

**Міністерство освіти та науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили**

О. Г. Невинський, О. М. Ларичева

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ**

**ЧАСТИНА I.
НОМЕНКЛАТУРА, КЛАСИФІКАЦІЯ, МЕТОДИ
ВСТАНОВЛЕННЯ БУДОВИ ТА ОЧИСТКА ОРГАНІЧНИХ
СПОЛУК. РЕАКЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ВУГЛЕВОДНІВ**

Випуск 326



Миколаїв – 2021

Рекомендовано до друку вченою радою Чорноморського національного університету імені Петра Могили (протокол № 12 від 24 грудня 2020 р.).

Рецензенти:

Клименко М. О., доктор медичних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи та питань розвитку ЧНУ ім. Петра Могили;

Прозорова Г. О., кандидат біологічних наук, доцент кафедри фармації ПВНЗ «Міжнародний класичний університет ім. Пилипа Орлика».

Н 40

Невинський О. Г., Методичні вказівки для підготовки до практичних занять з органічної хімії. Частина I. Номенклатура, класифікація, методи встановлення будови та очистка органічних сполук. Реакційна здатність вуглеводнів / О. Г. Невинський, О. М. Ларичева. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 120 с. – (Методична серія ; вип. 326).

Методичні вказівки для підготовки до практичних занять з органічної хімії. Частина I. Номенклатура, класифікація, методи встановлення будови та очистка органічних сполук. Реакційна здатність вуглеводнів містять методики підготовки та проведення практичних занять: алгоритми лабораторних дослідів, що виконуються на кожному занятті практикуму; задачі, вправи і запитання для самостійної роботи різної складності. Для полегшення самостійної роботи студентів на початку кожної роботи наведено короткий виклад найважливіших питань теорії. Призначені для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 226 «Фармація. Промислова фармація».

Зміст

Передмова.....	4
I. Охорона праці та техніка безпеки під час роботи в хімічній навчальній лабораторії	5
II. Оформлення та ведення документації практичних занять	9
Практичне заняття № 1. Вступ до практикуму. Класифікація, номенклатура та структурна ізомерія органічних сполук.....	11
Практичне заняття № 2. Типи хімічних зв'язків та взаємний вплив атомів у молекулах органічних сполук. Ознайомлення з лабораторним обладнанням та хімічним посудом	22
Практичне заняття № 3. Методи виділення та очистки органічних сполук. Визначення фізико-хімічних констант органічних сполук	39
Практичне заняття № 4. Просторова будова біологічно активних сполук.....	48
Практичне заняття № 5. Встановлення будови органічних сполук. Класифікація органічних реакцій та реагентів.....	58
Практичне заняття № 6. Насичені вуглеводні (алкани, циклоалкани).....	66
Практичне заняття № 7. Ненасичені вуглеводні (алкени, алкадієни).....	77
Практичне заняття № 8. Ненасичені вуглеводні (алкіни)	86
Практичне заняття № 9. Моноядерні ацени	93
Практичне заняття № 10. Багатоядерні ацени.....	103
Практичне заняття № 11. Небензойні ароматичні сполуки	108
Додаток.....	113
Список рекомендованої літератури	117

Передмова

Органічна хімія – одна з фундаментальних природничих дисциплін у системі вищої фармацевтичної освіти, знання якої необхідні для плідної, творчої діяльності фахівців у галузі фармації.

Навчальна дисципліна «Органічна хімія» викладається для студентів другого курсу спеціальності 226 «Фармація. Промислова фармація» протягом двох семестрів. Програма дисципліни структурована на два блоки, що вміщують по два розділи кожен. У відповідності до програмного змісту першого розділу «Номенклатура, класифікація, методи встановлення будови та очистка органічних сполук. Реакційна здатність вуглеводнів» підготовлені методичні вказівки, що є складовою цілісної системи методичного забезпечення дисципліни «Органічна хімія».

Дисципліна «Органічна хімія» спрямована на системне вивчення закономірностей хімічної поведінки органічних сполук у взаємозв'язку з їх будовою і формування на цій основі творчого хімічного мислення, необхідного для успішного освоєння профільних дисциплін, а також для практичної діяльності у галузі фармації.

Підготовка фахівців, яким потрібні знання органічної хімії, вимагає не тільки теоретичної підготовки, але й різнобічних практичних навичок і вмінь у проведенні хімічного експерименту.

Завдання органічної хімії полягають: у визначенні структури органічних молекул як природних так і синтетичних; вивченні та розумінні хімічних перетворень органічних молекул на основі знань природи функціональних груп; виявленні залежності між їх молекулярною, електронною будовою та фізіологічними, зокрема фармакологічними, ефектами; виявленні закономірностей їх перетворень; вивченні аспектів виділення, очистки та аналізу органічних сполук, що використовуються в медичній та фармацевтичній практиці, а також їх біотрансформації в організмі людини.

Основною метою практичних занять з дисципліни «Органічна хімія» є поглиблення та засвоєння теоретичного матеріалу курсу та формування навичок самостійної експериментальної роботи.

Матеріал методичних вказівок викладено таким чином, щоб після вивчення курсу органічної хімії студент мав цілісне уявлення про залежність між будовою й хімічними властивостями речовин, дією їх на організм, що необхідно для подальшого докладнішого вивчення органічних речовин у курсах біологічної та фармацевтичної хімії, фармакогнозії, технології ліків тощо.

I. Охорона праці та техніка безпеки під час роботи в хімічній навчальній лабораторії

1. Вимоги безпеки перед початком роботи

1.1. Студент може бути допущений до виконання практичних робіт тільки після того, як ознайомиться з правилами роботи для працюючих у лабораторії, пройде інструктаж з охорони праці та техніки безпеки (засвідчується підписом у журналі з ОП та ТБ) і отримає дозвіл викладача.

1.2. Заходити в навчальну хімічну лабораторію тільки з дозволу викладача (завідувача лабораторією).

1.3. Під час практичних занять у лабораторії студент має бути у халаті стандартної довжини, застігнутому на всі гудзики.

1.4. Довге волосся має бути заховане під головним убором чи зібране у пучок на потилиці.

1.5. Перш ніж приступати до виконання практикуму студент має бути обізнаний з принципом методу та покроковим алгоритмом методики виконання дослідів, призначених до виконання.

1.6. Необхідні попередні нотатки мають бути внесені у зошит завчасно і є необхідною умовою отримання студентом дозволу викладача приступати до виконання роботи.

1.7. До початку заняття черговий студент перевіряє наявність реактивів, хімічного посуду, отримує лабораторне приладдя, яке повинен здати лаборанту після закінчення заняття.

1.8. Студент має бути обізнаний щодо основних шкідливих факторів та небезпечних ситуацій, які можуть виникнути під час проведення практичних робіт.

1.9. Кожен працюючий повинен знати, де знаходяться в лабораторії засоби протипожежного захисту та аптечка.

2. Вимоги безпеки під час роботи

2.1. Під час практичного заняття необхідно дотримуватися чистоти, тиші, порядку та положень зазначеної Інструкції.

2.2. Студент повинен мати закріплене робоче місце. Робоче місце варто тримати в чистоті, не захарашувати його сторонніми предметами, які не потрібні для роботи, дотримуватися правила **«Мое робоче місце завжди чисте!»**.

2.3. Під час виконання робіт варто обов'язково дотримуватися вказівок щодо використання всіх необхідних засобів захисту. Досліди виконувати виключно на робочому столі, під час роботи додержуватися тиші.

2.4. Розпочинати виконання лабораторного практикуму дозволяється лише після попередньої теоретичної підготовки, засвоєння матеріалу теми з використанням рекомендованих джерел. Контроль підготовки до заняття викладач проводить на початку практичного заняття.

2.5. Студент виконує практичну роботу за присутності викладача ретельно дотримуючись методичних вказівок та повідомляє йому про її результати.

2.6. Потрібні для роботи реактиви, хімічний посуд мають знаходитися на лабораторних столах.

2.7. Куштувати реактиви на смак категорично забороняється!

2.8. Забороняється використовувати реактиви зі склянок на яких відсутні етикетки.

2.9. У лабораторії забороняється їсти, пити воду з хімічного посуду, палити.

2.10. Не дозволяється нахилитися над посудом, що містить речовину, яка нагрівається, спрямовувати отвір цього посуду на себе чи інших працюючих у лабораторії. Під час нагрівання речовин в пробірках варто направляти їх отвір у бік від себе та оточуючих.

2.11. Для визначення запаху потрібно легким рухом долоні спрямувати потік повітря від отвору посуду до себе й обережно понюхати.

2.12. Категорично забороняється виконувати досліди, які не передбачені методичними вказівками для цієї роботи.

2.13. Усі електроприлади в лабораторії мають бути заземлені. Працювати тільки зі справними приладами.

2.14. Досліди потрібно проводити тільки у чистому посуді. Після закінчення роботи посуд відразу вимити і поставити на просушку.

2.15. Досліди з легкозаймистими речовинами проводити якомога далі від полум'я та електроприладів.

2.16. Необхідно пам'ятати, що більшість реакцій відбувається лише у разі створення певних умов. У зв'язку з цим, як правило, реактив варто добавляти лише тоді, коли для цієї мети підготовлено досліджуваний об'єкт (створено відповідне середовище, досягнуто необхідної температури тощо).

2.17. Не потрібно класти піпетки на поверхню робочого столу, їх бажано ставити у спеціальні штативи.

2.18. Під час роботи з концентрованими розчинами кислот і лугів треба користуватися захисними окулярами та гумовими рукавичками.

2.19. Під час роботи з легкозаймистими речовинами не можна доливати їх до суміші реагуючих речовин із хімічних склянок великого розміру. Потрібну кількість цих речовин чи їх розчинів

потрібно наливати в чисту пробірку, а потім із неї доливати ці рідини до досліджуваного розчину.

2.20. У процесі роботи необхідно пильнувати, щоб речовини не потрапляли на шкіру рук та обличчя, особливо в очі.

3. Правила поводження з реактивами

3.1. Реактиви зберігають у закритих корком хімічних склянках для запобігання їх забрудненню. Органічні реактиви бажано зберігати в окремій шафі у щільно закритих невеликих склянках.

3.2. Насичені розчини кислот та лугів, леткі речовини слід зберігати у витяжній шафі окремо одне від одного, де з ними і працюють. Виносити їх з шафи на робочий стіл забороняється.

3.3. Під час роботи з діетиловим етером, спиртами, бенzenом та іншими горючими речовинами їх нагрівають на водяній бані в колбі зі зворотним холодильником.

3.4. Варто пам'ятати, що деякі гази (водень, ацетилен та ін.), а також леткі речовини (бензен, спирти, гексан тощо) під час випаровування утворюють з повітрям, а також із киснем вибухові суміші. Щоб їх пари не накопичувалися у приміщенні лабораторії в небезпечних кількостях, працювати з цими речовинами потрібно при витяжній вентиляції.

3.5. На всіх склянках, контейнерах та іншому посуді, де зберігаються реактиви, повинні бути назви реактивів. Не можна користуватися реактивами зі склянок без етикеток.

3.6. Перед застосуванням реактиву необхідно уважно прочитати етикетку на хімічній склянці.

3.7. Наливаючи рідину в посудину (пробірку), склянку з реактивом беруть так, щоб етикетка була зверху.

3.8. Для проведення досліду досліджувані розчини та тверді речовини, інші реагенти беруть у кількостях, які визначені методикою експерименту. Для виконання більшості дослідів потрібно брати від кількох крапель до 0,5 мл досліджуваного розчину.

3.9. Тверді реактиви обережно відбирають шпателем (ложечкою), не можна брати одним шпателем без спеціального очищення кілька реактивів.

3.10. Рідкі реактиви, що знаходяться в крапельниці, відміряють краплями.

3.11. Невикористаний реактив забороняється виливати або висипати назад у хімічну склянку, з якої його було взято, щоб запобігти забрудненню реактиву.

3.12. Корки від посуду з реактивами слід класти на робоче місце столу так, щоб вони не торкалися поверхні столу своєю внутрішньою

поверхнею. Категорично забороняється закривати посуд корками від іншого посуду.

3.13. Забороняється виносити реактиви з приміщення лабораторії.

3.14. Відпрацьовані безпечні розчини обережно виливають у раковину. Відпрацьовані розчини кислот, лугів, органічних розчинників, сполук дорогих металів виливають у склянки з відповідними написами «Злив реагенту...», які знаходяться у витяжній шафі.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Після закінчення роботи необхідно:

- вимкнути прилади, особливо нагрівні, зайве електричне освітлення;
- помити і поставити сушити посуд;
- розставити хімічні склянки з реактивами по місцях на робочому столі, або здати їх разом з приладами, якими користувалися, черговому;
- прибрати своє робоче місце, вимити руки.

4.2. З дозволу викладача покинути лабораторне приміщення.

4.3. Запам'ятайте, що **точність, економність, охайність – гарантія успішного виконання практичної роботи.**

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. Правила надання першої допомоги:

– під час роботи в лабораторії дотримуватися усіх заходів безпеки згідно з правилами та зазначеною Інструкцією.

– у разі термічних опіків бажано зробити примочки розчином калій перманганату. У випадку порізів рану необхідно обробити спиртовим розчином йоду та перев'язати.

– при опіках шкіри, слизових оболонок чи очей кислотами спочатку промити вражене місце водою упродовж 10–15 хв., потім 2 % розчином натрій гідрокарбонату і знову водою.

– у разі опіків їдкими лугами вражену ділянку ретельно промити водою, а потім 1 % розчином оцтової чи лимонної кислоти.

– у разі сильних опіків, поранень чи отруєнь потрібно негайно викликати «Швидку допомогу» і потерпілого відправити у лікарню. До її приїзду надати першу допомогу.

5.2. Правила поведінки в разі виникнення пожежі в лабораторії.

а) у разі виникнення пожежі в лабораторії студенти повинні негайно сповістити викладача (лаборанта) і далі терміново, без паніки, організовано, допомагаючи одне одному, покинути її. За межами лабораторії згідно з планом евакуації покинути навчальний корпус.

