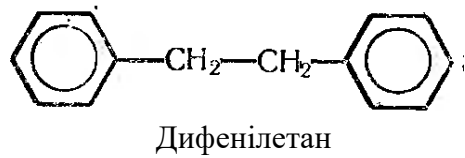
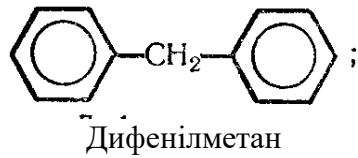
2. Ароматичні сполуки з ізольованими бензольними ядрами.

Органічні сполуки з двома або більшою кількістю бензольних ядер, сполучені між собою простим зв'язком, називають **багатоядерними ароматичними сполуками з ізольованими бензольними ядрами**.

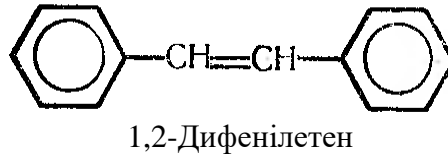
Відповідно до кількості бензольних ядер їх називають дифенілами, трифенілами і т.д.:



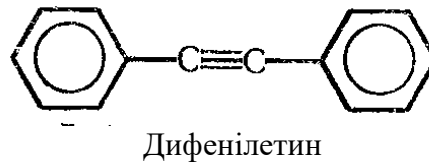
Відома велика група жирно-ароматичних багатоядерних сполук з ізольованими бензольними ядрами, які можна розглядати як похідні алканів



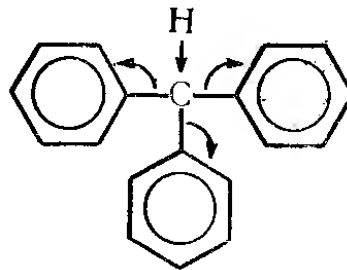
алкенів



алкінів

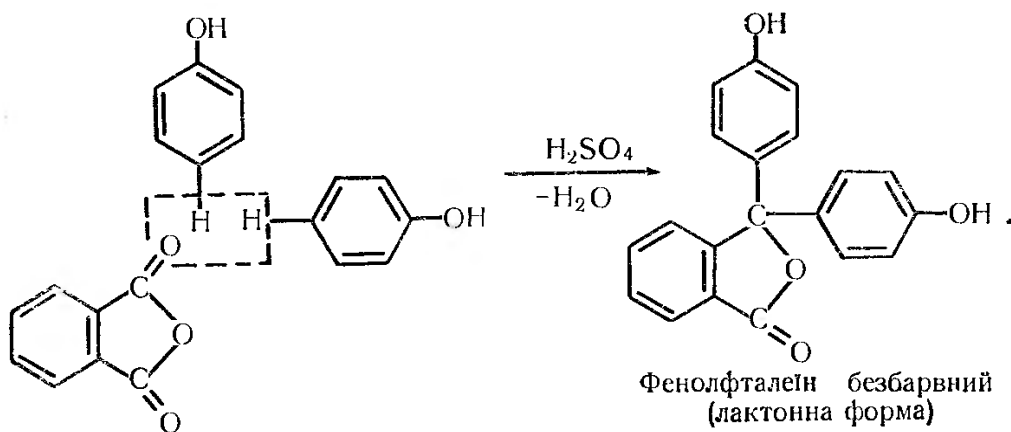


До найважливіших сполук цього типу належить трифенілметан і його похідні:



З похідних трифенілметану найбільше значення мають їх гідроксипохідні, які є барвниками.

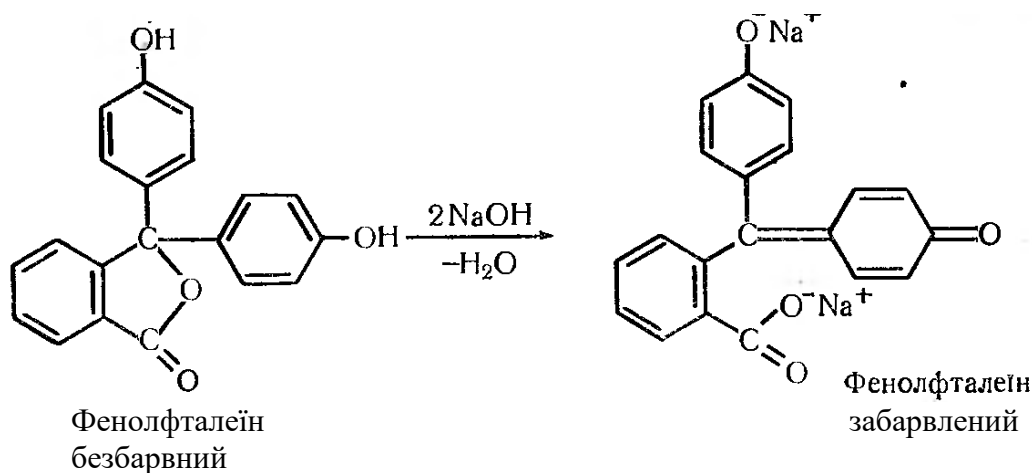
Типовий представник таких сполук – фенолфталеїн, який одержують взаємодією фенолу з фталевим ангідридом за наявності концентрованої сульфатної кислоти:



Фенолфталеїн – біла кристалічна речовина, не розчиняється у воді,

розчиняється у 70%-ному спирті. Його використовують у медицині як слабе проносне під назвою пурген. Широкого застосування фенолфталеїн набув як індикатор (інтервал переходу забарвлення рН = 8,2 – 10).

У кислому і нейтральному середовищі фенолфталеїн безбарвний. Якщо на фенолфталеїн подіяти розведеним розчином лугу, то колір фенолфталеїну змінюється на малиновий



Якщо додати до забарвленого фенолфталеїну розчин кислоти, то знову утвориться безбарвний фенолфталеїн.

Контрольні питання

1. Які сполуки називають ароматичними сполуками з конденсованими бензольними ядрами?
2. На які групи їх поділяють?
3. Як зображують структурну формулу нафталену? Чому?
4. Як нумерують вуглецеві атоми у молекулі нафталену?
5. Які ізомери мають однозаміщенні нафталену?
6. Які фізичні властивості нафталену?
7. Які продукти реакції утворюються при гідруванні нафталену воднем у момент виділення і за наявності індикатора?
8. У які реакції заміщення вступає нафталін? За яких умов вони відбуваються?
9. Який продукт реакції утворюється при окисненні нафталену киснем повітря при 440°C за наявності каталізатора?
10. Яку будову має антрацен і його ізомер фенантрен?
11. Як утворюється антрахіхон?
12. Яку будову має молекула антрахінону? Які його властивості?
13. Які сполуки називають ароматичними сполуками з ізольованими бензольними ядрами?
14. Яку будову мають жирно-ароматичні сполуками з ізольованими бензольними ядрами?
15. Як одержують фенолфталеїн? Які його властивості?
16. Як змінюється колір розчину фенолфталеїну при дії на нього розведеними розчинами лугу і кислоти?

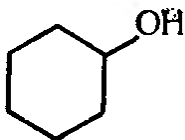
Тема 3
Монофункціональні похідні вуглеводнів
Тема 3.1
Гідроксисполуки

1. Класифікація гідроксисполук.
2. Спирти.
3. Феноли.

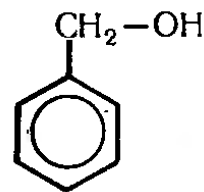
1. Класифікація гідроксисполук

Гідроксисполуками називають похідні вуглеводнів, в молекулах яких один або кілька атомів водню заміщені на відповідну кількість гідроксильних груп. Їх поділяють на дві великі групи – *спирти* і *феноли*. У *спиртів* група $-\text{OH}$ зв'язана з будь-яким атомом вуглецю. Спирти в свою чергу поділяють на *аліфатичні* (насичені $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ і ненасичені

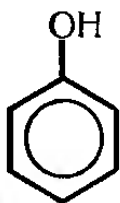
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$); *циклічні*



; *ароматичні*



У *фенолів* група $-\text{OH}$ зв'язана тільки з атомом вуглецю бензольного



кільця

2. Спирти

Спирти – похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або декілька атомів водню заміщені гідроксильною групою $-\text{OH}$. Кількість гідроксильних груп визначає *атомність спиртів*. Одноатомні спирти містять у молекулі одну гідроксильну групу, наприклад CH_3OH , двоатомні – дві, наприклад $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$, триатомні – три, наприклад $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$, тощо.

Найпростішими є одноатомні насичені спирти.

Одноатомні насичені спирти

Загальна формула $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$, де $n = 1, 2, 3...$ (будь-яке ціле додатне число).

Гомологічний ряд

Одноатомні насичені спирти утворюють гомологічний ряд:

n = 1	CH₃OH	метанол
n = 2	C₂H₅OH	етанол
n = 3	C₃H₇OH	пропанол
n = 4	C₄H₉OH	бутанол
n = 5	C₅H₁₁OH	пентанол

Номенклатура

За номенклатурою IUPAC назву спиртів утворюють з назви відповідного алкану додаванням закінчення **-ол** (див. гомологічний ряд). Головний ланцюг нумерується з того кінця, ближче до якого міститься **ОН**-група. Її положення позначають цифрою (локантом), який записують перед суфіксом **-ол**, виділяючи його з обох боків дефісами.

Досить часто спирти називають від назви радикала: **CH₃OH** – метиловий спирт, **C₂H₅OH** – етиловий спирт, **C₃H₇OH** – пропіловий спирт і т. д.

Достатньо поширеними залишаються деякі тривіальні назви спиртів: **CH₃OH** – деревний (добувають сухою перегонкою деревини); **C₂H₅OH** – винний (вперше було виявлено у виноградному вині і довгий час добували перегонкою вина) тощо.

Ізомерія

Перші два члени гомологічного ряду – метиловий **CH₃OH** і етиловий **C₂H₅OH** – ізомерів не мають.