б) у разі, якщо загорівся одяг, не можна бігти, необхідно накинути на місце загорання спеціальну протипожежну ковдру, що знаходиться у доступному місці. За її відсутності можна застосувати халат (тільки не синтетичний). Ковдру не варто знімати до повного згасання полум'я.

За обтяжливих обставин з цією метою можна використовувати вогнегасник, але не направляти потік речовини в обличчя постраждалому.

в) персоналу кафедри потрібно терміново вимкнути всі електричні прилади, витягну вентиляцію, прибрати в безпечне місце горючі речовини.

г) персоналу кафедри необхідно взяти термінових заходів щодо ліквідації загоряння або, принаймні, його локалізації, використовуючи вогнегасники, пісок, протипожежну ковдру. За необхідності повідомити пожежну команду за номером телефону 101.

II. Оформлення та ведення документації практичних занять

2.1. Оформлення зошита практичних занять

Для виконання практикуму студенти повинні мати зошит для практичних занять. Це загальний зошит, на титульній сторінці якого зазначають:

- назву дисципліни;
- спеціальність;
- номер курсу та групи;
- прізвище та ініціали студента.

Під час підготовки до виконання практичного заняття студент вивчає задану тему за рекомендованою літературою, дає письмові відповіді в зошиті. Контроль знань викладач проводить на початку практичного заняття.

2.2. Оформлення записів

1. Записи в зошиті виконують лише ручкою.
2. Запис кожного практичного заняття починають з нової сторінки.
3. Під час підготовки студент записує дату, назву теми заняття, робить виписки теоретичних відомостей, дає відповіді на контрольні питання, записує назви дослідів, приладів та реактивів, порядок проведення роботи.
4. У процесі виконання експерименту студент записує спостереження, рівняння реакцій, заповнює таблиці експериментальними показниками, робить логічні висновки.
5. Запис кожного розділу роботи відокремлюють від наступного, назву дослідів, а також рівняння певних реакцій можна записати чорнилом іншого кольору.
6. **Забороняється** вести записи на чернетках, папірцях тощо.
7. Після виконання та оформлення роботи зошит перевіряє викладач. Робота вважається захищеною після того, як викладач поставить свій підпис.

2.3. Правила запису рівнянь органічних реакцій

Для запису органічних реакцій використовують схеми реакцій, у яких:

– вихідні речовини (субстрат – завжди органічна сполука і реагент – неорганічна речовина) відокремлюють від одержуваних (продуктів реакції) стрілкою;

– якщо вихідні речовини – органічні сполуки, то реагентом є сполука з простішою будовою;

– обов'язково зазначають умови реакцій, механізм їхнього перебігу (над і під стрілкою);

– для певних схем над стрілкою вказують реагенти (їхні формули зазначають зі знаком «+»); під стрілкою – сполуки, що вивільняються в процесі реакції (їхні формули вказують зі знаком «-»).

Практичне заняття № 1

Тема: Вступ до практикуму.

Класифікація, номенклатура

та структурна ізомерія органічних сполук

Навчальна мета: засвоїти принципи класифікації органічних реакцій за напрямом, способом розриву зв'язку та механізмом їх перебігу. Складати структурні формули органічних сполук за замісновою номенклатурою IUPAC; визначати належність до певного класу органічних сполук.

Знати: визначення і загальні формули органічних сполук; ізомерію та номенклатуру речовин; застосування окремих представників органічних речовин у медицині і фармації, методи очищення органічних сполук.

Уміти: моделювати просторову та конформаційну будову молекул органічних сполук; класифікувати органічні сполуки; писати формули органічних сполук, складати формули органічних сполук за замісновою номенклатурою IUPAC; робити висновки й аналізувати взаємозв'язок між будовою, конфігурацією та конформацією органічних сполук, очищувати рідкі і кристалічні органічні сполуки, встановлювати їхню чистоту.

I. Охорона праці та техніка безпеки під час роботи в хімічній лабораторії

Опрацювати інструкцію з охорони праці та техніки безпеки під час практичних занять у навчальній хімічній лабораторії (аудиторії 4-214, 4-210) кафедри фармації, фармакології, медичної, біоорганічної та біологічної хімії.

II. Короткі теоретичні відомості

Вступ. Предмет і завдання органічної хімії

Органічна хімія – хімія сполук Карбону. Сучасне визначення: «*Органічна хімія* – це наука, що вивчає склад, будову, фізичні й хімічні властивості органічних речовин».

Відповідно до затвердженої освітньо-професійної програми «Фармація» (ОПП) підготовки фахівців за рівнем бакалавра галузі після вивчення курсу органічної хімії студент повинен,

знати:

– основні положення будови органічних речовин;

- класифікацію органічних сполук за будовою карбонового скелета і природою функціональних груп;
- основні положення номенклатурних систем (тривіальна, раціональна, міжнародна (ІЮПАК));
- типи хімічного зв'язку в органічних молекулах;
- типи ізомерії органічних сполук;
- електронну будову органічних сполук;
- фізичні й хімічні властивості органічних сполук;
- застосування органічних сполук у медицині та фармації;

уміти:

- класифікувати органічні сполуки за будовою карбонового скелета і природою функціональних груп;
- продемонструвати знання номенклатурних систем (тривіальна, раціональна, міжнародна (ІЮПАК));
- визначати типи хімічного зв'язку в органічних молекулах;
- визначати тип ізомерії органічних сполук, писати формули ізомерів і називати їх за номенклатурою ІЮПАК;
- характеризувати будову органічних сполук;
- передбачати властивості речовин, зважаючи на будову сполуки. Писати рівняння реакцій, що підтверджують хімічні властивості;
- розв'язувати ситуаційні задачі на визначення молекулярної формули органічних сполук;
- ідентифікувати органічні сполуки.

Теорія хімічної будови органічних сполук. Основні положення теорії наступні:

1. Атоми в молекулах органічних речовин з'єднані між собою у певному порядку, відповідно до їхньої валентності. Послідовність з'єднання атомів у молекулі називають хімічною будовою (структурою) молекули.

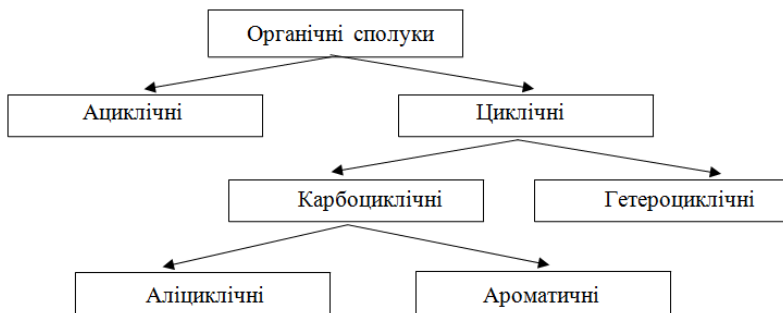
2. Властивості речовин залежать не лише від того, які атоми і в якій кількості входять до складу її молекул, а й від того, в якій послідовності вони з'єднані між собою, тобто від хімічної будови молекули.

3. Атоми або групи атомів у молекулах взаємно впливають одне на одного, від чого залежить їх реакційна здатність.

4. Карбон в органічних сполуках завжди чотирьохвалентний. Атоми його здатні з'єднуватися не тільки з іншими елементами, але й одне з одним, утворюючи при цьому ланцюги, які, в свою чергу, можуть замикатися в цикли. Ці властивості Карбону обумовлюють різноманіття органічних сполук.

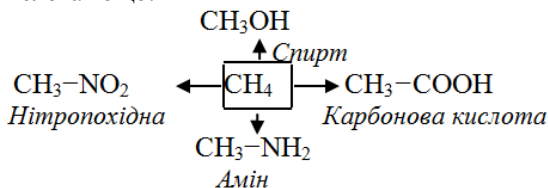
Класифікація сполук за будовою карбонового скелета (ланцюга).

За будовою карбонового скелета всі органічні сполуки можна поділити на *ациклічні* та *циклічні*:



Класифікація за природою функціональної групи. Функціональною групою називають атом чи групу атомів, що заміщує атом Гідрогену в молекулі вуглеводню і цим надає сполуці специфічні хімічні властивості, притаманні певному класу сполук. (табл. 1 додатку).

Якщо в молекулі вуглеводню будемо заміщувати атом Гідрогену на певні функціональні групи, то матимемо, відповідно, речовини, що відносяться до різних класів органічних сполук. Наприклад, у разі заміщення в молекулі метану атома Гідрогену на гідроксильну групу утвориться спирт, а в разі заміщення на карбоксильну групу – карбонова кислота тощо.



Номенклатура органічних сполук. Для утворення назв органічних сполук найчастіше використовують тривіальну (емпіричну) номенклатуру та міжнародну номенклатуру IUPAC.

Тривіальна номенклатура має випадковий характер і не може бути об'єднана в єдину систему. Найчастіше вона вказує на джерела отримання тієї чи іншої сполуки (оцтова кислота, яблучна кислота, винний спирт, мурашина кислота тощо).

Міжнародна номенклатура IUPAC передбачає кілька варіантів утворення.

Радикало-функціональна номенклатура. За основу приймається назва функціонального класу перед яким ставиться назва вуглеводневого радикалу: CH_3Cl – метилхлорид; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – етиловий спирт; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ – діетиловий етер та ін.

Систематична (замісничова) номенклатура. Згідно з цією номенклатурою сполуки розглядають як похідні вуглеводнів. У назві використовуються наступні поняття:

1) **родонаціальна структура** – головний карбоновий ланцюг або цикл, що визначаються за певними правилами: природою цикла, довжиною ланцюга, наявністю кратних зв'язків або (та) певних функціональних груп тощо;

2) **старша функціональна група** – визначається складністю своєї будови та можливістю утворення у назві суфіксу;

3) **локант** – позиція замісника у родонаціальній структурі;

4) **правило найменших локантів** – визначає напрям нумерації, при якому кратні зв'язки або (та) старші замісники мають найменшу позицію;

5) **порядок** переліку замісників у префіксі назви за абеткою.

Ізомерія органічних сполук. Для органічних сполук характерне явище ізомерії. **Ізомери** – сполуки однакового якісного і кількісного складу, але різної хімічної будови, і тому з різними фізичними і хімічними властивостями. Розрізняють наступні основні типи ізомерії: структурну та просторову (стереоізомерію).

Структурна ізомерія.

а) ланцюгова (ізомерія карбонового ланцюга), обумовлена різною послідовністю з'єднання атомів Карбону в ланцюзі:



б) ізомерія положення функціональної групи або кратного зв'язку:



в) міжкласова або ізомерія функціональних груп (обумовлена різними функціональними групами, що входять до складу ізомерів):



Такі ізомери відносяться до різних класів оргсполук і різко відрізняються за хімічними властивостями.

Природу просторової ізомерії буде розглянуто в наступній практичній роботі.

II. Практична частина

Складання назв за систематичною номенклатурою (IUPAC)

Принципи складання.

1. Визначення належності сполуки певному гомологічному ряду.
2. Обирається родоначальна структура (що визначає корінь назви), яка має найскладнішу будову з максимальною кількістю атомів Карбону з'єднаних у послідовний ланцюг. За наявності функціональних груп, визначають старшу. Позначення найважливіших функціональних груп у префіксах і суфіксах, наведено в табл. 1. додатку
3. Наявність кратних зв'язків визначає головний карбоновий ланцюг.
4. Головна родоначальна структура у сполуці визначається за складністю:
гетероцикл → ароматичний цикл → карбоцикл → ланцюг з ненасиченими зв'язками → найдовший карбоновий ланцюг.
5. Вибір головної родоначальної структури для останнього випадку:
 - з максимальною кількістю функціональних груп (окрім галогенідів);
 - максимальною кількістю кратних зв'язків;
 - максимальна довжина ланцюга (за кількістю атомів Карбону);
 - максимальна кількість замісників простої будови (тих, що мають префіксні назви), та вуглеводневих залишків.
6. Атоми Карбону нумерують так, щоб головні функціональні групи, замісники мали найменший *локант*. Це обумовлено наданням найменшої позиції найстаршій функціональній групі, подвійному, потрійному зв'язку, радикалів чи груп атомів за алфавітом тощо.
7. Нумерують атоми Карбону в складі родоначальної структури, керуючись правилом найменших локантів:
 - для старшої функціональної групи;
 - для подвійного, за наявності потрійного, якщо вони знаходяться у симетричних позиціях;
 - для замісників у префіксі, що будуть подаватися в алфавітному порядку, якщо вони знаходяться у симетричних позиціях.
8. Після цього формують назву за наступними складовими: префікс (локанти та замісники, які можуть бути перелічені не лише за старшістю, але й за абеткою), корінь (вказує складність родоначального карбонового скелету: кількість атомів Карбону, їх віднесення до

циклічного чи ароматичного типу) та система суфіксів (перший вказує характер насиченості родоначального карбонового ланцюга; другий – старшу функціональну групу, що відносить сполуку до певного гомологічного ряду). Для похідних вуглеводнів характерно від двох до трьох суфіксів, на що впливає характер ненасиченості ланцюга (присутність подвійних та потрійних зв'язків одночасно).

9. Локант ставиться попереду замісника чи функціональної групи, про положення якого він свідчить.

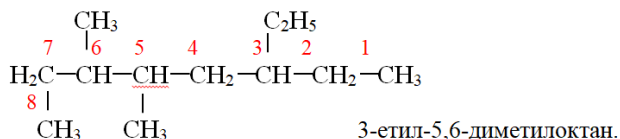
10. Назву починають з локантів, що відокремлюються дефісом, а два локанти однакових замісників – через кому, та переліку замісників строго в алфавітному порядку. Однакові замісники не перелічують, а зазначають їх кількість за допомогою грецького числівника, при цьому, кількість цифр-локантів повинна збігатися зі значенням цього числівника. Після префіксу зазначають локанти з суфіксами кратного зв'язку в наступному порядку №-ен-№-ин, далі назву родоначальної структури та локанти з суфіксами у порядку №-ол (-аль, -он, -ова кислота тощо).

11. Назва радикалу допускається за принципами раціональної номенклатури: ізопропіл, третбутил тощо, або визначаючи кількість атомів Карбону та змінюючи суфікс –ан на –ил (–іл). Наприклад, з одним атомом С радикал називається метил, з двома – етил і т. д.

Таким чином, схема побудови назви органічної сполуки має вигляд:

Назва	=	Префікс	+	Корінь	+	Суфікс
		Локант + Множний + Префікс додаток	+	Родоначальна структура Головний карбоновий ланцюг, цикл, гетеро цикл, для ненасичених локант перед, а суфікс -ен або -ин після кореня	+	Множний + Локант* + Суфікс додаток
		<i>Для кожного різновиду вуглеводневого радикалу та молодших функціональних груп, що перелічуються за абеткою</i>				<i>Для старшої функціональної групи. *_локант за потреби</i>

Наприклад,





Правила написання структурних формул ізомерів.

1) Починати варто з нормальної структури (тобто без розгалужень), коли всі атоми С за молекулярною формулою по чергово поєднані одне з одним. Далі відповідно до валентності Карбону (чотири) дописати атоми Гідрогену. Для ненасичених структур та похідних вуглеводнів потрібно на початку передбачити положення функцій для нерозгалуженого скелету, потім для варіантів розгалуженого карбонового скелету.

2) Наступні ізомери будуть мати коротший карбоновий ланцюг за рахунок появи розгалуження, але потрібно пам'ятати, що загальна кількість атомів С повинна бути сталою і дорівнювати попередній. Різний вигляд таких ізомерів формується на основі зменшення ланцюга, зміни залишків та їх положень.

3) У процесі формування розгалужень головне пам'ятати, що метильний залишок не можна ставити у першу позицію, етильний – у першу та другу, пропільний – у першу, другу та третю і т. д., оскільки тоді під час складання назви буде обраний інший ланцюг, довший на один чи більше атомів Карбону.

4) Під час руху залишків карбоновим скелетом варіант ізомеру теж обмежений його симетричністю, можна отримати вже існуючий ізомер. Краще під час переміщення рухатися послідовно від другого до третього, від третього до четвертого і т. д.

5) У процесі скорочення ланцюга на 2 та більше атомів С, краще починати з більш складних радикалів (етил, пропіл і т. д.) у відповідних позиціях, а потім розбивати їх на простіші.

Розв'язання завдань на тему «Номенклатура, класифікація і ізомерія органічних сполук».

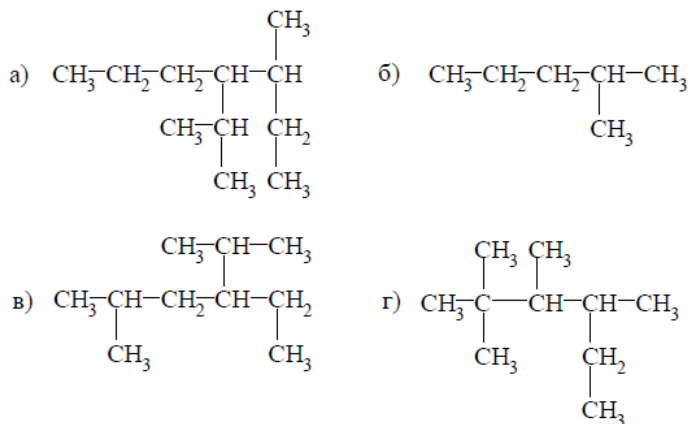
1. Чи правильно названі сполуки: 2-етилгептан; 2-метил-4-етилгексан; 2,4,6-триметил-3,5-диетилгептан; 2,4,4-триметилпентан, 2,5,6,6-тетраметил-5-етилгептан. Напишіть структурні формули, виправте назву, якщо вона не правильна.

2. Напишіть структурні формули ізомерних вуглеводнів складу C_6H_{14} , які мають:

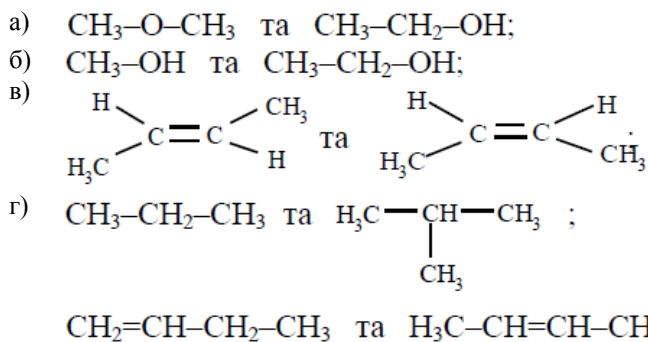
- четвертинний атом вуглецю;
- два третинних атоми вуглецю;

в) п'ять атомів вуглецю в основному ланцюгу.
Назвіть їх за номенклатурою IUPAC.

3. Назвіть сполуки за номенклатурою IUPAC: Чи є серед них ізомери, гомологи?



4. Які з наведених пар є гомологами, які ізомерами, наведіть їх назви:



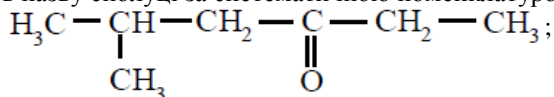
5. Напишіть структурні формули таких вуглеводнів:

- 4-етил-3-метилоктан;
- 2, 2, 5-триметил-3-ізопропілгексан;
- транс-1,2-диметилциклобутан;
- 4-етил-1,2-диметилциклопентан;
- 3-етил-1,2-диметилциклогексан;
- 4-ізопропілгептан;

є) 1,1-диметилциклопентан;

ж) 3-етил-4-ізопропілнанан.

6. Оберіть назву сполуці за систематичною номенклатурою:



а) 5-метилгексан-3-он;

б) 5-метил-3-гексанон;

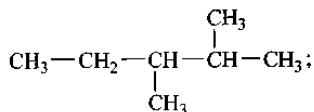
в) ізобутилети́лкетон;

г) 2-метил-4-гексанон;

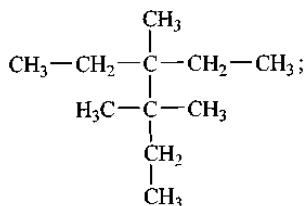
д) кетон ізобутилети́лу.

7. Назвіть речовини за замісничовою (систематичною) номенклатурою:

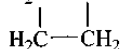
а) $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$; б)



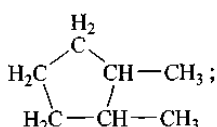
в)



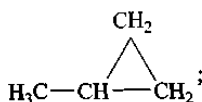
г) $\text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{C}_3\text{H}_7$;



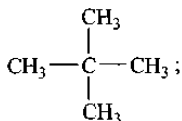
д)



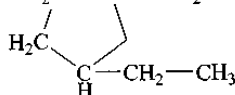
е)



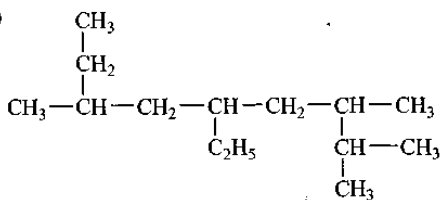
є)



ж) $\text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$;



з) $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$; и)

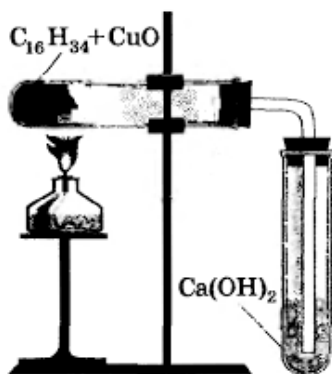


Алгоритм лабораторної роботи
Якісний аналіз органічних сполук

Відкриття Карбону і Гідрогену в органічних сполуках

Прилади та реактиви: штатив з пробірками, пробірка з газовідвідною трубкою, спиртівка, купрум(II) оксид, вапняна вода ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), досліджувана органічна речовина.

Принцип методу. Для виявлення Карбону і Гідрогену досліджувану органічну речовину прожарюють у пробірці з купрум(II) оксидом. Наявний у речовині Карбон перетворюється у CO_2 , а Гідроген – у H_2O . Купрум(II) оксид, окиснюючи органічну речовину, відновлюється до металевої міді.



Порядок роботи. Приблизно 0,2 г досліджуваної речовини змішують з 1 г порошку купрум(II) оксиду.

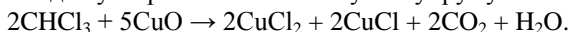
Суміш вміщують у суху пробірку з щільною пробкою з газовідвідною трубкою. Кінець газовідвідної трубки вводять у пробірку з прозорою вапняною водою таким чином, щоб кінець трубки був занурений у рідину. Суміш обережно нагрівають. Поява крапель води на стінках пробірки вказує на наявність Гідрогену, а випадіння осаду кальцію карбонату – на наявність Карбону в досліджуваній речовині.

Проба Бельштейна на галогени.

Прилади та реактиви: мідний дротик спиртівка, досліджувана органічна речовина.

Принцип методу. У процесі прожарення органічної речовини, яка містить галогени, у присутності купрум(II) оксиду утворюються легкі солі речовини з Купрумом, пари яких забарвлюють полум'я у зелений колір.

Порядок роботи. Для досліду беруть мідний дротик, довжиною приблизно 10 см, один кінець якого загинають у петлю, а другий вставляють у невеличкий корок. Тримаючи за корок, прожарюють петлю дротика у полум'ї пальника до зникнення побічного забарвлення полум'я. Петлю, яка охолола і покрилася чорним нальотом купрум(II) оксиду, вміщують у досліджувану речовину і вносять її у полум'я пальника. негайно з'являється характерне яскраво-зелене забарвлення полум'я внаслідок утворення леткої сполуки Купруму з галогеном:



IV. Питання для самопідготовки

1. Що вивчає органічна хімія?
2. Які ви знаєте природні джерела органічних сполук?
3. Назвіть органічні речовини рослинного, тваринного та штучного походження.
4. У чому полягає теорія будови органічних сполук? Назвіть основні положення теорії хімічної будови органічних сполук?
5. Які типи формул використовують в органічній хімії? Наведіть приклади.
6. Які типи гібридизації атомних орбіталей характерні для атомів Карбону?
7. Яка валентність Карбону в органічних сполуках? Чому?
8. Наведіть класифікацію за будовою карбонового скелета: ациклічні та циклічні; карбоциклічні та гетероциклічні; аліциклічні та ароматичні.
9. Поняття про первинні, вторинні, третинні й четвертинні атоми Карбону.
10. Наведіть класифікацію за природою функціональної групи.
11. Що таке номенклатура органічних сполук? Які є види номенклатури?
12. Схема побудови назви органічної сполуки за замісничовою (систематичною) номенклатурою.
13. Згідно з номенклатурою IUPAC поясніть такі поняття: родоначальна структура; локант; множувальні частки; замісник; вуглеводневий радикал.

Практичне заняття № 2

Тема: Типи хімічних зв'язків та взаємний вплив атомів у молекулах органічних сполук. Ознайомлення з лабораторним обладнанням та хімічним посудом

Навчальна мета: опанувати електронні уявлення в органічній хімії; визначення типів хімічних зв'язків; визначення розподілу електронної густини органічних молекул з індуктивним і мезомерним ефектами, назви та призначення хімічного та лабораторного обладнання.

Знати: види гібридизації атомних орбіталей Карбону, Нітрогену, Оксигену. Взаємний вплив атомів в органічних сполуках. Індуктивний та мезомерний ефекти. Електронодонорні та електроно-акцепторні замісники, види та призначення лабораторного обладнання та хімічного посуду.

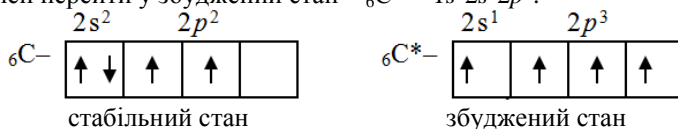
Уміти: писати формули органічних сполук за їх назвою; визначати типи хімічного зв'язку; використовувати теоретичні знання у процесі виконання експериментальних завдань, користуватися хімічним та лабораторним обладнанням і посудом.

I. Короткі теоретичні відомості

Типи хімічних зв'язків та взаємний вплив атомів у молекулах органічних сполук

Будова атома Карбону. Гібридизація

Атом Карбону має наступну електронну конфігурацію: ${}_6\text{C} - 1s^2 2s^2 2p^2$. Для утворення хімічних зв'язків з іншими атомами він повинен перейти у збуджений стан ${}_6\text{C}^* - 1s^2 2s^1 2p^3$:



Тобто, один з $2s$ -електронів переходить на вакантну $2p$ -орбіталь. У збудженому стані (*) Карбон має чотири одноелектронні орбіталі. Тому в органічних сполуках він утворює чотири ковалентні зв'язки. Але для цього ще повинна відбутися гібридизація цих орбіталей.

Сутність гібридизації полягає в тому, що з кількох різних за формою і близьких за енергією атомних орбіталей (АО) утворюється таке саме число однакових за формою і енергією гібридних орбіталей

(додаток, схема 1). Такі орбіталі виникають тільки у процесі утворення хімічного зв'язку (рис. 1.):

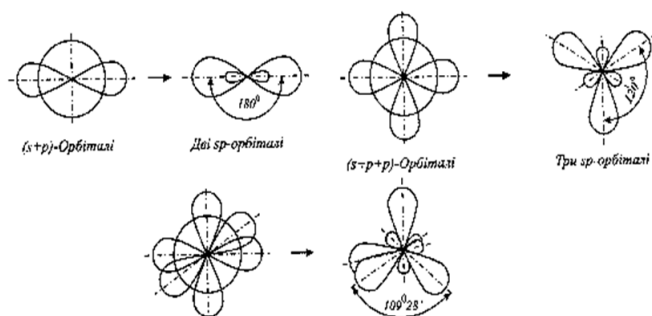


Рис.1. Утворення гібридних sp -, sp^2 , sp^3 -орбіталей

1. sp^3 -Гібридизація (перший валентний стан атома Карбону). Участь беруть одна s - і три p -орбіталі, утворюючи якісно нові, рівноцінні чотири гібридизовані орбіталі.