Ізомерія спиртів залежить від:

1) будови вуглеводневого ланцюга



Бутан-1-ол



3-Метилпропан-1-ол

2) положення гідроксильної групи



Пропан-1-ол



Пропан-2-ол

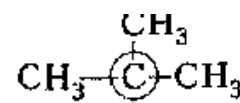
Залежно від природи вуглецевого атома, з яким зв'язана гідроксильна група, розрізняються *первинні*, *вторинні* та *третинні* спирти:



Первинний



Вторинний



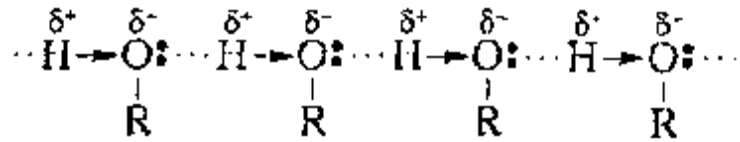
Третинний

Фізичні властивості

Спирти **C₁ – C₁₀** – рідини, починаючи з **C₁₁** – тверді речовини, їх густина

менша за одиницю. Спирти $C_1 - C_3$ змішуються з водою без обмежень, мають алкогольний запах, спирти $C_3 - C_{10}$ у воді розчиняються погано, мають неприємний запах.

Температури кипіння спиртів суттєво вищі, ніж алканів з тією самою кількістю вуглецевих атомів. Це пояснюється наявністю водневих зв'язків, які сприяють існуванню асоціатів між молекулами спирту:

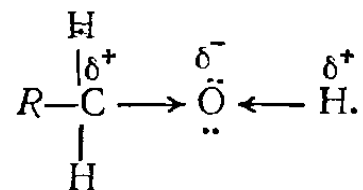


Метанол, або метиловий спирт, зовнішньо подібний до етилового спирту, але має сильну отрутну дію і тому досить небезпечний. Отруйні властивості метанолу викликані його здатністю окиснюватися в організмі людини до формальдегіду і мурашиної кислоти, які руйнують білкові клітини (вже 10 г викликає сліпоту, а 30 г – смертельна доза для людини).

Етанол, або етиловий був першим спиртом, з яким познайомилася людина в процесі спиртового бродіння, звідкіля виникла його назва „винний”. У промисловості етанол одержують в основному гідратацією етилену (синтетичний етиловий спирт) і ферментативним бродінням (харчовий, медичний, гідролізний). Після фракційної розгонки він містить приблизно 95,5% спирту і 4,5% води. Це так званий азеотроп, або азеотропна суміш, яку подальшою розгонкою розділити неможливо. Тому для отримання 100%-ного (абсолютного) етанолу необхідно застосовувати ефективні водовідбирні речовини (**CaO, Na, Mg, P₂O₅** тощо), здатні хімічно зв'язувати воду. Етанол діє на організм людини як наркотик і у невеликій дозі викликає сп'яніння, а у великих кількостях може призвести до смерті.

Хімічні властивості

Наявність в молекулах спиртів гідроксильної групи зумовлює їх кислотно-основні властивості. Оскільки атом Оксигену цієї групи більш електронегативний, ніж атоми Карбону і Гідрогену, то електронна густина зміщується від цих атомів до атома Оксигену. Зв'язки **O–H** і **C–O** поляризуються:



Тому в хімічних реакціях спирти можуть віддавати протон H^+ і виявляти, таким чином, кислотні властивості.

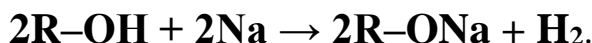
Крім того, на атомі Оксигену гідроксильної групи спирту є вільні пари електронів. За рахунок цих електронів (у реакціях виявляє активність тільки одна електронна пара) спирти можуть також приєднувати протон до атома

Оксигену **ОН**-групи і виявляти при цьому основні властивості.

Отже, спирти мають амфотерні властивості. Але як кислотні, так і основні властивості в них виражені дуже слабо. Тому розчини спиртів у воді нейтральні і не змінюють забарвлення індикаторів.

1. Взаємодія з активними металами

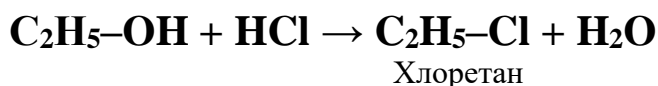
Спирти – практично нейтральні речовини, але атом гідрогену, у зв'язку з високою полярністю зв'язку **О–Н**, може виявляти кислотні властивості і заміщувати атом гідрогену на атом металу. Продукти такої взаємодії – металічні похідні, які називають *алкоголятами*:



Назву алкоголятів утворюють від назви вуглеводневого радикалу, додаючи до неї суфікс *-ат* і назву металу. Наприклад, натрій метилат **СН₃–ОНa**, натрій етилат **С₂Н₅–ОНa** і т. д.

2. Взаємодія з галогеноводнями

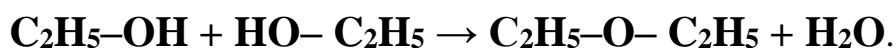
Спирти легко взаємодіють з газоподібними галогеноводнями, заміщуючи групу **ОН** на галоген (виявляють основні властивості). При цьому утворюються галогенопохідні алканів:



3. Реакція дегідратації (відщеплення молекули води)

Дегідратація спиртів може відбуватися у двох напрямках: внутрішньомолекулярно і міжмолекулярно. Напрямок дегідратації залежить від умов проведення реакції. Реакцію дегідратації проводять за наявності водовідбирних речовин (**Н₂SO₄**, **Н₃PO₄**, безводна щавлева кислота, **Al₂O₃** тощо).

Дегідратація етилового спирту за наявності концентрованої **Н₂SO₄** залежно від температури може відбуватися з утворенням різних продуктів. При температурі 130 – 140°C відбувається реакція міжмолекулярної дегідратації, головним продуктом якої є діетиловий етер:

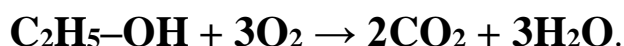


За вищої температури (понад 160°C) проходить реакція внутрішньомолекулярної дегідратації з утворенням етилену:



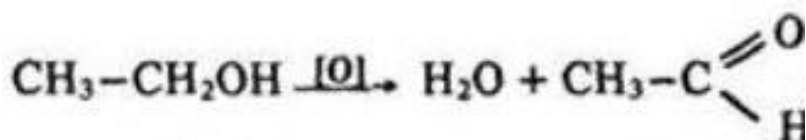
4. Реакція окиснення

Спирти горять безбарвним полум'ям (повне окиснення):



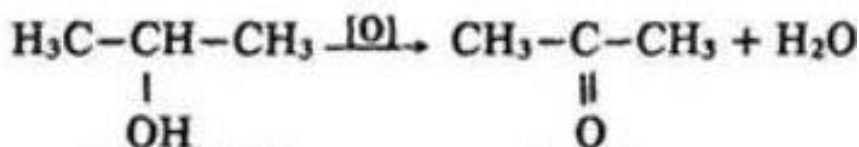
При температурі 300 – 500°C і за наявності мідних та інших каталізаторів спирти окиснюються киснем повітря, а такими окиснювачами як **KMnO₄**, хромова суміш спирти окиснюються вже при кімнатній температурі. Залежно від того, який це спирт – первинний, вторинний чи третинний, – при окисненні утворюються різні продукти.

Первинні спирти утворюють альдегіди з такою ж кількістю атомів карбону, як і у молекулі вихідного спирту:



Оцтовий альдегід

Вторинні спирти утворюють кетони:



Ацетон

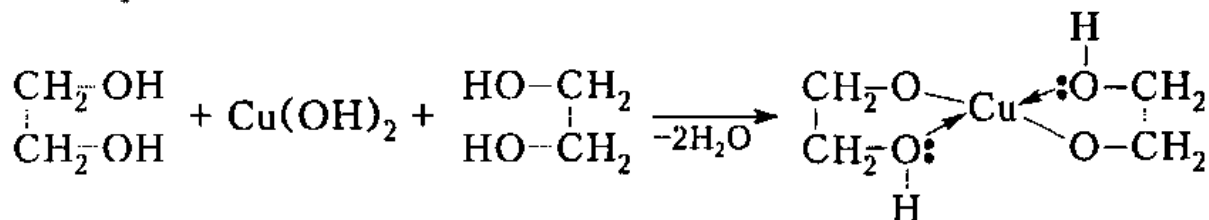
Третинні спирти в кислому середовищі окиснюються важко з розривом зв'язку **C – C** у β-положенні до гідроксильної групи та утворенням у кінцевому підсумку суміші кислот і кетонів.

Двоатомні та триатомні насичені спирти

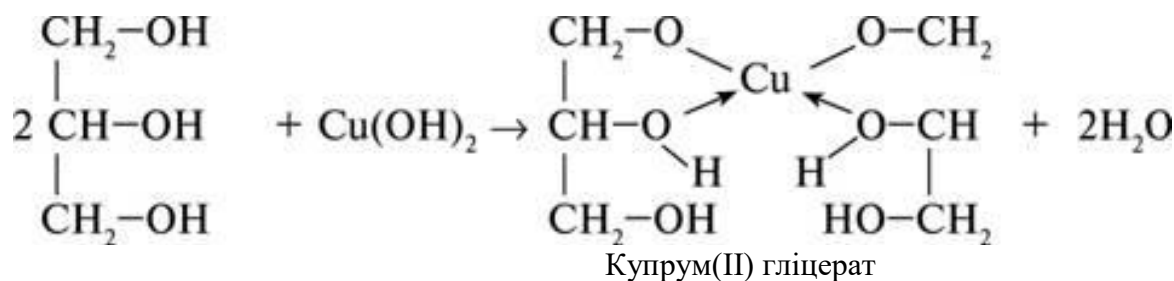
Найпростіший двоатомний спирт – етиленгліколь **CH₂OH–CH₂OH**, найпростіший триатомний спирт – гліцерин **CH₂OH–CHOH–CH₂OH**.

Це безбарвні гігроскопічні сильнов'язкі рідини, добре розчинні у воді.