Гібридизовані електронні хмари розміщені в просторі симетрично під кутом $109^\circ 28'$ одна відносно одної. У першому валентному стані атом Карбону утворює лише прості ковалентні зв'язки.

2. sp^2 -гібридизація Карбону (другий валентний стан). Участь беруть одна s - і дві p -орбіталі, утворюючи три якісно нові, рівноцінні (гібридизовані) орбіталі, що розташовуються у площині під кутом 120° , p -орбіталь, що залишилася негібридизованою, розміщена перпендикулярно площині, де розташовані гібридизовані орбіталі.

3. sp -гібридизація Карбону (третій валентний стан). Відповідно одна s - і одна p -орбіталі, утворюють дві гібридизовані орбіталі, що лежать у площині під кутом 180° .

Хімічний зв'язок в органічних сполуках.

Основний тип зв'язку в органічних сполуках – ковалентний. Це хімічний зв'язок, який виникає за рахунок утворення між атомами, що взаємодіють, однієї або декількох спільних електронних пар.

Такий зв'язок утворюють атоми, які характеризуються рівними або близькими значеннями електронегативностей (здатність відтягувати до себе спільну електронну пару хімічного зв'язку). Для атомів – органогенів і галогенів ці значення такі:

Атом	H	C(sp^3)	N	Cl	O	F
Електронегативність	2,1	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0

– Залежно від значень електронегативностей з'єднаних атомів ковалентні зв'язки поділяються на неполярний та полярний.

Ковалентний неполярний зв'язок утворюється між атомами з однаковими значеннями електронегативностей. Спільна електронна пара розміщується симетрично відносно центрів атомів. Так утворені молекули O_2 , H_2 , $H_3C:CH_3$ тощо.

Ковалентним полярним називають зв'язок між атомами, що різняться електронегативністю. При цьому спільна електронна пара зміщується до атома з більшою електронегативністю: $H_3C:Cl$, або $H_3C \rightarrow Cl$. Більшість зв'язків в органічній хімії є полярними.

Залежно від способу перекривання атомних орбіталей розрізняють два типи ковалентних зв'язків.

У ході перекривання гібридизованих електронних хмар атома Карбону з електронними хмарами валентних електронів інших атомів виникає ковалентний σ -зв'язок. Зв'язок між двома атомами, напрямлений уздовж прямої, що сполучає їх ядра та співпадає з віссю симетрії електронних хмар, називається *сігма-зв'язком* (рис. 2).

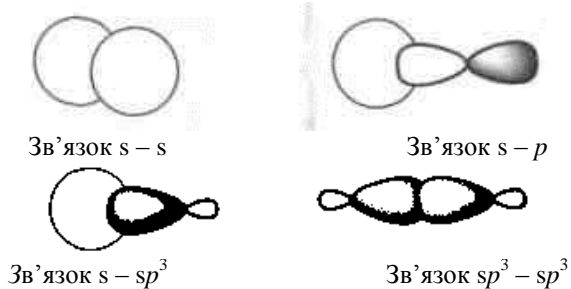


Рис. 2. Схема перекривання атомних орбіталей при утворенні σ -зв'язку

π -зв'язок утворюється в результаті бокового перекривання p -атомних орбіталей (рис. 3).

Максимальна електронна густина π -зв'язку сконцентрована у двох ділянках – вище і нижче від площини σ -зв'язку. Тому π -зв'язок слабший, ніж σ -зв'язок.

π -зв'язок утворюється між атомами, що перебувають у sp^2 - і sp -гібризованому стані.

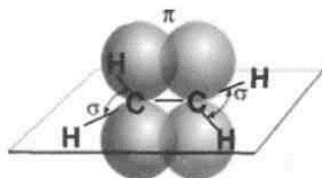


Рис. 3. Схема утворення π -зв'язку

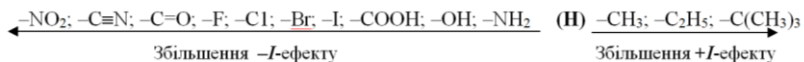
Взаємний вплив атомів у молекулах органічних сполук.

Індуктивний ефект.

Реакційна здатність молекул значною мірою залежить від взаємного впливу атомів, поляризованості та полярності зв'язків.

Особливе значення мають два види взаємного впливу атомів: *індуктивний ефект* і *мезомерний ефект* (ефект спряження). Ці ефекти визначають розподіл електронної густини в молекулі речовини, яка не знає впливу зовнішнього поля.

Індуктивним ефектом (*I*-ефект) називають ефект, пов'язаний зі зміщенням електронної густини уздовж σ -зв'язків карбонового ланцюга, який зумовлюється різницею електронегативностей атомів, що входять до складу молекули. Цей ефект може бути як негативним, так і позитивним. Вважається, що знак ефекту дорівнює знаку на заміснику, який спричиняє зміщення електронної густини. Якщо таке зміщення відбувається від ланцюга у бік замісника, то ефект буде негативним ($-I$ -ефект). У випадку зміщення електронної хмари від замісника на ланцюг ефект буде позитивним ($+I$ -ефект). Залежно від величини та напрямку індукційного ефекту замісники розташовуються у наступний ряд:

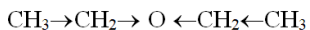
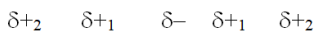
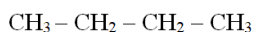


Гідроген вважається умовним нулем шкали, тобто замісником, відносно якого порівнюється вплив усіх інших замісників.

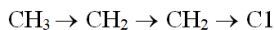
Особливістю індукційного ефекту є те, що він швидко згасає вздовж ланцюга по мірі віддалення від замісника, який його зумовлює.

Приклади індукційного ефекту:

$$\delta_{+3} = \delta_{+2} = \delta_{+1} = \delta_{-} = 0$$



$$\delta_{+1} > \delta_{+2}$$



$$\delta_{+1} > \delta_{+2} > \delta_{+3}$$

Як видно з наведених прикладів, цей ефект позначається стрілками на місцях зв'язків.

Мезомерний ефект або ефект спряження – це зміщення електронів, які утворюють p -зв'язки спряженої системи, а також неподілених електронних пар атомів електронегативних елементів (O, S, N), що містяться у ланцюгу.

Замісники виявляють *позитивний мезомерний ефект (+M)*, якщо зміщують *p*-електронну густину від себе, і *негативний мезомерний ефект (-M)*, якщо зміщення електронної густини відбувається у напрямку замісника.

+M-ефект характерний для електронодонорних замісників, що містять атоми з неподіленою електронною парою, яка підвищує електронну густину в спряженій системі, або з повним негативним зарядом. Замісники з позитивним мезомерним ефектом:

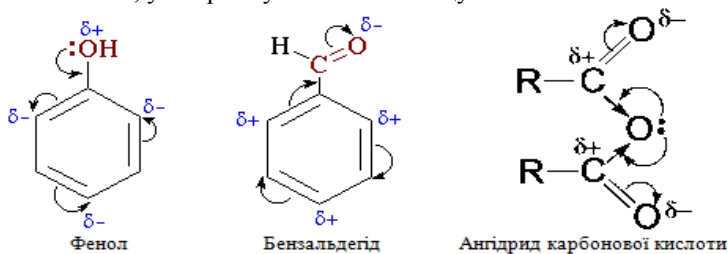
$-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{OCH}_3$, $-\text{O}^-$, $-\text{OSOCN}_3$, $-\text{C}_6\text{H}_5$, $-\text{CH}=\text{CH}_2$, $-\text{F}$, $-\text{Cl}$, $-\text{Br}$, $-\text{I}$ тощо.

-M-ефект характерний для електроноакцепторних замісників, які знижують електронну густину в спряженій системі. І хоч у таких замісниках можуть міститися атоми з неподіленими електронними парами, проте просторове розташування орбіталей не дозволяє їм брати участь у спряженні. Замісник з *-M*-ефектом може відтягувати спільну електронну густину спряженої системи у свій бік також за рахунок атомів з більшою електронегативністю. До замісників з негативним мезомерним ефектом належать такі атомні групи:

$-\text{CN}$, $-\text{CH}=\text{O}$, $-\text{COR}$, $-\text{COOH}$, $-\text{COONH}_2$, $-\text{COOR}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{CCl}_3$ тощо

На відміну від індуктивного ефекту мезомерний ефект передається на значно більшу відстань, причому і сам замісник входить до складу спряженої системи.

Графічно зміщення електронної густини у спряженій системі позначається за допомогою вигнутих стрілок, початок яких показує, від яких *p*- чи π -електронів відбувається зміщення, а кінець – вказує на атом чи зв'язок, у напрямку яких вона зміщується:



II. Практична частина

Ознайомлення з лабораторним обладнанням та хімічним посудом

Під час роботи в лабораторії користуються спеціальним лабораторним посудом. Більшість дослідів проводять у скляному посуді: у пробірках різної місткості та хімічних склянках, колбах плоскодонних, круглодонних, колбах Ерленмейера, Вюрца тощо.



Рис. 4. Штатив з набором тримачів

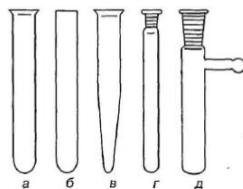


Рис. 5. Пробірки: *а* –циліндрична з розгорнутим краєм; *б* –циліндрична без відгину; *в* – гостродонна (центрифужна); *г* – зі шліфом; *д* – з конусним шліфом і відвідною трубкою

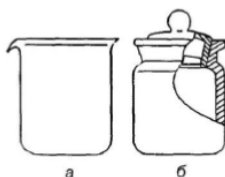


Рис. 6. Хімічний посуд: *а* – стакан; *б* – бюкс

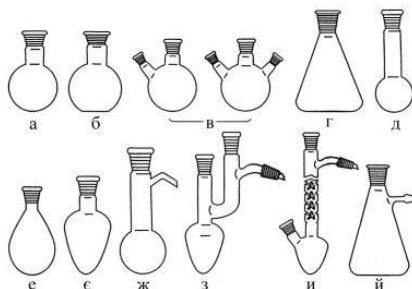


Рис. 7. Колби: *а* – круглодонна; *б* – плоскодонна; *в* – круглодонні з двома і трьома горловинами під кутом; *г* – конічна колба Ерленмеєра; *д* – колба К'ельдаля; *е* – грушеподібна; *є* – гостродонна; *ж* – круглодонна для перегонки (колба Вюрца); *з* – гостродонна для перегонки (колба Кляйзена); *и* – колба Фаворського, *й* – колба з тубусом (колба Бунзена)

Відповідальною операцією під час здійснення лабораторного експерименту є складання приладів або установок, які використовуватимуть для проведення синтезів, виділення й очищення кінцевих продуктів

реакції. Основним конструкційним елементом цих установок є лабораторний штатив з набором з'єднуючих та підтримуючих елементів (рис. 4).

Пробірки бувають різних розмірів (рис. 5). Є пробірки спеціального призначення: *центрифужні, градуйовані, для напівмікро- та мікроаналізу*. У клінічній лабораторії для деяких визначень користуються пробірками з тугоплавкого скла.

Розчин у пробірці повинен займати не більше третини її об'єму, щоб рідину було легко розмішати. Не можна збовтувати вміст пробірки, закриваючи її отвір пальцем. Пробірки з конусним шліфом і відповідною трубкою застосовують для фільтрування невеликих об'ємів рідин за зниженого тиску.

Хімічні склянки бувають різної ємності, їх виготовляють із тонкого скла. Такі склянки можна нагрівати, але не на відкритому вогні, а обов'язково на азбестовій сітці або на азбестовому картоні. Склянки та інший тонкостінний скляний посуд не можна ставити після нагрівання на холодну поверхню. Переносити великі склянки з рідиною можна тільки обома руками.

Стакани (рис. 6а) застосовують для фільтрування, випарювання (за температури не більше 100°C) і приготування розчинів у лабораторних умовах, а також для проведення окремих синтезів. Не можна використовувати стакани під час роботи з низькокиплячими або вогне-небезпечними розчинниками.

Бюкси (рис. 6б) – це маленькі скляночки з пришліфованою скляною покриттям. Вони призначені для зважування твердих та рідких речовин, а також для зберігання летких, гігроскопічних речовин.

Колби залежно від їх призначення виготовляють різної місткості та форми (рис. 7).

Колби є круглі і конічні (колби Ерленмейєра). Круглі колби бувають круглодонні і плоскодонні. Горло в таких колб може бути різної ширини і довжини. Для спеціальних визначень, особливо в органічному синтезі, застосовують колби, які мають два або три горла.

Круглодонні колби розміщують на спеціальних підставках або кільцях. Колби, особливо плоскодонні, як і тонкостінні склянки, варто нагрівати на азбестовій сітці. Колби Ерленмейєра застосовують для титрування, оскільки з них легко видаляти вміст і розмішувати його без небезпеки розбризкати.

Круглодонні колби застосовують для роботи за високих температур, для перегонки з атмосферного тиску та роботи під вакуумом. Плоскодонні застосовують лише для роботи при атмосферному тиску та для зберігання рідин.

Кристалізатори бувають різних діаметрів. Це плоскодонні скляні товстостінні чашки, які не можна нагрівати. У хімічних лабораторіях великі чашки застосовують для збирання газу над водою, охолодження посудини водою, кристалізації, очищення речовин перекристалізацією.

Вимірвальний посуд. До вимірвального посуду належать мензурки, мірні циліндри, мірні колби, піпетки, бюретки тощо.



Рис. 8. Вимірвальний посуд: а – мірний циліндр; б – мірні колби

Мірні циліндри (рис. 8а) не призначені для точного вимірювання об'ємів, їх використовують для приготування розчинів приблизної концентрації.