На відміну від одноатомних спиртів мають особливі властивості – взаємодіють з гідроксидами важких металів, наприклад з купрум(II) гідроксидом:



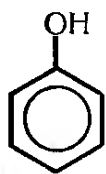
Купрум (II) гліколят



Купрум(II) гліцерат

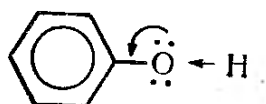
3. Феноли

Фенолами називають органічні сполуки, які містять гідроксильну групу, безпосередньо сполучену з атомом вуглецю бензольного ядра. Найпростішим з них є гідроксибензол. Його переважно називають фенолом:



Фенол – біла кристалічна речовина з характерним запахом, добре розчиняється у більшості органічних розчинників, але обмежено розчиняється у воді. Фенол – це отруйна речовина, при попаданні на шкіру утворює опіки. Він вбиває багато мікроорганізмів, тобто має дезинфікуючі і антисептичні властивості.

Фенол виявляє кислотні властивості, проте є досить слабкою кислотою, слабшою від карбонатної і карбонових кислот. Якщо фенол розчинити у воді, то розчин буде мати кисле середовище і змінить забарвлення синього лакмусового паперу на рожевий. Це пояснюється так. Атом Оксигену, як більш електронегативний елемент, ніж атом Гідрогену, притягує до себе електронну густину від атома Гідрогену:



Це приводить до збільшення полярності **H–O**-зв'язку в молекулі фенолу і підвищення активності атома Гідрогену цієї групи, тому він відщеплюється у вигляді протону **H⁺**:



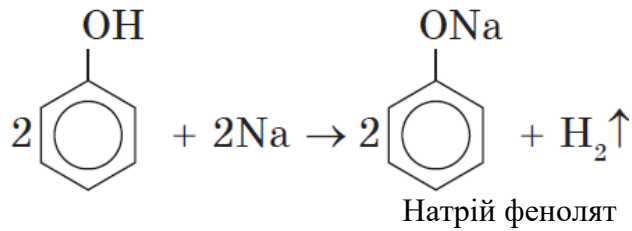
Тому, на відміну від спиртів, водний розчин фенолу виявляє кислотні властивості.

Хімічні властивості фенолу визначаються гідроксильною групою і сполученим з нею бензольним ядром, тому їх поділяють на реакції по гідроксильній групі і по бензольному ядру.

I. Реакції з участю гідроксильної групи

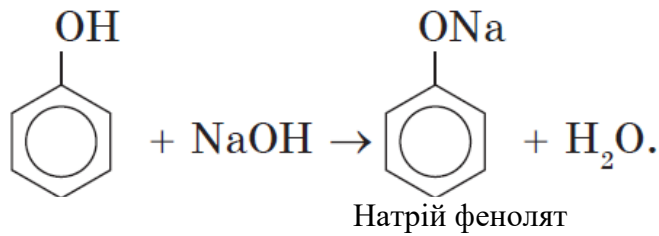
1. Реакція з лужними металами

Фенол при взаємодії з лужними металами утворює феноляти



2. Реакція з лугами

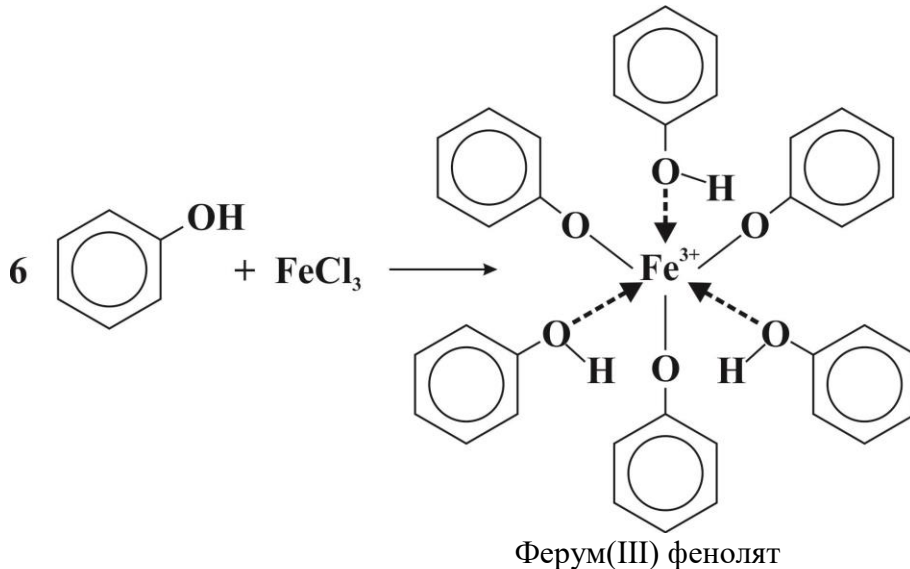
Посилення кислотних властивостей фенолів приводить до того, що вони, на відміну від спиртів, утворюють феноляти не тільки при взаємодії з лужними металами, але й з лугами



Феноляти лужних металів – нестійкі сполуки, легко руйнуються неорганічними кислотами.

3. Реакція з ферум (III) хлоридом

Фенол легко утворює з **FeCl₃** комплексну сполуку фіолетового кольору:

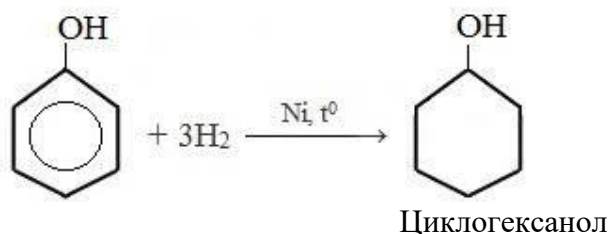


Ця реакція є характерною якісною пробою на фенол і взагалі на фенольний гідроксил.

II. Реакції з участю бензольного ядра

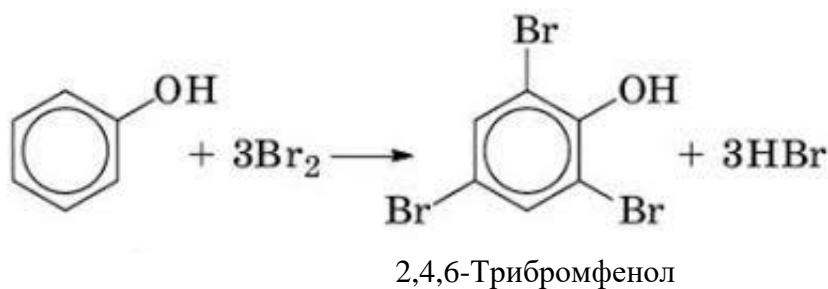
1. Взаємодія з воднем

Фенол, як і бензол, вступає у реакцію гідрування за наявності каталізаторів і температури 170°C



2. Взаємодія з бромною водою

Гідроксильна група так впливає на бензольне ядро, що атоми гідрогену в положеннях 2, 4, 6 стають більш рухливими і легко заміщуються на атоми галогену. При реакції фенолу з бромною водою утворюється важкорозчинний у воді 2,4,6-трибромфенол, який випадає у вигляді білого осаду:



Контрольні питання

1. Які похідні вуглеводнів називають гідроксисполуками? Як їх поділяють?
2. Чим відрізняються спирти і феноли?
3. Які сполуки називають спиртами? Як їх класифікують за атомністю?
4. Яка загальна формула одноатомних насичених спиртів? Який вигляд має гомологічний ряд цих спиртів?
5. Як називають спирти за номенклатурою ІUPAC? Які існують інші назви спиртів?
6. Від чого залежить ізомерія спиртів?
7. Які спирти називають первинними, вторинними, третинними?
8. Які загальні хімічні властивості спиртів?
9. Чому у спиртів суттєво вищі температури кипіння, ніж у алканів з тією самою кількістю вуглецевих атомів?
10. Які властивості метанолу й етанолу?
11. Як розподіляється електронна густина в молекулах спиртів?
12. Чому спирти виявляють амфотерні властивості?
13. Які властивості виявляють спирти при взаємодії з активними металами і галогеноводнями?
14. Як відбувається реакція дегідратації спиртів?
15. Як окиснюються спирти при повному окисненні і за наявності каталізаторів?
16. Які продукти реакції утворюються при окисненні первинних, вторинних і третинних спиртів?
17. Які властивості має етиленгліколь і гліцерин?
18. Які сполуки називають фенолами?

19. Які властивості виявляє фенол?
20. Як пояснюються кислотні властивості фенолу?
21. У які реакції з участю гідроксильної групи вступає фенол?
22. Яка реакція є характерною на фенол і фенольний гідроксил?
23. У які реакції з участю бензольного ядра вступає фенол?

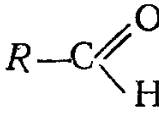
Тема 3.2 Оксосполуки

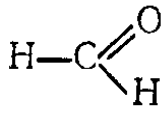
1. Альдегіди і кетони.
2. Властивості оксосполук.

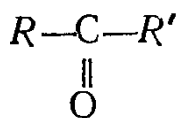
1. Альдегіди і кетони

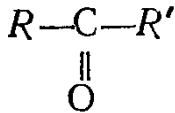
Оксосполуки – це похідні вуглеводнів, в яких міститься одна або більше карбонільних груп $>\text{C}=\text{O}$ (оксогруп). Оксосполуки бувають двох *типів*: *альдегіди* і *кетони*.

Альдегіди мають функціональну альдегідну групу  і їх молекули

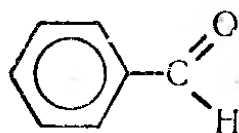
описуються загальною формулою , у якій **R** – атом гідрогену або вуглеводневий радикал. У молекулах альдегідів атом Карбону оксогрупи сполучений з атомом Гідрогену і вуглеводневим радикалом. Тільки в молекулі мурашиного альдегіду атом Карбону оксогрупи сполучений з двома атомами

Гідрогену .

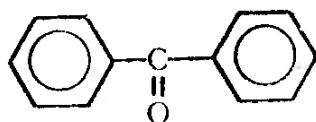


Загальна формула *кетонів* . У кетонах атом Карбону оксогрупи сполучений з двома вуглеводневими радикалами, які можуть бути однаковими або різними.

За будовою вуглецевого ланцюга оксосполуки поділяють на аліфатичні і ароматичні. Альдегіди та кетони аліфатичного ряду бувають насиченими і ненасиченими. Ароматичні альдегіди містять альдегідну функціональну групу, яка безпосередньо сполучена з атомом Карбону бензольного ядра. Найпростішим представником ароматичних альдегідів є бензальдегід:



У молекулах ароматичних кетонів кетонна група сполучена з атомами карбону двох ароматичних ядер. Прикладом ароматичного кетону є бензофенон:



Серед оксосполук найпростішими є аліфатичні насичені альдегіди та кетони.

Насичені оксосполуки

Загальна формула для оксосполук $C_nH_{2n}O$, де $n = 1, 2, 3...$ для альдегідів і $n = 3, 4, 5...$ для кеторів.

Гомологічний ряд альдегідів

Альдегіди утворюють гомологічний ряд:

$n = 1$	CH_2O	метаналь
$n = 2$	C_2H_4O	етаналь
$n = 3$	C_3H_6O	пропаналь
$n = 4$	C_4H_8O	бутаналь
$n = 5$	$C_5H_{10}O$	пентаналь

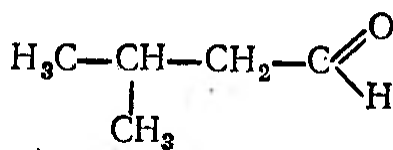
Гомологічний ряд кетонів

Кетони утворюють гомологічний ряд:

$n = 3$	C_3H_6O	пропаналь
$n = 4$	C_4H_8O	бутаналь
$n = 5$	$C_5H_{10}O$	пентаналь
$n = 6$	$C_6H_{12}O$	гексаналь
$n = 7$	$C_7H_{14}O$	гептаналь

Номенклатура

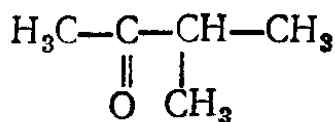
За номенклатурою IUPAC альдегіди називають за назвою відповідного алкану, додаючи закінчення *-аль* (див. гомологічний ряд альдегідів). Нумерація вуглецевого ланцюга альдегідів починається з атома карбону оксогрупи:



3-Метилбутаналь

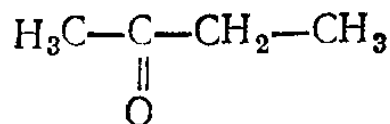
Альдегіди часто називають також за історичними назвами, які походять від назв відповідних карбонових кислот, у які вони перетворюються при окисненні. Наприклад, альдегід C_2H_4O при окисненні утворює оцтову кислоту, тому його називають оцтовим альдегідом.

Кетони за номенклатурою IUPAC називають за назвою відповідного алкану, додаючи закінчення *-он* (див. гомологічний ряд кетонів). Нумерація ланцюга кетонів починається з того кінця ланцюга, ближче до якого розташована кетонна група. Її положення позначають цифрою (локантом), який записують перед суфіксом *-он*, виділяючи його з обох боків дефісами:



3-Метилбутан-2-он

Кетони часто називають також за назвою радикалів, сполучених з кетонною групою, з додаванням закінчення *кетон*:

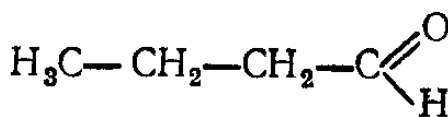


Метилетилкетон

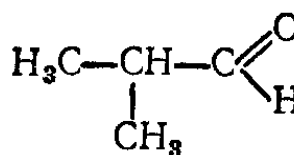
Перший і найважливіший кетон – пропанон, має історичну назву ацетон.

Ізомерія

Ізомерія альдегідів пов'язана з будовою вуглецевого ланцюга

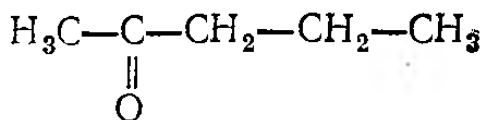


Бутаналь

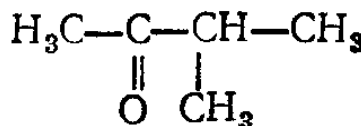


Метилпропаналь

а кетонів, крім ізомерії вуглецевого ланцюга

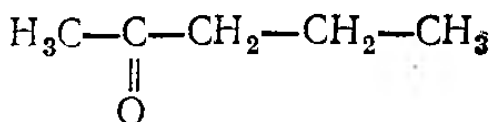


2-Пентанон

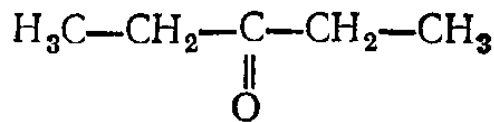


3-Метилбутанон

ще додатково з положенням кетонної групи:



Пентан-2-он

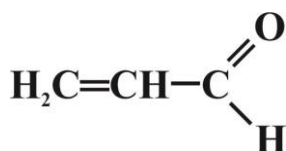


Пентан-3-он

Ненасичені оксолоуки

Ненасичені оксолоуки – це сполуки, в молекулах яких міститься оксогрупа і ненасичений зв'язок (подвійний або потрійний). Найбільше значення мають оксолоуки з подвійним зв'язком.

Найпростіші альдегіди:

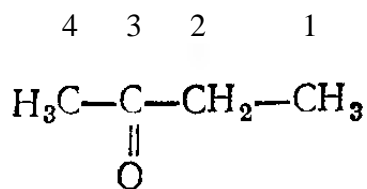


Пропеналь

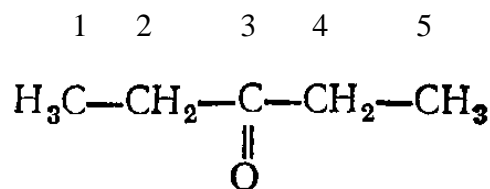


3-Бутеналь

Найпростіші кетони:



3-Пропен-2-он



1-Пентен-3-он

2. Властивості оксосполук

Фізичні властивості

Мурашиний альдегід – газ, наступні альдегіди – рідини, вищі альдегіди – тверді речовини. Ацетон і нижчі кетони – рідини, вищі кетони – тверді речовини.

Альдегіди і кетони киплять при значно нижчій температурі, ніж спирти з такою самою кількістю атомів карбону. Це свідчить про те, що альдегіди і кетони не є сильно асоційованими речовинами. В той же час, температури кипіння оксосполук значно вищі за температури кипіння вуглеводнів з такою самою кількістю атомів карбону, що пов'язано з високою полярністю молекул альдегідів і кетонів.

Мурашиний і оцтовий альдегіди, а також кетони з невеликою молекулярною масою розчинні у воді. При збільшенні молекулярної маси розчинність цих речовин у воді зменшується.

Уважають, що оксогрупа є осмофором, тобто носієм запаху. Мурашиний альдегід має досить різкий запах. Інші нижчі альдегіди мають задушливий запах, який при сильному розведенні стає приємним і нагадує запах овочів і фруктів. Кетони пахнуть досить приємно.

Хімічні властивості

У карбонільній групі зв'язок дуже поляризований: атом Оксигену більш електронегативний, ніж атом Карбону, тому відтягує на себе електронну густину і набуває часткового негативного заряду ($-\delta$), атом Карбону набуває часткового позитивного заряду ($+\delta$).

Окрім того, між атомом Карбону і атомом Оксигену в оксогрупі існує подвійний зв'язок, подібний до подвійного зв'язку в алкенах. Тому альдегіди і кетони надзвичайно реакційноздатні сполуки.

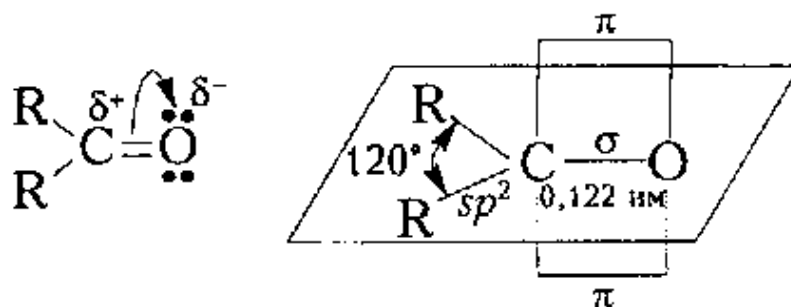
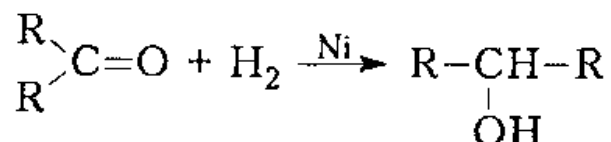
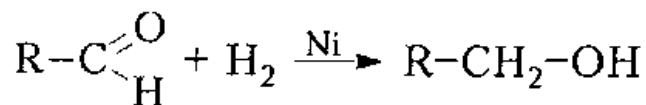


Рис. 10. Будова карбонільної групи

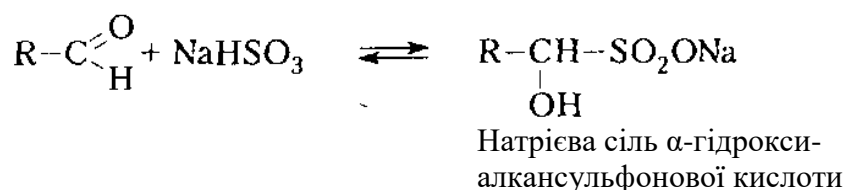
1. Взаємодія з воднем

Альдегіди і кетони приєднують водень над нагрітими **Ni**, **Pt**, **Pd**, при цьому альдегіди утворюють первинні спирти, кетони – вторинні спирти:



2. Взаємодія з натрій гідрогенсульфітом

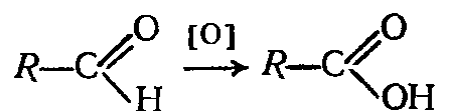
Альдегіди і метилкетони взаємодіють з концентрованим розчином натрій гідрогенсульфіту **NaHSO₃** і утворюють кристалічні гідрогенсульфітні сполуки, які важко розчиняються у воді:



Гідрогенсульфітні сполуки утворюються при охолодженні у вигляді прозорих кристалів.