Мірні колби (рис. 8б) розраховані на вміст певного об'єму рідини – від 10 до 2000 мл. Це плоскодонні колби з вузькою і довгою шийкою, на яку нанесено кругову позначку. Якщо в колбу влити рідину до певної позначки, то об'єм рідини точно відповідатиме об'єму, вказаному на колбі.

Щоб правильно виміряти об'єм рідини в мірній колбі, необхідно, щоб око спостерігача було в одній площині з позначкою на шийці колби. При цьому нижня частина меніска рідини повинна торкатися позначки на шийці колби. У мірних колбах не можна нагрівати і зберігати розчини.

Мензурки – це конічні склянки з поділками для вимірювання об'ємів рідин. Мензурки нагрівати не можна.

Бюретки призначені для вимірювання об'єму рідини. Найчастіше використовують бюретки вмісткістю 25 і 50 мл. Бюретки бувають з краном і без крана. Поділки на бюретці відповідають мілілітрам і десятим часткам мілілітрів. Точність відліку по бюретці становить 0,03 мл (25 мл) або 0,05 мл (50 мл) залежно від вмісту бюретки. Перед

початком роботи бюретку добре миють і ополіскують кілька разів дистильованою водою. Під час роботи вона повинна бути у вертикальному положенні. Наповнюють бюретку за допомогою лійки.

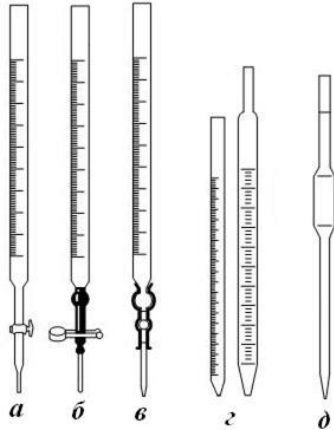


Рис. 9. Вимірвальний посуд: а, б, в – бюретки; г, д – піпетки

Піпетки використовують для перенесення певного об'єму рідини з однієї посудини в іншу. Піпетки бувають двох видів: розраховані на певний об'єм (піпетки Мора) і градуйовані.

Перед початком роботи піпетку добре миють і декілька разів ополіскують дистильованою водою з промивалки. Після цього її промивають і витирають зверху фільтрувальним папером, а залишену всередині воду видувають грушею. Перед тим як узяти піпеткою який-небудь розчин, її 1–2 рази ополіскують невеликою кількістю цього розчину: тримають горизонтально, повертають і нахилиють її то в один, то в інший бік, щоб розчин омив усі стінки піпетки. Після цього розчин з піпетки виливають у раковину.

Наповнення піпетки рідиною. Піпетку беруть великим і середнім пальцями і глибоко опускають її нижній кінець у рідину. Через верхній кінець втягують гумовою грушею рідину в піпетку так, щоб її рівень піднявся вище від позначки. Потім знімають грушу, швидко закривають вказівним пальцем верхній отвір піпетки, не даючи рідині витікати з неї. Виймають нижній кінець піпетки з рідини і витирають її зверху шматком фільтрувального паперу. Тримаючи піпетку строго вертикально, встановлюють позначку на рівні очей, потім трохи послаблюють натискування пальцем на верхній отвір піпетки, щоб рідина повільно витікала. Коли нижня частина меніска опушеної

рідини торкнеться позначки, отвір знову закривають пальцем. Піпетку переносять у підготовлений посуд і, тримаючи її вертикально, дають рідині витекти. При цьому не можна опускати піпетку низько, кінчик її треба тримати біля верхнього краю посудини. Коли весь розчин з піпетки витече, варто зачекати кілька секунд, доторкуючись її кінчиком до стінки посудини і злегка повертаючи.

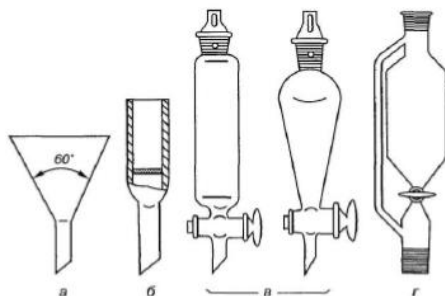


Рис. 10. Лійки:

a – лабораторна; *б* – фільтруюча з впаяним скляним фільтром; *в* – ділільна; *г* – крапельна з боковою трубкою для вирівнювання тиску

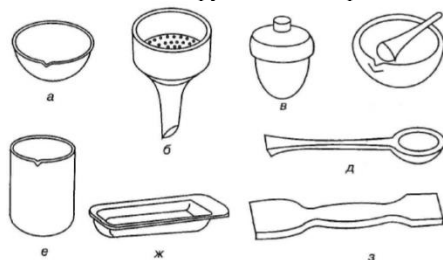


Рис. 11. Фарфоровий посуд: *a* – чашка випарна; *б* – лійка Бюхнера; *в* – тигель; *г* – ступка і пестик; *д* – ложка; *е* – стакан; *ж* – лодочка для спалювання; *з* – шпатель

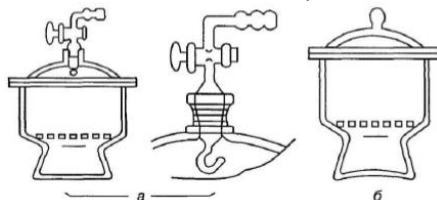


Рис. 12. Ексикатори: *a* – вакуум-ексикатор; *б* – звичайний

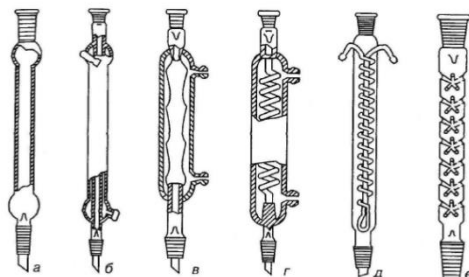


Рис. 13. Холодильники й дефлегматор: а – повітряний; б – з прямою трубкою (Лібіха); в – кульковий; з – спіральний; д – Дімрота; е – дефлегматор

Посуд спеціального призначення.

Лійки застосовують для фільтрування і промивання осаду. У макроаналізі часто користуються лійками діаметром 7–9 см.

Лійки ділильні (рис. 10в) застосовують для розділення рідин, що не змішуються під час екстрагування та очищення речовин. Лійки крапельні (рис. 10г) застосовують для регульованого приливання (додавання) рідких реагентів у ході проведення синтезу.

Промивалки використовують для змиву осаду зі стінок склянки, фільтра, бюкса, для промивання осадів на фільтрі, під час титрування та з іншою метою.

Скляними паличками перемішують рідини, переносять рідини під час фільтрування. Найбільш зручні скляні палички з гумовим наконечником для збирання частинок осаду зі стінок склянки.

У лабораторній практиці для робіт, пов'язаних із нагріванням, застосовують порцеляновий посуд: стакани, випарні чашки, тиглі, лодочки та інші (рис. 11).

Фаянсові тиглі використовують для прожарювання осаду. Ступки з пестиками використовують для подрібнення та змішування твердих і в'язких речовин.

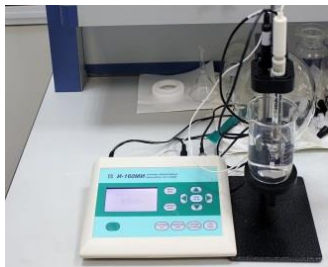
Ексикатори виготовляють з грубого скла з пришліфованою, щільно прилягаючою покриткою. Між верхньою і нижньою частинами ексикатора кладуть порцелянову пластину з отворами, на які ставлять тиглі, бюкси тощо.

На дно ексикатора кладуть осушувальні речовини: найчастіше прожарений CaCl_2 , рідше – P_2O_5 або концентровану H_2SO_4 .

Холодильники (рис. 13) лабораторні скляні застосовують для охолодження і конденсації пару.

Хімічний посуд повинен бути чистим. Необхідно знати: брудний посуд варто мити відразу ж після закінчення роботи за методикою, що наведена окремо.

Серед приладів, які мають широке застосування в органічному практикумі, варто виділити наступні (рис. 14):



а



б



в



г



д



е



є

ж

Рис. 14. Прилади, для проведення лабораторних робіт з органічної хімії:
а – іономер і160ми; *б* – колбонагрівач із закритою спіраллю;
в – магнітний перемішувач із підігрівом; *г* – фотокolorиметр КФК-3,
д – ваги електронні; *е* – пробірконагрівач;
є – мініцентрифуга лабораторна; *ж* – водяна баня

Алгоритм лабораторної роботи

Порядок роботи на фотометрі фотоелектричному КФК-3:

- колориметр увімкнути в мережу. Включити тумблер «Сеть» за 30 хв. до початку вимірювань. Під час прогрівання кюветне відділення повинне бути відкритим;
- натиснути клавішу «Пуск». На цифровому табло (нижній рядок) з'явиться символ «Г», на верхньому рядку – певне значення довжини хвилі. Установити рукояткою 2 значення довжини хвилі, на якій буде здійснюватися вимірювання;
- заповнити кювети контрольним та досліджувальним розчинами \approx на 3/4–4/5 об'єму кювети. Установити в кюветне відділення кювети з контрольним розчином (віддалене гніздо кюветотримача) і досліджуваним розчином (ближнє гніздо);
- рукояткою 4 (ліворуч до упору) встановити в світловий пучок кювету з контрольним розчином. Закрити кришку кюветного відділення й натиснути клавішу «Г». Потім натиснути або клавішу «П» (для виміру коефіцієнта світлопропускання) або «Е» (для виміру оптичної щільності). Відповідно до цього на цифровому табло повинні з'явитися початкові величини або пропускання « $100 \pm 0,2$ » або оптичні щільності « $0,000 \pm 0,002$ », що відповідає нормі;
- відкрити кришку кюветного відділення й натиснути клавішу «Нуль». Закрити кришку, натиснути або клавішу «П» (вимір коефіцієнта світлопропускання) або «Е» (вимір оптичної щільності). При закритій кришці рукояткою 4 (праворуч до упору) ввести у світловий пучок кювету з досліджуваним розчином. Відлік на світловому табло

праворуч від миготливої коми відповідає або коефіцієнту світло-пропускання або оптичної щільності розчину;

– повторити операцію за п.п. 6–9 три рази, обчислити середнє арифметичне вимірюваної величини для певного досліджуваного розчину. Вимірювання всіх досліджуваних розчинів здійснити за п.п. 4–10, при цьому замінують кювети з досліджуваними розчинами, кювету з контрольним розчином з віддаленого гнізда виймати не потрібно;

– видалити з кюветного відділення кювети. Вимкнути прилад з мережі.

III. Виконання індивідуального завдання за наданим варіантом Варіант № 0

I тип. Тестові завдання.

Завдання 1. Основне положення теорії будови органічних речовин стверджує, що властивості органічних речовин визначаються:

- а) лише електронною будовою їх молекул;
- б) лише складом їх молекул;
- в) складом, хімічною, електронною і просторовою будовою їх молекул;
- г) лише просторовою будовою їх молекул.

Завдання 2. Який тип кристалічної ґратки в органічних сполуках?

- а) атомний;
- б) молекулярний;
- в) йонний;
- г) металічний.

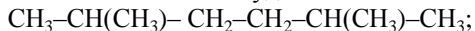
Завдання 3. У молекулі метану (CH₄) атом Карбону утворює:

- а) два ковалентні зв'язки з атомами Гідрогену;
- б) три ковалентні зв'язки з атомами Гідрогену;
- в) чотири ковалентні зв'язки з атомами Гідрогену;
- г) п'ять ковалентних зв'язків з атомами Гідрогену.

Завдання 4. Вкажіть функціональну групу спиртів:

- а) –OH;
- б) –COH;
- в) –COOH;
- г) –NO₂;
- д) –NH₂.

Завдання 5. Назвіть алкан такої будови:



- а) 1,4-диметилбутан;
- б) 2,5-диметилгексан;
- в) 2,4-диметилпентан;
- г) 2,2,4,4-тетраметилбутан.

Завдання 6. Назвіть загальну кількість σ і π -зв'язків у молекулі пропену (C_3H_6):

- а) 7;
- б) 8;
- в) 9;
- г) 10;
- д) 16.

Завдання 7. У якому стані перебувають атоми Карбону в молекулі пропіну (C_3H_4):

- а) sp -гібридизації;
- б) sp - і sp^2 -гібридизації;
- в) sp^2 -гібридизації;
- г) sp - і sp^3 -гібридизації;
- д) sp^3 -гібридизації.

Завдання 8. Назвіть вуглеводень структурна формула якого:



- а) 2,2,3-триметил-6-пентен;
- б) 2,2-диметил-3-метил-4-пентен;
- в) 3,4-диметилгексен;
- г) 3,4,4-триметил-1-пентен.

II тип. Завдання на відповідність.

Завдання 1. Встановіть відповідність між групами вуглеводнів та характеристиками зв'язків у їх молекулах.

1. Алкани;	а) усі зв'язки одинарні;
2. Алкени;	б) усі зв'язки одинарні, але атоми Карбону з'єднані в кільце;
3. Алкіни;	в) крім одинарних є один подвійний зв'язок;
4. Алкадієни.	г) крім одинарних є один потрійний зв'язок;
	д) крім одинарних є два подвійних зв'язки.

Завдання 2. Встановіть відповідність між назвами вуглеводнів та кількістю σ і π -зв'язків у їх молекулах.

1. Етен;	а) один π -зв'язок і одинадцять σ -зв'язків;
2. Етин;	б) один π -зв'язок і шість σ -зв'язків;
3. Пропадієн;	в) один π -зв'язок і п'ять σ -зв'язків;
4. Бутен.	г) два π -зв'язки і шість σ -зв'язків;
	д) два π -зв'язки і три σ -зв'язки.

Завдання 3. Встановіть відповідність між назвами вуглеводнів та типом гібридизації електронних орбіталей атомів Карбону в них.