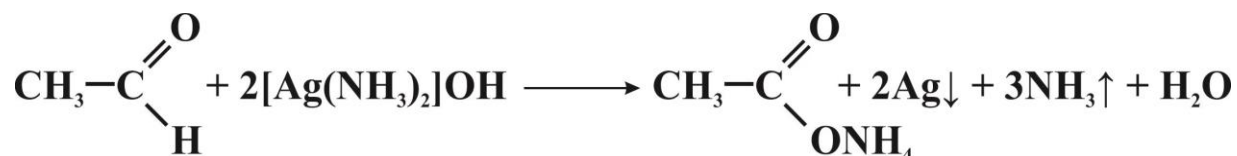
3. Реакції окиснення

Альдегіди легко окиснюються і перетворюються у відповідні карбонові кислоти. У процесі окиснення зберігається кількість атомів карбону і структура вуглецевого ланцюга, а альдегідна група перетворюється на карбоксильну:

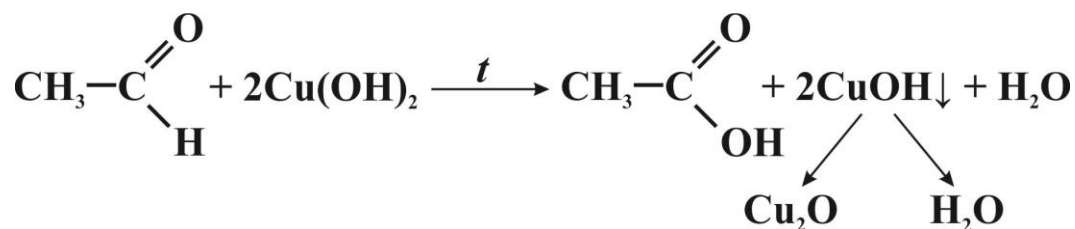


Реакції окиснення можуть проходити під дією кисню повітря, м'яких окисників, **KMnO₄** тощо. До м'яких окисників належать реактив Толленса **[Ag(NH₃)₂]OH** і реактив Тромера.

При слабкому нагріванні реактиву Толленса з альдегідами останні окиснюються до карбонових кислот, а срібло відновлюється і осідає на чистій поверхні скляного посуду у вигляді срібного дзеркала. Тому цю реакцію називають «реакцією срібного дзеркала».



Аналогічно альдегід окиснюється реактивом Тромера. Альдегіди за нагрівання з реактивом Троммера окиснюються до карбонових кислот, а купрум (II) відновлюється до купрум (I) і випадає у вигляді червоного осаду:



Кетони м'якими окиснювачами не окиснюються, в наведені реакції не вступають. Окиснення кетонів сильними окиснювачами відбувається з розривом вуглецевого ланцюга з обох боків кетонної групи.

4. Взаємодія з фуксинсірчистою кислотою

Реакція з фуксинсірчистою кислотою є якісною на альдегіди. Після додавання альдегідів до безбарвного розчину фуксинсірчистої кислоти появляється фіолетово-пурпурове забарвлення, яке свідчить про наявність альдегідної групи у молекулі досліджуваної речовини.

Контрольні питання

1. Які похідні вуглеводнів називають оксосполуками? Яких типів вони бувають?
2. Яку загальну формулу мають альдегіди та кетони?
3. Як поділяють оксосполуки за будовою вуглецевого ланцюга?
4. Яка загальна формула насичених оксосполук?
5. Який вигляд мають гомологічні ряди альдегідів та кетонів?
6. Як називають альдегіди за номенклатурою IUPAC? Які існують історичні назви альдегідів?
7. Як називають за номенклатурою IUPAC кетони? Як ще можна називати кетони?
8. З чим пов'язана ізомерія альдегідів та кетонів?
9. Які оксосполуки є ненасиченими? Якими є найпростіші такі альдегіди та кетони?
10. Які фізичні властивості оксосполук?
11. Чому оксосполуки є надзвичайно реакційноздатними сполуками?
12. Як оксосполуки взаємодіють з воднем?
13. Які продукти реакції утворюються при взаємодії оксосполук з концентрованим розчином NaHSO_3 ?
14. Як окиснюються альдегіди і кетони?
15. Яка реакція є якісною на альдегіди та кетони?

Тема 3.3 Карбонові кислоти

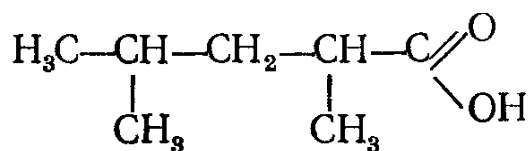
1. Класифікація карбонових кислот.
2. Монокарбонові кислоти.
3. Дикарбонові насичені кислоти.

1. Класифікація карбонових кислот

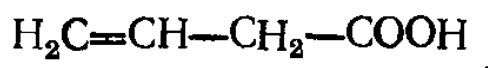
Карбонові кислоти – це похідні вуглеводнів, які містять у молекулі одну або декілька карбоксильних груп $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$. Назва *карбоксильна* утворилася з назв карбонільна $>\text{C}=\text{O}$ і гідроксильна OH .

Кількість карбоксильних груп визначає основність кислоти. Так, $\text{R}-\text{COOH}$ – одноосновна, або монокарбонова, кислота, $\text{HOOC}-\text{R}-\text{COOH}$ – двоосновна, або дикарбонова.

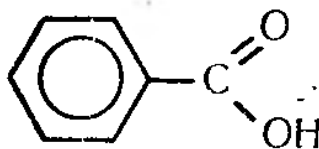
Залежно від природи радикала, сполученого з карбоксильною групою, карбонові кислоти поділяють на **аліфатичні**, які в свою чергу поділяють на насичені



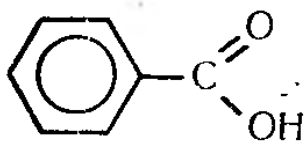
та ненасичені



циклічні



ароматичні

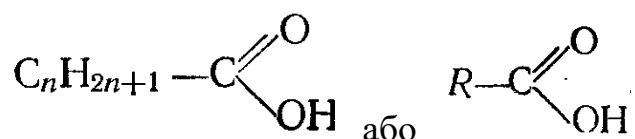


За кількістю атомів Карбону у радикалі розрізняють кислоти нижчі (від 1 до 10 атомів) і вищі (більше 10 атомів).

2. Монокарбонові кислоти

Карбонові кислоти складають велику групу органічних сполук. Їх вивчення починають з насичених кислот.

Насичені монокарбонові кислоти мають загальну формулу



де **R** – відповідний вуглеводневий радикал або атом Гідрогену.

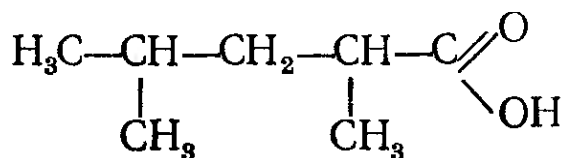
Гомологічний ряд

Монокарбонові кислоти утворюють гомологічний ряд, який можна записати, виходячи з загальної формули цих речовин **C_nH_{2n+1}COOH**:

n = 0	HCOOH	метанова кислота, мурашина кислота
n = 1	CH₃COOH	етанова кислота, оцтова кислота
n = 2	C₂H₅COOH	пропанова кислота, пропіонова кислота
n = 3	C₃H₇COOH	бутанова кислота, масляна кислота
n = 4	C₄H₉COOH	пентанова кислота, валеріанова кислота
n = 5	C₅H₁₁COOH	гексанова кислота, капронова кислота

Номенклатура

Назви карбонових кислот за номенклатурою IUPAC утворюють з назви відповідного алкану, додаючи закінчення **-ова** і слово **кислота** (див. гомологічний ряд карбонових кислот). Головний ланцюг у молекулі кислоти вибирають так, щоб у нього обов'язково входила карбоксильна група. Положення радикалів у вуглецевому ланцюзі позначають цифрами. Нумерацію ланцюга починають з атома Карбону карбоксильної групи:

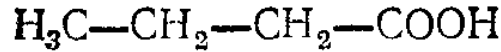


2,4-Диметилпентанова кислота

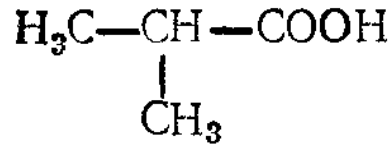
Для найпоширеніших карбонових кислот використовують тривіальні назви (див. гомологічний ряд), які пов'язані переважно з джерелами їх виділення. Так, мурашина кислота міститься у мурашках, масляна кислота має запах старої олії, капронова входить до складу козячого жиру (лат. *Capra* – коза).

Ізомерія

Монокарбоновим кислотам властива ізомерія, пов'язана з розгалуженням карбонового ланцюга. Перші три представники гомологічного ряду цих кислот ізомерів не мають. Масляна кислота існує у вигляді двох ізомерів: *n*-масляної



та ізомасляної (2-метилпропанової)



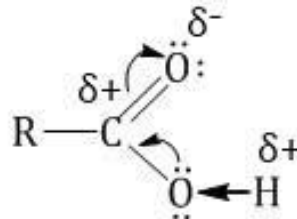
Валеріанова кислота існує у вигляді чотирьох ізомерів і т. д. При збільшенні кількості атомів Карбону у молекулі кислоти кількість ізомерів різко збільшується.

Фізичні властивості

Перші три члени гомологічного ряду кислот – мурашина, оцтова і пропіонова – безбарвні рідини з гострим подразливим запахом, які змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях. Кислоти з кількістю вуглецевих атомів від **C₄** до **C₁₀** – маслянисті рідини з неприємним запахом згірклого масла, розчинність яких у воді зменшується в міру збільшення їх молекулярної маси. Вищі карбонові кислоти, починаючи з **C₁₁** – тверді парафіноподібні речовини, без запаху, у воді не розчиняються.

Хімічні властивості

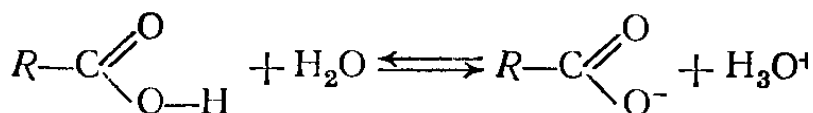
Властивості карбонових кислот зумовлені перш за все наявністю в їх молекулах карбоксильної групи. У карбоксильній групі



атом Оксигену карбонільної групи відтягує електронну густину і набуває надлишкового негативного заряду $-\delta$, атом Карбону набуває надлишкового позитивного заряду $+\delta$ і відтягує електронну густину від атома Оксигену гідроксильної групи. В результаті цього атом Гідрогену в групі **ОН** стає значно активнішим, ніж у **ОН**-групи спиртів, і може відщеплюватися у вигляді протона **H⁺**. Тому карбонові кислоти на відміну від спиртів дисоціюють у водних розчинах.

2. Дисоціація у водному розчині

Карбонові кислоти у водних розчинах дисоціюють:

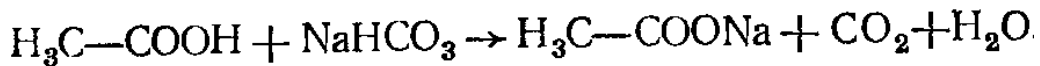
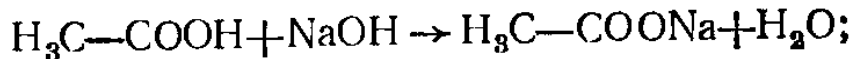
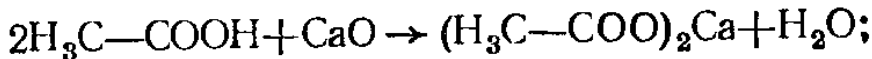
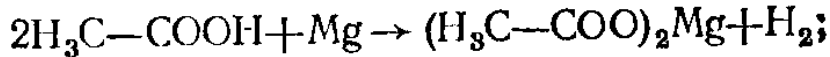


Проте порівняно з неорганічними кислотами **HCl**, **HBr**, **HI**, **H₂SO₄**,

HNO_3 , H_3PO_4 та іншими, органічні кислоти набагато слабші, але сильніші від карбонатної кислоти. Тому неорганічні кислоти витісняють карбонові кислоти з їх солей, а карбонові кислоти в свою чергу витісняють карбонатну кислоту з її солей.

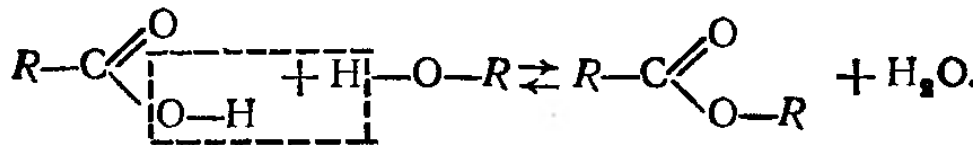
2. Взаємодія з металами, основними оксидами, основами

Карбонові кислоти при взаємодії з активними металами, основними оксидами, основами, солями карбонатної кислоти утворюють солі:



3. Взаємодія зі спиртами (реакція естерифікації)

Карбонові кислоти вступають у реакцію зі спиртами. Продуктами такої взаємодії є відповідні естери:

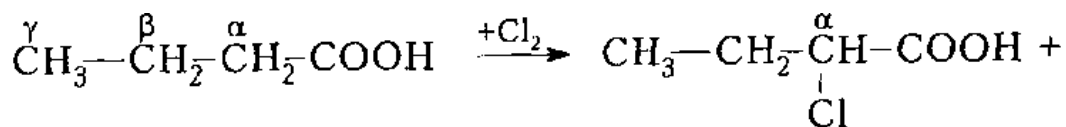


Назва естеру походить від назви карбонової кислоти і спирту, з яких вони утворилися. Так, естер пропіонової кислоти і метилового спирту $\text{C}_2\text{H}_5-\text{COOCH}_3$ називають пропіловометилевим естером, або пропілметаноат.

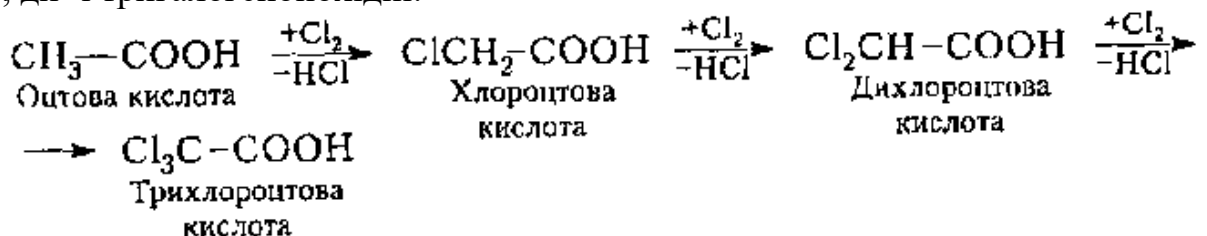
Для задовільного перебігу цієї реакції необхідно застосовувати кислотний катализ процесу.

4. Взаємодія з галогенами

Карбоксильна група так впливає на вуглеводневий радикал, що атоми Гідрогену біля α -вуглецевого атома стають більш рухливими і можуть заміщуватися на галоген. Заміщення відбувається послідовно:

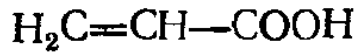


При хлоруванні оцтової кислоти в реакційній суміші утворюються також моно-, ди- і тригалогенопохідні:

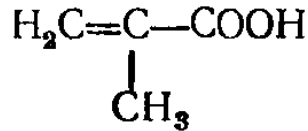


Ненасичені монокарбонові кислоти

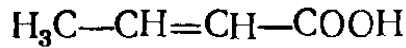
Якщо у вуглеводневому радикалі карбонової кислоти є подвійний чи потрійний зв'язок, то такі карбонові кислоти називають ненасиченими. Найпростішими карбоновими кислотами з подвійним зв'язком є:



Пропенова кислота



Метилпропенова кислота

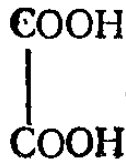


2-Бутенова кислота

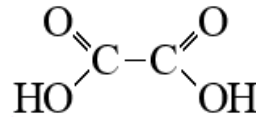
3. Дикарбонові насичені кислоти

Дикарбоновими кислотами називають такі органічні сполуки, в молекули яких містяться дві карбоксильні групи.

Найпростішою є щавлева кислота



або



Це біла кристалічна речовина, добре розчиняється у воді, більш сильна кислота, ніж оцтова.

Щавлева кислота виявляє такі ж хімічні властивості, як і монокарбонові кислоти, але в хімічні реакції може вступати як одна, так і дві карбоксильні групи.

2. Взаємодія з лугами

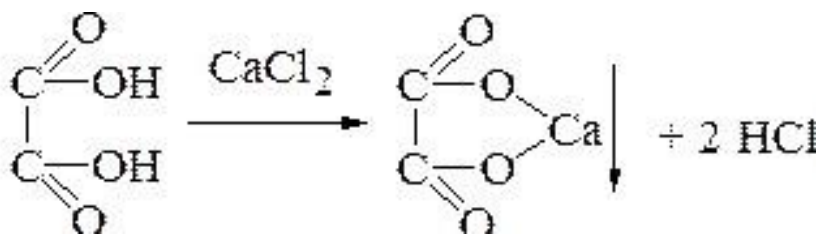
При взаємодії з **NaOH** в реакцію вступає спочатку одна карбоксильна група, а при надлишку лугу і друга карбоксильна група:



Якщо цю реакцію проводити з **KOH**, то утворюється білий осад калій гідрогеноксалату, котрий розчиняється у надлишку лугу.

2. Взаємодія з розчинними солями двовалентних металів

При взаємодії щавлевої кислоти з солями двовалентних металів утворюються нерозчинні у воді оксалати:



Контрольні питання

1. Які сполуки називають карбоновими кислотами?
2. Що визначає основність кислоти? Які бувають карбонові кислоти за основністю?
3. Як поділяють карбонові кислоти залежно від природи радикала?
4. Яка загальна формула насичених монокарбонових кислот? Який гомологічний ряд вони утворюють?
5. Як за номенклатурою IUPAC називають монокарбонові кислоти?
6. Які тривіальні назви мають найпоширеніші кислоти?
7. Яка ізомерія властива монокарбоновим кислотам?
8. Які фізичні властивості кислот?
9. Як розподіляється електронна густина у карбоксильній групі?
10. Як дисоціюють карбонові кислоти у водному розчині?
11. Яка сила монокарбонових кислот порівняно з неорганічними кислотами?
12. Як монокарбонові кислоти взаємодіють з металами, основними оксидами, основами?
13. Як відбувається реакція естерифікації?
14. Як монокарбонові кислоти взаємодіють з галогенами?
15. Які сполуки належать до ненасичених монокарбонових кислот?
16. Які органічні сполуки називають дикарбоновими кислотами?
17. Які властивості має щавлева кислота?
18. Як щавлева кислота взаємодіє з лугами і розчинними солями двовалентних металів?

Тема 3.4

Галагенопохідні, сірко- й азотовмісні сполуки

1. Поняття про галагенопохідні сполуки.
2. Тіоспирти, тіоефіри, сульфокислоти.
3. Нітрогеновмісні сполуки: нітросполуки, аміни.

2. Поняття про галагенопохідні сполуки

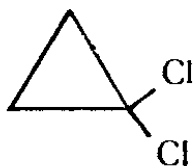
Галагенопохідними вуглеводнів називають сполуки, в яких один або більше атомів водню заміщені атомом (атомами) галагену.

Їх класифікують:

2) за кількістю атомів галагену

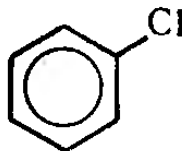
поділяють на **моногогенопохідні** (з одним атомом галагену) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$;
дигалагенопохідні (з двома атомами галагену) $\text{ClCH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$;
тригалагенопохідні (з трьома атомами галагену) $\text{CH}_3\text{-CCl}_3$;
полігалагенопохідні (з більшою кількістю атомів галагену) $\text{Cl}_3\text{C-CCl}_3$;

2) за будовою вуглецевого ланцюга і характером зв'язків між атомами вуглецю
 поділяють на **аліфатичні** (насичені $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$ і ненасичені $\text{CH}_2=\text{CHCl}$);



циклічні

; **ароматичні**

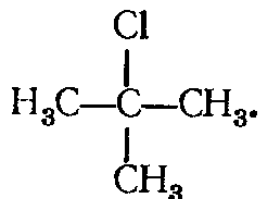


;

3) за природою галагену, що входить до складу молекули

поділяють на **фторопохідні** $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{F}$; **хлоропохідні** $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$;
бромопохідні $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Br}$; **йодопохідні** $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{I}$; **змішані** $\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{F}$
 (містять два або більше атомів різних галагенів).