1. Ацетилен;	а) лише sp^3 -гібридизація;
2. Пропен;	б) лише sp^2 -гібридизація;
3. Етан;	в) лише sp -гібридизація;
4. Пропін.	г) sp і sp^3 -гібридизація;
	д) sp^2 і sp^3 -гібридизація.

Завдання 4. Встановіть відповідність між назвами радикалів та їх формулами.

1. Ізопропіл;	а) $CH_3 - CH_2 - CH_2-$;
2. Вініл;	б) $-CH(CH_3) - CH_3$;
3. Феніл;	в) $-CH = CH_2$;
4. Пропіл.	г) C_4H_9- ;
	д) C_6H_5- .

III тип. Завдання на встановлення назви сполуки

Завдання 1. Напишіть структурні формули сполук за їх назвами:

- 1) 2-метил-2-пропанол;
- 2) 3,3-диетилпентан;
- 3) 2,5,6-триметилотан;
- 4) 2,4-диметил-3-гексен;
- 5) пропін.

Завдання 2. Вкажіть назву речовини за формулою:

- 1) $CH_3 - C(CH_3)_2 - CH = CH_2$;
- 2) $CH_2 = C(CH_3) - CH = CH_2$;
- 3) $CH_3 - C(CH_3)_2 - CH(CH_3) - CH_2OH$;
- 4) $CH_3 - CH(CH_3) - CH(CH_3) - COOH$;
- 5) $CH_3 - CH_2 - CH(C_2H_5) - CONH_2$.

IV. Питання для самопідготовки

1. Навести електронну будову атома Карбону і пояснити чому в органічних сполук він чотирьохвалентний.

2. У чому сутність явища гібридизації? Які типи гібридизації притаманні Карбону в органічних сполуках?

3. Дати характеристику основному типу хімічного зв'язку в органічних молекулах. У чому він полягає?

4. Навести класифікацію хімічного зв'язку Карбону: залежно від способу перекривання атомних орбіталей і від значень електронегативностей з'єднаних атомів. Навести приклади.

5. Взаємний вплив атомів в органічних сполуках. Охарактеризувати: індуктивний і мезомерний ефекти. Навести приклади атомів та атомних груп, що здійснюють негативний та позитивний індукційні ефекти.

6. Дати характеристику певному різновиду хімічного лабораторного посуду: матеріал виготовлення, призначення, умови використання тощо.

Практичне заняття № 3

Тема: Методи виділення та очистки органічних сполук. Визначення фізико-хімічних констант органічних сполук

Навчальна мета: здобуття практичних навичок у виділенні та очищенні органічних сполук, які допоможуть студентів у майбутньому засвоїти методи стандартизації та контролю якості лікарських препаратів; ознайомлення з основними методами синтезу органічних сполук як основної передумови для розуміння принципів створення нових біологічно активних речовин та значення фізико-хімічних констант органічних сполук.

Знати: загальні принципи оцінки хімічних властивостей органічних сполук, покладених в основу синтезу і аналізу органічних речовин; практичні аспекти органічної хімії, шляхи і методи використання її досягнень у фармацевтичній практиці.

Уміти: очищувати рідкі і кристалічні органічні сполуки, встановлювати їх чистоту; визначати фізичні константи органічних сполук; проводити елементний аналіз; користуватися лабораторними способами добування окремих органічних сполук.

I. Короткі теоретичні відомості

Метою органічного синтезу є одержання чистої речовини. Однак органічні реакції часто супроводжуються побічними процесами, тому реакційні суміші містять залишки вихідних речовин та продуктів прямих і побічних реакцій.

Знання загальних методів виділення та очищення органічних сполук є необхідною умовою як у процесі виконання лабораторних робіт, так і у подальшій фармацевтичній практиці. Продукти органічного синтезу виділяють із розчинів, суспензій та твердих сумішей. Методи виділення та очищення залежать від фізичних та хімічних властивостей органічних речовин. Найбільш поширеними у лабораторній практиці є методи перекристалізації твердих речовин, очищення органічних речовин простою перегонкою та перегонкою з водяною парою, екстракція та інші, що у випадку реагентного оброблення сировини повинні бути простими як з точки зору хімії, так і в апаратурному (технологічному) відношенні

Очищення твердої речовини методом перекристалізації.

Перекристалізацію застосовують для очищення твердих речовин. Порівняно з іншими методами вона найбільш універсальна, відносно

мало трудомістка, за правильного проведення забезпечує високий ступінь очищення. Проте інколи у процесі перекристалізації можливі значні втрати речовини. Цей метод ґрунтується на різниці у розчинності речовини, яку очищують у певному розчиннику за різних температур: без нагрівання та під час нагрівання до температури кипіння розчинника.

Для проведення перекристалізації використовують спеціальний хімічний посуд та лабораторне обладнання. Процес перекристалізації здійснюють у кілька стадій:

- вибір розчинника;
- приготування насиченого гарячого розчину;
- «гаряче» фільтрування;
- охолодження розчину;
- відділення кристалів, що утворилися;
- промивання кристалів чистим розчинником;
- висушування.

Правильний вибір розчинника – основна умова під час проведення перекристалізації. До розчинника висувають ряд вимог:

- значна різниця між розчинністю речовини у певному розчиннику за кімнатної температури та у процесі нагрівання;
- розчинник повинен розчиняти під час нагрівання лише речовину і не розчиняти домішки. Ефективність перекристалізації зростає у ході збільшення різниці у розчинності речовини та домішок;
- розчинник повинен бути індиферентним як до речовини, так і до домішок;
- температура кипіння розчинника повинна бути нижчою за температуру плавлення речовини на 10–15°C, інакше під час охолодження розчину речовина виділиться не у кристалічній формі, а у вигляді масла.

Очищення органічної речовини перегонкою з водяною парою.

Перегонка з водяною парою застосовується для виділення і очищення нерозчинних і малорозчинних у воді висококиплячих речовин, які розкладаються у процесі перегонки за атмосферного тиску. Це найефективніший метод очищення таких речовин від смолистих домішок, а також розділення природних масел і смол на фракції. Перегонку з парою можна застосовувати і для розділення суміші висококиплячих речовин, з яких лише одна відганяється з парою.

Згідно з законом Дальтона сумарний тиск ($P_{\text{загальний}}$) пари суміші, яка переганяється, є сумою парціальних тисків пари води ($P_{\text{води}}$) та нерозчинної у воді речовини ($P_{\text{речовини}}$):

$$P_{\text{загальний}} = P_{\text{води}} + P_{\text{речовини}}$$

Температура кипіння такої суміші за атмосферного тиску завжди буде нижче 100°C, тобто цей спосіб дозволяє розділяти висококиплячі рідини, які нестійкі за температур вище 100°C.

Виділення та очищення органічних речовин екстракцією.

Екстракція – процес вилучення одного або кількох компонентів з розчинів або з твердих сумішей за допомогою вибіркового розчинника (екстрагентів). Спосіб ґрунтується на різній розчинності речовин у розчиннику або в двох різних розчинниках, які не змішуються між собою.

Наприклад, оцтова кислота добре розчиняється у воді і в органічних розчинниках – бензолі, спирті. Для екстракції оцтової кислоти з її водного розчину вибирають розчинник, який не змішується з водою – бензол. Тоді з додаванням бензолу до водного розчину CH_3COOH кислота перейде в бензольний шар. Повторюючи цю операцію кілька разів, можна видалити з води практично всю оцтову кислоту.

Із суміші кількох речовин також можна виділити одну з них, підібравши розчинник, який розчиняє лише цю речовину і не розчиняє інші.

Розчинник для екстрагування (екстрагент) повинен задовольняти певні вимоги:

- екстрагент і розчин повинні значно відрізнятися за густиною;
- розчинність речовини, яку видаляють в екстрагенті, має бути значно вищою, ніж у розчині;
- екстрагент повинен мати не дуже високу температуру кипіння.
- Як екстрагенти найчастіше застосовують бензол, дихлоретан, діетиловий етер, хлороформ, етилацетат тощо.

Виділення та очищення органічних речовин перегонкою за атмосферного тиску.

Метод перегонки застосовується для очищення і розділення суміші рідин, які відрізняються за температурами кипіння. Цей метод доцільний лише в тому випадку, коли речовина, яку переганяють, є стійкою до нагрівання і практично не розкладається за температури кипіння.

Перегонка – це процес, який включає часткове випаровування суміші і подальшу конденсацію утвореної пари. У результаті конденсації пари одержують рідину, склад якої відрізняється від складу вихідної суміші. Розділення рідин перегонкою ґрунтується на різній леткості компонентів суміші за однієї температури, а тому під час перегонки всі компоненти суміші переходять у пароподібний стан у кількостях, пропорційних їх леткості. Тобто, парова фаза завжди містить більшу кількість низькокиплячого компонента, ніж їх рідка суміш.

II. Практична частина

Алгоритм лабораторної роботи

Експериментальне очищення органічних речовин методом кристалізації

Для виділення і очищення органічних сполук застосовуються такі методи: кристалізація, сублимація, екстракція, перегонки, хроматографія (на папері, на колонках з адсорбентом, тонкошарова) тощо. Показниками ступеню чистоти одержаної органічної речовини є фізичні константи: температура плавлення (загустівання), температура кипіння (замерзання), питома вага (густина), показник заломлення світла тощо.

Принцип методу. Кристалізація – один з найпоширеніших застосовуваних методів очищення твердих речовин, а також розділення, сумішей. Принцип цього методу ґрунтується на різній розчинності речовин в розчиннику залежно від його температури.

Процес кристалізації включає:

- приготування нагрітого насиченого розчину речовини у відповідному розчиннику;
- фільтрування гарячого розчину від нерозчинених домішок;
- охолодження розчину, яке призводить до кристалізації;
- відділення кристалів від маточного розчину;
- сушку кристалів.

Для успішного проведення кристалізації важливе значення має правильний вибір розчинника. Одна з головних вимог до розчинника полягає в тому, щоб останній розчиняв речовину, яку потрібно кристалізувати, значно краще під час нагрівання, ніж на холоді. Розчинник не повинен розчиняти домішки (у такому випадку їх можна буде відфільтрувати) або, навпаки, повинен розчиняти їх дуже добре (тоді в ході охолодження розчину вони не випадуть разом з основним продуктом і залишаться в маточному розчині).

Гарячий розчин, насичений речовиною, яку потрібно кристалізувати, відфільтровують від нерозчинених домішок, потім фільтрат охолоджують. Осад, що випадає в ході охолодження, відділяють фільтруванням, промивають свіжим розчинником, а потім сушать.

Полярні розчинники знебарвлюють активованим вугіллям, яке додають до гарячого розчину в ретельно подрібненому вигляді в кількості 2–5 % від ваги речовини, яку кристалізуємо.

Розчини неіоногенних розчинників, наприклад, гексану, чотирихлористого вуглецю, дихлоретану, бензолу, хлороформу, знебарвлюють оксидом алюмінію. Їх фільтрують через шар адсорбента, який поміщають у ліжку Бюхнера або на скляний фільтр.

Прилади та реактиви: штатив з пробірками, скляна конічна лійка, хімічний стакан діаметром меншим ніж у лійки, колби ємністю на 50 мл, скляні палички, спиртівка, лійка Бюхнера, колба Бунзена, складчастий фільтр, фільтр для лійки Бюхнера, бензойна кислота C_6H_5COOH – 0.5г (або щавлева кислота $C_2H_2O_4 \cdot H_2O$ – 2г), дистильована вода.

Порядок роботи. У склянку або колбу ємністю на 50 мл наливають 25 мл води та додають 0,5 г забрудненої бензойної кислоти.

Вміст колби нагрівають до початку кипіння; поки вся бензойна кислота повністю не розчиниться. Одночасно, в окремій колбі нагрівають воду, яка знадобиться в подальшому для змивання.

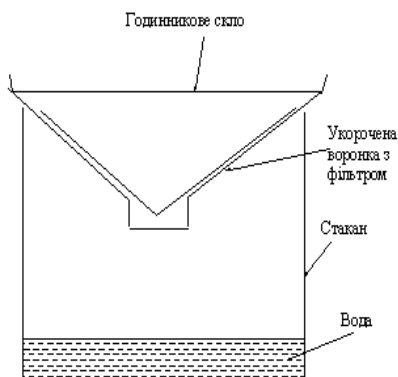


Рис.1. Пристрій для гарячого фільтрування

Збирають пристрій для гарячого фільтрування (рис. 1), що складається з лійки з укороченим хвостом, яку поміщають в склянку без носика з діаметром трохи меншим, ніж верхній край лійки. На дно склянки наливають 2–3 мл води так, щоб дно склянки було цілком покрито водою. У лійку вставляють складчастий фільтр і закривають годинниковим склом.

Воду в склянці нагрівають до кипіння. Після того як пара води обігріє лійку, годинникове скло знімають і в лійку, на фільтр із колби обережно виливають гарячий фільтрувальний розчин. Колбу, в якій проходило розчинення, двічі ополіскують гарячою водою, яку теж виливають у лійку. Протягом всього процесу фільтрування розчин в склянці (фільтрат) підтримують у стані слабкого кипіння.

Гарячий розчин швидко фільтрують через складчастий фільтр. У процесі фільтрування нерозчинні домішки залишаються на фільтрі. Фільтрат швидко охолоджують, занурюючи склянку у воду з льодом; бензойна кислота випадає при цьому у вигляді маленьких кристалів

(під час повільного охолодження утворюються більші кристали пластинчастої форми).

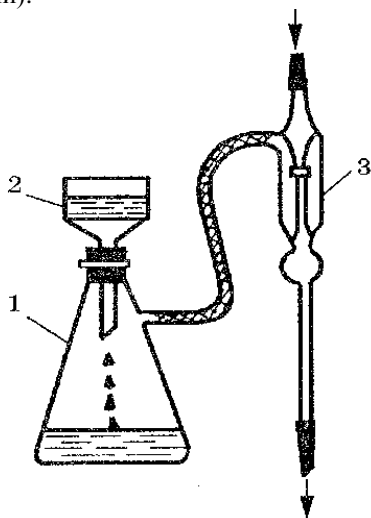


Рис. 2. Фільтрування під вакуумом

1 – колба для відсмоктування (колба Бунзена);
2 – лійка Бюхнера з фільтром; 3 – водоструменевий насос

У процесі роботи з шавлевою кислотою $C_2H_2O_4 \cdot H_2O$ розчиняють 2 г кислоти в 5 мл води та роблять так само, як описано вище. Щавлева кислота кристалізується у вигляді голок; величина кристалів, як і в досліді з бензойною кислотою, залежить від швидкості охолодження.