Назву галагеноалканів за номенклатурою IUPAC утворюють так: до назви алкану додають у вигляді префікса назву алогенах лоро-, бромо- тощо і цифрою показують його положення. Атоми вуглецю в найдовшому ланцюгу нумерують таким чином, щоб менше значення отримав замісник, який у назві позначається першим за алфавітом. Галагени вважаються другорядними замісниками порівняно з іншими замісниками:



2-Метил-2-хлоропропан

2. Тіоспирти, тіоефіри, сульфокислоти

Сірка (сульфур) є аналогом кисню й утворює з вуглецем подібні сполуки. Відомо, що сірка відрізняється від кисню меншою електронегативністю і здатністю до змінної валентності внаслідок участі 3d-атомних орбіталей в утворенні хімічного зв'язку. До органічних сірковмісних (сульфуровмісних) сполук, що мають зв'язок **C–S**, відносять *тіоли R–SH*, *сульфіди R–S–R*, *сульфокислоти R–SO₂OH* та їх похідні.

Тіолами (тіоспиртами, меркаптанами) називають сполуки загальної формули **R–SH** (аналогі спиртів). Їх розглядають як похідні сірководню **H₂S**, в якому один атом водню замінений вуглеводневим залишком.

За номенклатурою IUPAC назву тіолів утворюють при додаванні закінчення *–тіол* до назви алкану і вказують номер вуглецевого атома:



За раціональною номенклатурою тіоли називаються меркаптанами, але такі назви не рекомендовані правилами IUPAC, незважаючи на їх практичне поширення.

Тіоли важко розчиняються у воді і легко у багатьох органічних розчинниках. Нижчі тіоли – рідини, вищі – тверді речовини. Особливістю нижчих тіолів є їх надзвичайно неприємний запах, за яким можна виявити тіоли у повітрі в дуже невеликих кількостях – 1 частина тіолу на $5 \cdot 10^{10}$ частин повітря. Тому тіоли добавляють до природного газу, який не має запаху, як одорант (речовина, яку додають для надання запаху) для виявлення його витоку з газопроводів.

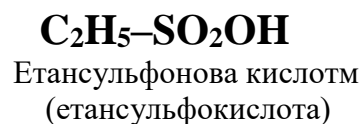
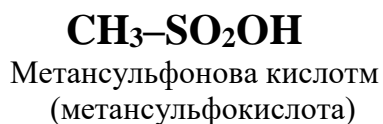
Сульфідами (тіоестерами) називають похідні **H₂S**, у яких обидва атоми водню замінені вуглеводневими залишками **R–S–R** (аналогі кисневмісних етерів). У молекулах сульфідів атом сульфуру сполучений з двома вуглеводневими залишками, які можуть бути як однаковими, так і різними.

За номенклатурою IUPAC їх розглядають як алкани з префіксом *алкілтіо-* (**RS–**). Наприклад, сульфід **CH₃–S–CH₃** називають метилтіометан, **CH₃–S–C₂H₅** – називають метилтіоетан і т.д.

Сульфіди не розчиняються у воді, мають ефірний запах.

Сульфокислотами називають похідні алканів, в яких атом водню замінений залишком сульфатної кислоти – сульфогрупою **–SO₃H** (**–SO₂OH**).

За номенклатурою IUPAC їх називають за алканом із закінченням *–сульфонова кислота*, або *–сульфокислота*:



Сульфокислоти – це головним чином гігроскопічні кристалічні речовини,

які розчиняються у воді. Як кислоти за силою вони наближаються до сульфатної кислоти і значно сильніші, ніж карбонові кислоти.

3. Нітрогеновмісні сполуки: нітросполуки, аміни

Нітрогеновмісні сполуки широко розповсюджені в природі: білки, білкові сполуки, полімери, барвники, лікарські препарати тощо.

Нітрогеновмісні сполуки, які містять у своїй структурі C–N-зв'язок поділяють на:

нітросполуки $\mathbf{R-NO_2}$;

нітрозосполуки $\mathbf{R-N=O}$;

аміни $\mathbf{R-NH_2}$;

гідроксиламіни $\mathbf{R-NH-OH}$;

гідразини $\mathbf{R-NH-NH_2}$;

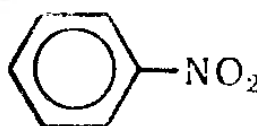
азосполуки $\mathbf{R-N=N-R}$;

діазосполуки $\mathbf{R-N_2X}$.

До найпростіших за будовою азотовмісних сполук, у яких атом нітрогену зв'язаний безпосередньо з атомом карбону, належать нітросполуки і аміни.

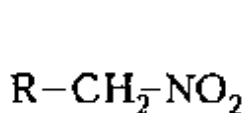
Нітросполуки – похідні вуглеводнів, для яких один або декілька атомів водню заміщені нітрогрупою $-\mathbf{NO_2}$.

Нітросполуки поділяють на аліфатичні (насичені $\mathbf{CH_3-CH_2-NO_2}$ і

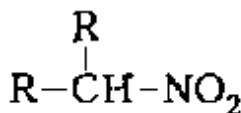


ненасичені $\mathbf{CH_2=CH-CH_2-NO_2}$ та ароматичні

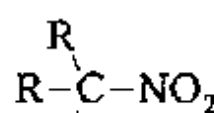
Найпростішими є насичені мононітросполуки, які мають загальну формулу $\mathbf{C_nH_{2n+1}NO_2}$. Залежно від атома вуглецю, з яким сполучена нітрогрупа, розрізняють первинні, вторинні і третинні нітросполуки:



Первинна



Вторинна



Третинна

За правилами номенклатури IUPAC назву отримують з назви алкану з додаванням префікса *нітро-*. Цифрою показують положення нітрогрупи. Нумерацію починають з того кінця ланцюга, ближче до якого розташована нітрогрупа:



2-Нітробутан

Насичені мононітросполуки – це малорозчинні рідини або кристалічні

речовини.

Аміни можна розглядати як продукти заміщення атомів водню в молекулі аміаку NH_3 на вуглеводневі радикали. Залежно від того, скільки радикалів сполучено з атомом азоту в молекулі аміну (скільки атомів водню в молекулі аміну заміщено на вуглеводневий замісник) розрізняють аміни первинні RNH_2 , вторинні R_2NH і третинні R_3N :



Метиламін
первинний амін



Диметиламін
вторинний амін



Триметиламін
третинний амін

Назви аліфатичних амінів утворюють додаванням суфікса **-амін** до назви алкільної або алкільких груп, сполучених з атомами азоту. Складніші аміни називають за назвою відповідного алкану, додаючи до неї префікс **аміно-**:

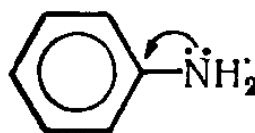


2-Амінобутан



2-Метил-1-пропанамін

За будовою вуглецевого ланцюга аміни поділяють на аліфатичні (насичені $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ і ненасичені $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{NH}_2$) та ароматичні



Метиламін, диметиламін, триметиламін – гази, інші нижчі аміни – рідини. Нижчі газоподібні і рідкі аміни мають аміачний запах і добре розчиняються у воді. Більш складні аміни – рідини з неприємним запахом зіпсованої риби.

Контрольні питання

1. Які сполуки називають галогенопохідними? Як їх класифікують?
2. Як утворюють назви галогенопохідних сполук за номенклатурою IUPAC?
3. Які сполуки належать до сульфуровмісних?
4. Які сполуки називають тіолами? Які властивості вони мають?
5. Які сполуки називають сульфідами і сульфокислотами? Які властивості вони мають?
6. Як поділяють нітрогеновмісні сполуки?
7. Які сполуки називають нітросполуками? Як їх класифікують?
8. Як розглядають аміни? Які вони бувають?

Тема 4 Гетероциклічні сполуки

1. Загальна характеристика гетероциклічних сполук.
2. П'ятичленні гетероцикли.
3. Шестичленні гетероциклічні сполуки.

2. Загальна характеристика гетероциклічних сполук

Гетероциклічними називають такі сполуки циклічної будови, у циклах яких поряд з атомами вуглецю знаходяться атоми інших елементів. Ці атоми називаються *гетероатомами*. Найчастіше такими атомами є Оксиген, Сульфур, Нітроген.

Вони належать до одних з найпоширеніших природних сполук (алкалоїди, пігменти, вітаміни, продукти життєдіяльності біологічних систем) і характеризуються достатньо різноманітними будовою і властивостями.

Умовно гетероциклічні сполуки поділяють на насичені, ненасичені та ароматичні.

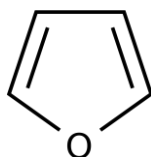
У зв'язку з великою кількістю і різноманітністю будови гетероциклічних сполук для них характерна досить складна номенклатура. Так, правила IUPAC дозволяють використовувати 47 тривіальних і напівтривіальних назв для побудови на їх основі складніших.

Найбільше значення мають п'яти- і шестичленні ненасичені гетероцикли, які мають ароматичні властивості, тобто подібні до бензолу.