Кристали бензойної кислоти, що випали, відділяють від рідини на лійці Бюхнера. Фільтруванням під вакуумом.

Промивають осад невеликим об'ємом води (2–5 мл), знову відсмоктують, переносять осад на листок фільтрувального паперу, віджимають та сушать на повітрі. Одержують 0,43–0,45 г чистої бензойної кислоти. Ступінь чистоти бензойної кислоти визначають шляхом визначення температури плавлення (т. пл. чистої речовини $120^\circ C$). За необхідності, цю операцію повторюють декілька разів.

Алгоритм лабораторної роботи

Виділення органічних сполук із природних джерел

Велика кількість органічних сполук була одержана вперше у індивідуальному вигляді саме із природних джерел: рослин, тварин, продуктів їх життєдіяльності тощо. Найчастіше для вилучення окремих

компонентів із природної сировини застосовують такі методи як **екстракція, перегонка з водяною парю, осадження, сублімація** тощо.

Вміст більшості речовин у складі природного джерела, як правило, невисокий, а наявність схожих за властивостями компонентів роблять методи вилучення речовин із природних компонентів досить малоефективними. Також, наявність у складі сировини великої кількості речовин, що мають схожі із цільовим компонентом властивості, призводить до того, що отриманий продукт є складною сумішшю великої кількості компонентів, тому потребує подальшого очищення з метою отримання відносно хімічно чистої речовини. Не дивлячись на велику трудомісткість, методи виділення природних речовин досить широко застосовуються у фармацевтичній галузі та лабораторній практиці.

Виділення піперину методом екстракції.

Властивості продукту: піперин $C_5H_{10}N-CO-C_{11}H_9O_2$ ((2E,4E)-5-(2H-1,3-бензодіоксол-5-іл)-1-(піперидин-1-іл)пента-2,4-дієн-1-он; піпероїлпіперидин) – блідо-жовті голчасті кристали, $\rho = 1,193$ г/см³; $M = 285,34$ г/моль; $t_{пл} = 127-130^\circ C$. Важко розчиняється у воді (0,04 г/л).

Добре розчинний у багатьох органічних розчинниках: хлороформі (588,2 г/л), етанолі (66,67 г/л), діетиловому етері (27,78 г/л) тощо. Розкриває слабкі основні властивості, що виявляються в утворенні солеподібних сполук з багатьма кислотами. Розчином лугу гідролізується на піперидин та піперинову кислоту. Речовина має пекучий смак, який, як правило, проявляється не одразу. Відноситься до біологічноактивних речовин, має протимікробну дію. Малотоксичний: $LD_{50} = 514$ мг/кг (пацюки, перорально); 330 мг/кг (миші, перорально).

Принцип методу. Піперин міститься у плодах рослин родини перцевих, зокрема у чорному перці (*Piper nigrum*), довгому перці (*Piper longum*) тощо. Він є основним алкалоїдом рослин цієї родини. Вміст піперину може сягати 9–10 % сухої маси плодів чорного і білого перцю, і до 2 % – довгого перцю.

Виділення піперину найпростіше здійснюється шляхом екстракції органічними розчинниками, у яких він достатньо добре розчинний.

Прилади та реактиви: фарфорова ступка, випарувальна чашка, водяна баня, круглодонна колба зі зворотним водяним холодильником, лійка, годинникове скло, мікроскоп, вапняне молоко (свіжо-приготовлений розчин $Ca(OH)_2$), діетиловий етер, етанол, 10 % розчин Люголя (розчин йоду у водному розчині калій йодиді), сульфатна кислота.

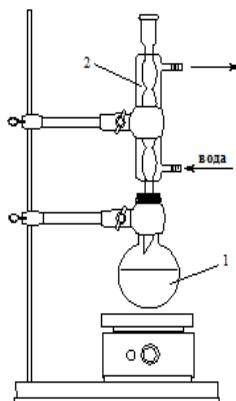


Рис. 3. Установа для приготування насиченого розчину

Порядок роботи (*Увага!* Операції досліду № 3, 4, 5 проводити у витяжній шафі!).

1. Приблизно 10 г розтертого у порошок чорного перцю кип'ятять протягом 15 хв. у 100 мл вапняного молока (розчин $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

2. Отриману суміш випарюють досуха на водяній бані.

3. З отриманого сухого залишку екстрагують піперин діетиловим етером. Здійснюють екстракцію 100 мл етеру протягом 2 год. у круглодонній колбі зі зворотним водяним холодильником при постійному перемішуванні (рис. 3).

4. Більшу частину діетилового етеру відганяють, а залишок залишають на повітрі до повного випаровування етеру.

5. Утворений сухий залишок є піперином, який можна перекристалізувати із невеликої кількості гарячого етанолу. З нього кристалізуються жовті голки піперину.

За цієї методики вихід піперину становить близько 0,3 г (30–45 %).

Ідентифікація:

1. У процесі додавання розчину йоду у водному розчині калій йодиду до спиртового розчину піперину і підкисленні невеликою кількістю хлоридної кислоти, утворюються голчасті кристали блакитного кольору з температурою топлення 145°C .

2. Опромінення піперину ультрафіолетовими променями ($\lambda \approx 365 \text{ nm}$) викликає флуоресценцію синього кольору.

3. Під час розчинення кристалів піперину в концентрованій сульфатній кислоті виникає червоне забарвлення.

4. У спиртовому розчині піперин утворює з 1,3,5-тринітробензеном яскраво-червону комплексну сполуку.

III. Питання для самопідготовки

1. Назвіть основні методи виділення і очищення органічних речовин. Дайте характеристику використання цих методів у науковій роботі й практиці.

2. Які речовини виділяють за допомогою фільтрування? Наведіть приклади.

3. Що таке метод кристалізації? Що таке метод дробної кристалізації? Які теоретичні основи цього методу? Які речовини виділяють за допомогою методів кристалізації і дробної кристалізації? Наведіть приклади.

4. Що таке метод сублимації? Для виділення яких речовин у чистому вигляді його використовують? Наведіть приклади.

5. Що таке метод екстракції, або екстрагування? На чому ґрунтується використання цього методу в органічній хімії? Наведіть приклади використання методу екстракції.

6. Що таке метод перегонки, або дистиляції? Що таке проста і фракційна перегонки? Наведіть приклади застосування цих методів в органічній хімії та промисловості.

7. Що таке метод хроматографії? Які види методу хроматографії вам відомі? Для виділення яких речовин у чистому вигляді використовують цей метод? Наведіть приклади.

8. Що таке метод електрофорезу? Для виділення яких органічних речовин у чистому вигляді його використовують? Наведіть приклади.

9. Які фізичні константи органічних сполук вам відомі? Як їх визначають? Яке їх значення? Наведіть приклади.

10. Що таке фізико-хімічні методи дослідження органічних речовин? Яка їх перевага перед фізичними й класичними хімічними методами дослідження? Наведіть приклади.

11. Що таке спектральний аналіз? Де і для яких цілей його використовують?

Практичне заняття № 4

Тема: Просторова будова біологічно активних сполук

Навчальна мета: робити висновки й аналізувати взаємозв'язок між будовою, конфігурацією і конформацією біоорганічних сполук. Інтерпретувати залежність реакційної здатності біоорганічних сполук від характеру хімічного зв'язку та взаємного впливу атомів у молекулі.

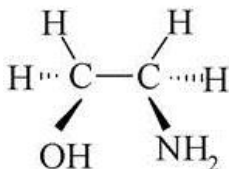
Знати: σ -зв'язок: електронну і просторову будову молекул з sp^3 – гібридизованими атомами карбону, взаємне розташування замісників у відкритих ланцюгах; π -зв'язок, електронну будову та основні характеристики *цис-транс*-ізомерії; тип гібридизації атомів карбону в біоорганічних сполуках, просторову направленість зв'язків, утворених атомами карбону в sp^3 , sp^2 і sp -гібридних станах, просторову будову циклів, утворених атомами карбону в sp^3 -гібридизації.

Уміти: коментувати причини *цис-транс*-ізомерії, уміти визначати вид і знак електронних ефектів з метою подальшого прогнозування реакційної здатності органічних сполук у біохімічних перетвореннях.



I. Короткі теоретичні відомості

Атом карбону, що знаходиться в стані sp^3 -гібридизації, має тетраедричну будову і всі його замісники розташовані під кутом $109^\circ 28'$, тобто якщо сполука складається з таких атомів, то молекула не лежить в одній площині, а є об'ємною і має певну конфігурацію. sp^3 -гібридизовані атоми карбону зв'язані σ -зв'язком, є симетричними. Навколо цього зв'язку можливе обертання. Тому замісники змінюють своє положення відносно одне одного в просторі, тобто молекула знаходиться в різних конформаційних станах.

Конформаціями, або поворотними ізомерами, називають різні геометричні форми молекули, які переходять одна в одну шляхом обертання навколо простих зв'язків. Так, наприклад, до складу кефаліну, який міститься у великій кількості в головному мозку, входить аміноспирт коламін (2-аміноетанол), що має будову $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$.

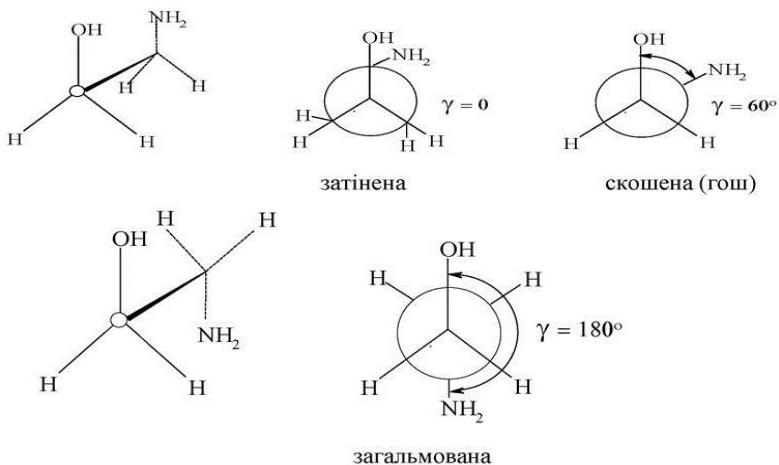


У складі молекули два карбонових атоми, які знаходяться в стані sp^3 -гібридизації. Її конфігурацію можна зобразити наступним чином.

За рахунок вільного обертання навколо σ -зв'язку C_1-C_2 можливі різноманітні конформаційні стани коламіну. Конформери (поворотні ізомери), які утворюються, прийнято зображувати у вигляді проєкції Ньюмена, які утворюються під час розгляду сполуки уздовж зв'язку C_1-C_2 . Найближчий до спостерігача атом C_1 та його зв'язки позначаються , а віддалений – .

Поворотні ізомери мають певну потенційну енергію. Якщо відстань між об'ємними замісниками невелика, то ступінь взаємодії між ними великий, а отже, велика потенційна енергія. Найменша відстань між замісниками в просторі спостерігається в затіненій конформації ($\gamma = 0^\circ$), тобто вона енергетично найменш вигідна. У загальмованій конформації замісники найбільш віддалені одне від одного ($\gamma = 180^\circ$), потенційна енергія їхньої взаємодії мала, це ознака, що енергетично це найвигідніша конформація. Однак різниця енергій конформаційних станів молекул мала, тому перехід від однієї конформації до іншої здійснюється легко і виділити їх як стійкі ізомери не можна.

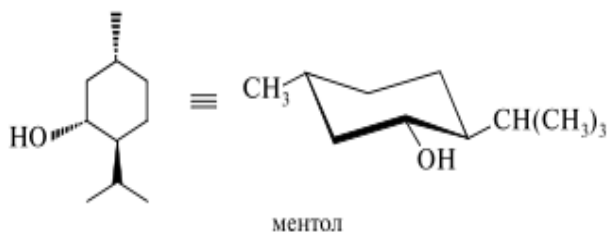
Взаємне розташування замісників (у коламіні групи $-OH$ та $-NH_2$) характеризується кутом повороту (γ) відносно одне одного. Залежно від цього кута виникають різні конформації. Їх може бути незліченна множина. Розглянемо деякі з них.



Для сполук, що містять малі замкнуті цикли (циклопропан, циклобутан), утворені sp^3 -гібридизованими атомами карбону, харак-

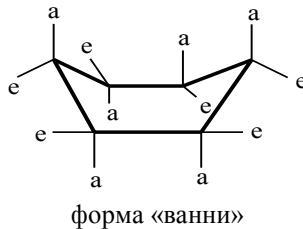
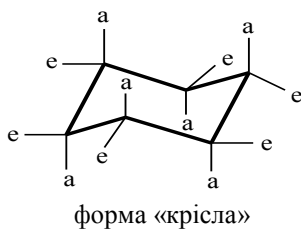
терне утворення так званих «бананових зв'язків», механізм утворення яких схожий з утворенням п-зв'язку. Тому, як ми переконуємося пізніше, для них більш характерні реакції приєднання, а не заміщення, що настають з розривом циклу.

Шестицильні цикли, які найбільш часто зустрічаються в структурах біологічно активних речовин, існують в конформації «крісла», яка позбавлена кутових напружень. Так, наприклад, до складу препарату «Валідол», що застосовується як судинорозширювальний засіб, входить ментол, який є 5-метил-2-ізопропілциклогексанолом-1.