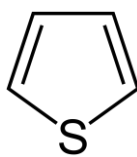
2. П'ятичленні гетероциклічні сполуки

П'ятичленні гетероциклічні сполуки можна класифікувати за кількістю гетероатомів і будовою:

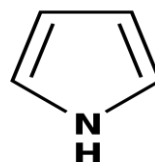
1) п'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом



Фуран

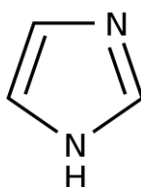


Тіофен



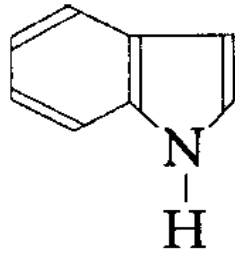
Пірол

2) п'ятичленні гетероцикли з двома гетероатомами



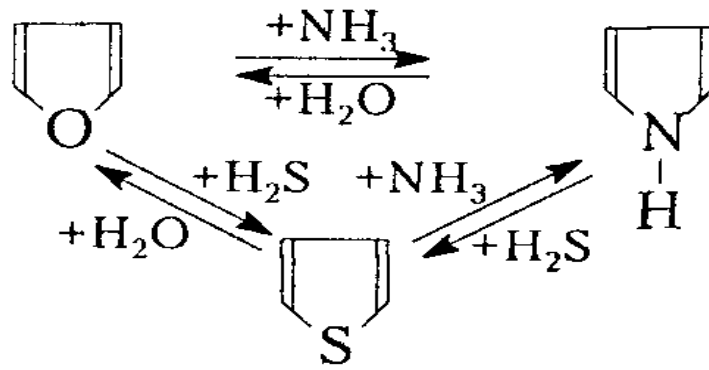
Імідазол

3) конденсовані системи з п'ятичленного гетероцику і бензольного ядра

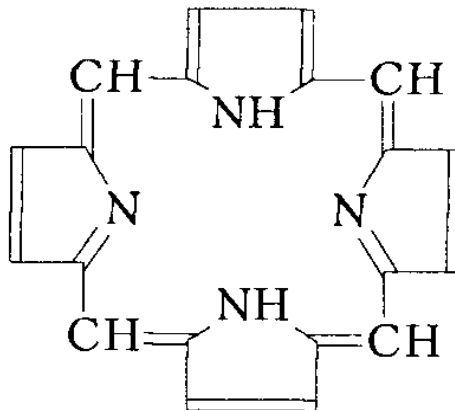


Індол

Найбільше значення мають фуран, тіофен і пірол. Це безбарвні рідини, нерозчинні у воді. Для цих речовин характерна реакція обміну гетероатомами (реакція Юр'єва), яка проходить при 450°C за наявності каталізатора Al_2O_3 :



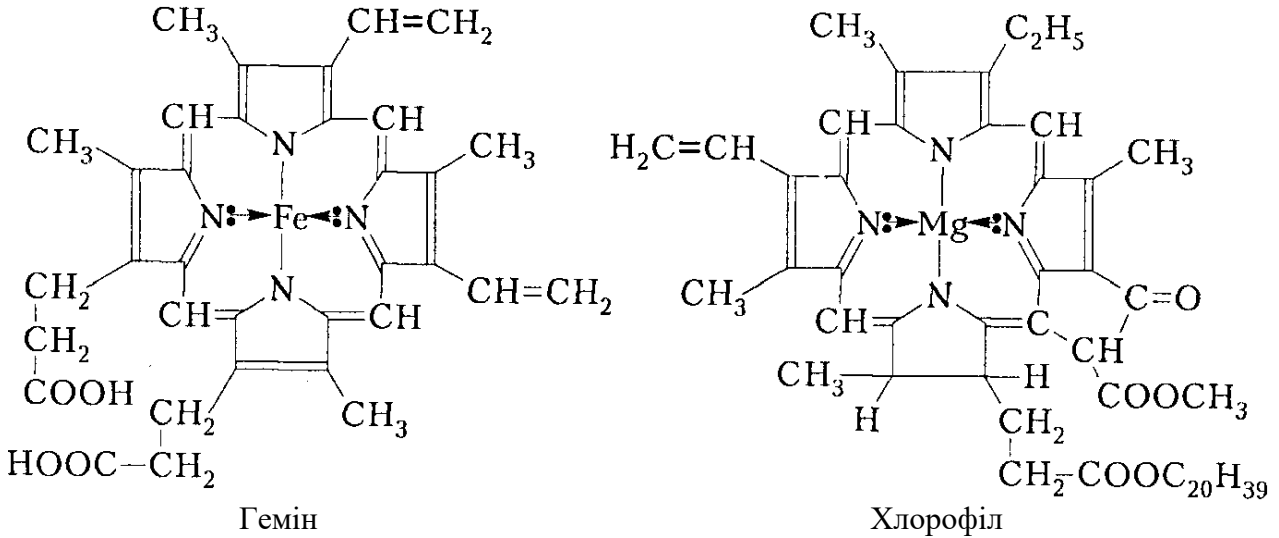
Природні сполуки піролу. Пірол і його заміщені досить поширені в тваринному та рослинному світі і мають велике біохімічне значення. Особливо важливими є сполуки, побудовані з чотирьох пірольних ядер, сполучених між собою в α -положеннях метиновими ($=\text{CH}-$) групами. Плоский 16-членний цикл, що при цьому виникає, називають *порфіном*:



Порфін – темно-червона кристалічна речовина, досить стійка до нагрівання (розкладається за температури 360°C), важко розчиняється в органічних розчинниках, не розчиняється в лугах, але добре розчиняється у кислотах.

У молекулі порфіну атоми гідрогену **NH**-груп здатні заміщуватися

катионами двовалентних металів Fe^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} тощо, які додатково утворюють донорно-акцепторні зв'язки з вільними парами р-електронів атомів нітрогену двох інших п'ятичленних гетероциклів. Такі заміщені порфіну називають *порфіринами*. Особливо велике значення мають комплекси порфіринів, зокрема гемін і хлорофіл:



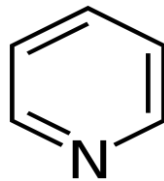
Гемін входить до складу білка крові гемоглобіну, який в живих організмах переносить кисень від легенів до тканин.

Хлорофіл бере участь у фотосинтезі. Він поглинає квант світла і використовує поглинуту енергію для фотолітичного розкладання води.

3. Шестичленні гетероциклічні сполуки

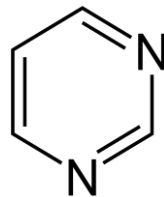
Шестичленні гетероциклічні сполуки можна класифікувати за кількістю гетероатомів і будовою:

1) шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом



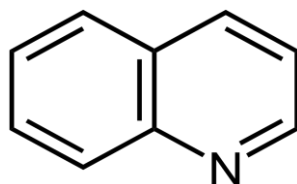
Піридин

2) шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами



Піримідин

3) конденсовані системи з шестичленного гетероцику і бензольного ядра



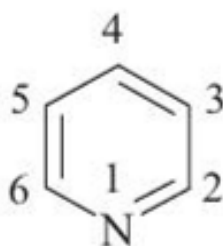
Хінолін

Найважливіший представник шестичленних гетероциклічних сполук – **піридин**.

Піридин – безбарвна рідина з дуже неприємним запахом, розчиняється у воді і органічних розчинниках.

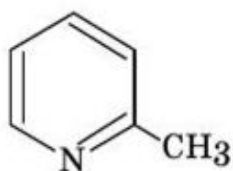
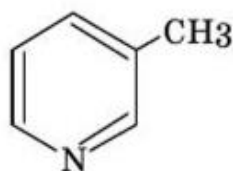
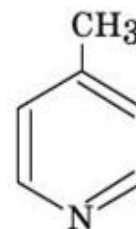
Піридин, як і бензол, має замкнену електронну систему з 6 π -електронів (п'ять p -електронів атомів карбону і один p -електрон атома нітрогену). Завдяки цьому він має ароматичні властивості. Однак наявність гетероатому нітрогену призводить до нерівномірного поділу π -електронної орбіталі в піридиновому циклі, а тому і до нерівномірних положень в його молекулі.

Атоми карбону у молекулі піридину нумерують проти годинникової стрілки, починаючи з гетероатома:



Положення замісника позначають цифрами або буквами α , β і γ (положення 2 і 6 відповідає α , положення 3 і 5 – β , положення 4 – γ):

Монозаміщенні піридину, на відміну від монозаміщених бензолу, існують у вигляді 3 ізомерів:

2-Метилпіридин
 α -Піколін3-Метилпіридин
 β -Піколін4-Метилпіридин
 γ -Піколін

Контрольні питання

1. Які сполуки називають гетероциклічними? Як їх класифікують?
2. Як поділяють п'ятичленні гетероцикли?
3. Яка реакція характерна для цих сполук? Як вона проходить?
4. Що є порфіном і порфіринами?
5. Як класифікують шестичленні гетероцикли?
6. Які властивості і будову має піридин?

Рекомендована література

Базова

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2009. – 868 с.
2. Мітрясова О.П. Органічна хімія. – Київ: Кондор, 2018. – 412 с.
3. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Р.О. Органічна хімія. – Київ : Ірпінь: Перун, 2005. – 544 с.

Допоміжна

1. Номенклатура органічних сполук : навчальний посібник / Толмачова В.С., Ковтун О.М., Дубовик О.А., Фицайло С.С. – Тернопіль: Мандрівець, 2014, – 12 с.
2. Черних В.П., Зіменковський Б.С., Гриценко І.С. Органічна хімія : навчальний посібник. – Харків: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2008. – 752 с.

ЗМІСТ

Програма модуля «Органічна хімія»	3
Вступ	5
Тема 1. Теоретичні уявлення в органічній хімії	10
Тема 2. Вуглеводні	18
2.1. Алкани	18
2.2. Алкени. Алкіни	27
2.3. Циклічні сполуки. Арени	35
2.4. Багатоядерні ароматичні сполуки	47
Тема 3. Монофункціональні похідні вуглеводнів	54
3.1. Гідроксисполуки	54
3.2. Оксосполуки	63
3.3. Карбонові кислоти	69
3.4. Галогенопохідні, сульфуро- та нітрогенопохідні сполуки	75
Тема 4. Гетероциклічні сполуки	79
Рекомендована література	83

Бунякіна Наталія Володимирівна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ ДЛЯ СТУДЕНТІВ
СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 103 «НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ», 184 «ГІРНИЦТВО», 185
«НАФТОГАЗОВА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» (МОДУЛЬ
«ОРГАНІЧНА ХІМІЯ»)

Комп'ютерна верстка Н.В. Бунякіна

Друк RISO

Обл. – вид. арк.

Поліграфцентр
Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
36601, м. Полтава, Першотравневий просп., 24
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції

Серія ДК № 3130 від 06.03.2008

Віддруковано з оригінал-макета поліграфцентру НУПШ