У циклогексановому кільці ментолу всі шість карбонових атомів знаходяться в sp^3 -гібридизованому стані, а отже, їхні хімічні зв'язки не лежать в одній площині. Якби циклогексанове кільце існувало в плоскій формі, то кут між зв'язками був би 120° , тобто в плоскій молекулі виникло б кутове напруження. Крім того, у плоскому циклі всі замісники знаходилися б в невідгідній закритій конформації, що, своєю чергою, спричиняє торсіонну напругу.

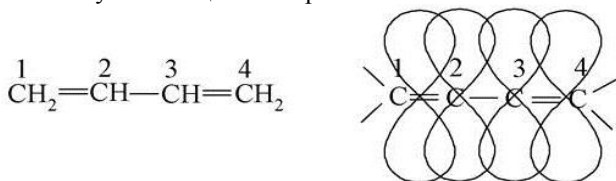
Таким чином, через наявність двох видів напруги циклогексанове кільце має бути неміцним, що не підтверджується практикою. Насправді циклогексанове кільце має розташовуватися у просторі, утворюючи різні конформації – «крісло», «ванна» («човен»). Найбільш вигідною є конформація «крісла», тому що в ній відсутнє кутове напруження.



Кожен карбоновий атом має два типи зв'язку: аксіальні (а) – спрямовані паралельно осі симетрії та екваторіальні (е) – спрямовані від кільця і периферії під кутом $109^{\circ}28'$ до осі симетрії. Для графічного зображення цих зв'язків користуються такими прийомами: аксіальні зв'язки розташовують поперечно вгору і вниз паралельно осі, а екваторіальні – у бік від кільця паралельно через один. Екваторіальні зв'язки більш енергетично вигідні.

Наявність кратного зв'язку в молекулах, які містять sp^2 -гібридизований атом карбону, виключає можливість вільного обертання навколо зв'язку і тому в цьому випадку має місце *цис-транс-ізомерія*. Цей вид ізомерії відомий студентам зі шкільного курсу органічної хімії.

Особливий інтерес і значення мають спряжені системи – це молекули з подвійними і простими зв'язками, що чергуються. Парні системи поділяються на системи з відкритим ланцюгом спряження й системи із замкнутим ланцюгом спряження.

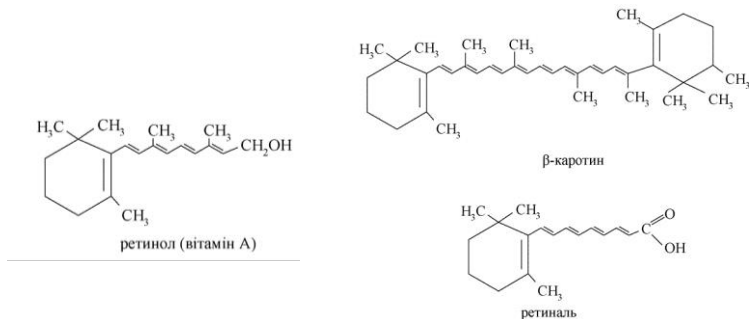


Найпростішою аліфатичною системою з відкритим ланцюгом спряжених систем є 1,3-бутадієн.

Негібридизовані p -орбіталі перекриваються не тільки між 1 і 2, 3 і 4 атомами карбону, а й між 2 і 3, утворюючи загальну систему. Унаслідок цього відбувається спряження двох локалізованих подвійних зв'язків з утворенням делокалізованої чотирицентрової молекулярної орбіталі. Цей вид спряження називають π,π -спряженням, оскільки в сполучення вступили орбіталі π -зв'язків.

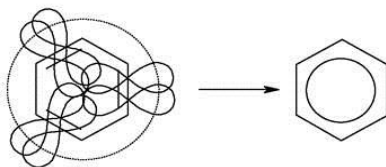
Іншим видом сполучення є p, π -спряження, за якого в спряження з орбіталами π -зв'язку вступає p -орбіталь гетероатомів O, N, S та ін., що мають неподілену пару електронів.

Спряження – енергетично вигідний процес, оскільки в результаті делокалізації виділяється енергія, яку називають енергією спряження, що призводить до стабілізації молекули. Необхідно звернути увагу на той факт, що зі збільшенням довжини спряженого ланцюга зростає делокалізація π -електронів, збільшується енергія спряження й термодинамічна стабільність сполуки. Цей факт можна розглядати на прикладі ретинолу, β -каротину та ретиналю, структурні формули яких мають вигляд:



Термодинамічна стійкість розглянутих сполук пояснюється π, π -спряженням кратних зв'язків і зростає в ряду ретинол \rightarrow ретиналь \rightarrow β -каротин.

Системи із замкнутим ланцюгом спряження за рахунок кругової делокалізації π -електронів мають вищу термодинамічну стійкість, ніж спряжені з відкритим ланцюгом. Такі системи називають ароматичними. Сполука має ароматичність, якщо вона має плаский замкнутий цикл і єдину π -електронну систему, що охоплюють усі атоми циклу і містять $4n + 2$ π -електронів (правило Хюккеля), де n – ряд цілих чисел 1, 2, 3 і т. ін.

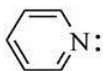


бензен

Найпростішими представниками класу ароматичних вуглеводнів (карбогідрогенів) (аренів) є бензен.

Бензен характеризується високою термодинамічною стійкістю.

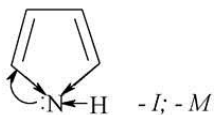
Поняття ароматичності можна застосувати і для сполук з конденсованими бензеновими кільцями (нафтен, антрацен, фенантрен). Заміна в бензені $-\text{CH}=\text{}$ на $-\text{N}=\text{}$ призводить до виникнення гетероциклічної системи – молекули піридину.



піридин

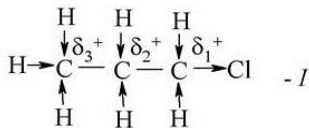
Використовуючи критерії ароматичності переконаємося, що піридин – ароматична сполука. Необхідно підкреслити, що орбіталь з вільною неподіленою парою електронів визначає властивості піридину як основи. Такий електронний стан атома нітрогену прийнято називати піридиновий. Він характерний для гетероциклічних сполук, що мають фрагмент $-\text{N}=\text{}$ (піридин, імідазол, піримідин, пурин).

Піридиновий азот зміщує до себе єдину π -електронну хмару, загалом знижуючи електронну густину ароматичного кільця. Тому системи з піридиновим нітрогеном називають π -недостатніми. У процесі заміни в бензені фрагмента $-\text{CH}=\text{CH}-$ на $>\text{N}-\text{H}$ виникає п'ятичленний гетероцикл пірол.



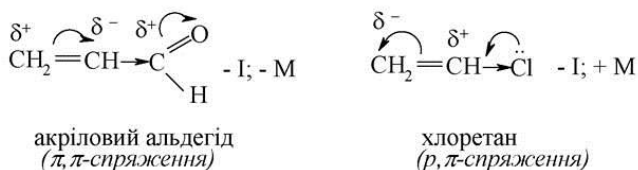
Шестиелектронна π -хмара належить п'ятицентровій системі, тому пірол є π -надлишковою або суперароматичною системою. Наявність такої системи істотно впливає на реакційну здатність піролу. У природних сполуках ароматичний пірольний цикл зустрічається в різних багатоядерних системах, з яких важливе значення має порфіринове ядро (гемоглобін, хлорофіл).

Реакційна здатність і механізм хімічної реакції багато в чому визначає перерозподіл електронної щільності в молекулі. Взаємний вплив атомів в органічних молекулах передається двома шляхами: індуктивним і мезомерним. Зв'язок між атомами з різною електронегативністю поляризований. Ця поляризація поширюється ланцюгом σ -зв'язків з поступовим загасанням і спричиняє появу часткових зарядів, які позначаються δ . Такий електронний зсув отримав назву індуктивного (I).



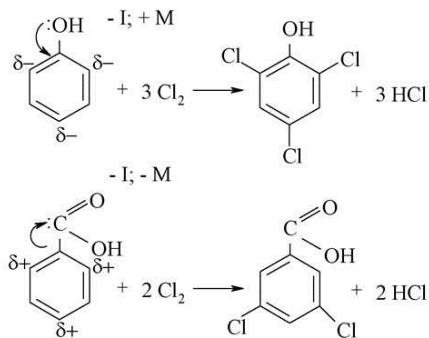
Замісник, що притягує до себе пару електронів зв'язку, має негативний індуктивний ефект ($-I$). Тільки алкільні радикали мають позитивний індуктивний ефект ($+I$), причому $+I$ ефект зростає зі збільшенням довжини радикала. Таким чином, індуктивний ефект – це перерозподіл електронної густини уздовж σ -зв'язків залежно від електронегативності атомів, що утворюють ці зв'язки.

Для прояву мезомерного ефекту потрібні певні умови. Мезомерний ефект називають ефектом спряження. Це говорить про те, що передача взаємовпливу буде пов'язана з наявністю спряженої системи, таким чином, вплив замісника, що передається системою спряжених зв'язків з перерозподілом електронної густини, називається мезомерним ефектом (M -ефект). Замісники, які відтягують електронну густину з спряженої системи, проявляють негативний мезомерний ефект ($-M$) (електронно-акцепторні замісники). У нашому випадку альдегідна група проявляє $-M$ -ефект.



Під час p, π -спряження, замісник подає p -електрони у спряжену систему, унаслідок чого на ньому виникає частковий позитивний заряд. Тому замісник, який віддає свою електронну пару в загальне спряження, проявляє позитивний мезомерний ефект ($+M$). У нашому випадку хлор проявляє $+M$ ефект (електроннодонорний замісник). На відміну від індуктивного, мезомерний ефект передається через всю систему спряжених π -зв'язків без загасання і надає більший вплив на властивості молекул.

Будь-який замісник у бензеновому кільці порушує вирівняність електронної густини, яка властива бензену. Залежно від характеру замісника (електроннодонорний або електроноакцепторний) електронна густина у кільці підвищується або знижується, головним чином в орто-і пара-положеннях. Відбуваються електронні зміни і в заміснику.



Таким чином, перерозподіл електронної густини в молекулі є основою якісного прогнозування реакційної здатності взагалі та дає уявлення про механізм процесу.

II. Практична частина

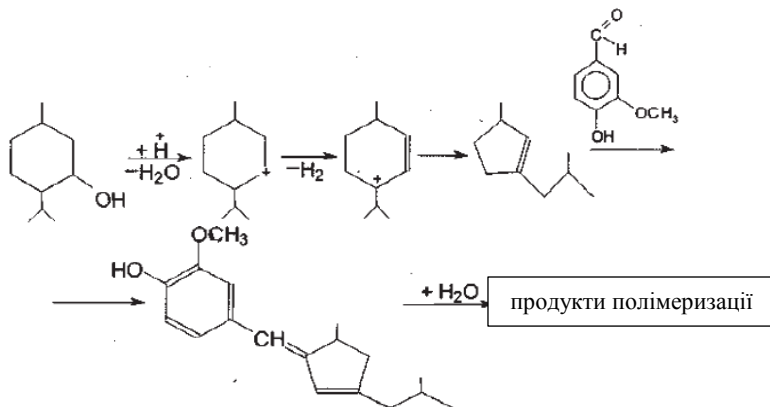
Алгоритм лабораторної роботи

Якісна реакція терпенових спиртів

Принцип методу. Терпени – природні сполуки, молекули яких побудовані з ізопренових фрагментів. До терпенів належать як вуглеводні, так і їх функціональні похідні (терпеноїди) – терпенові спирти, альдегіди, кетони. Терпени є складовою частиною ефірних олій рослинного походження (трояндова, цитринова, м'ятна, лимонна, гвоздична тощо). Мають широке застосування в фармацевтичній практиці. Терпени поділяються на ациклічні, моноциклічні, біциклічні, трициклічні тощо. До основних моноциклічних терпенів належать похідні повністю або частково гідрованого *n*-цимолу: ментан, лімонен, ментол тощо.

Прилади та реактиви: штатив з пробірками, піпетки, дистильована вода, насичені розчини ментолу, ваніліну і сульфатної кислоти.

Порядок роботи. До 0,5 мл насиченого розчину ментолу додають 0,5 мл розчину ваніліну та краплями сульфатну кислоту. Якщо додавання води є надлишковим утворене жовте забарвлення змінюється на червоне.



Виконання індивідуального завдання за наданим варіантом
Варіант № 0

Завдання № 1

1. Укажіть вид та знак електронних ефектів атома хлору в молекулі хлоропропену (2-хлорбутадієн-1,3):

- а) $-I, +M$;
- б) $+I$;
- в) $-M$;
- г) $+M$.

2. Яка конформація є найбільш вигідною для циклогексану?

- а) «Човен»;
- б) Плаский шестичленний цикл;
- в) «Крісло»;
- г) Загальмована.

3. Укажіть вид та знак електронних ефектів функціональних груп у молекулі 4-гідроксибутанової кислоти, яка виникає у процесі метаболізму амінокислот:

- а) $\text{COOH} (-I) -\text{OH} (+I)$;
- б) $\text{COOH} (-M, -I)$;
- в) $\text{OH} (+I) \text{COOH} (-I)$;
- г) $\text{COOH} (-I) -\text{OH} (-I)$.

Завдання № 2

1. Конформації – це:

- а) структурні ізомери;
- б) цис-транс-ізомери;
- в) поворотні ізомери;
- г) гомологи.

2. Енергія спряження – це:

- а) енергія, яка поглинається під час утворення спряження;
- б) енергія, необхідна для руйнування спряження;
- в) енергія, яка виділяється при делокалізації електронів;
- г) загальна енергія спряженої системи.

3. У якому порядку зростає позитивний індуктивний ефект радикалів?

- а) $-\text{C}_3\text{H}_7 > -\text{C}_2\text{H}_5 > -\text{CH}_3$;
- б) $-\text{C}_3\text{H}_7 < -\text{C}_2\text{H}_5 < -\text{CH}_3$;
- в) $(-\text{CH}_3) = (-\text{C}_2\text{H}_5) = (-\text{C}_3\text{H}_7)$;
- г) Не змінюється.

Завдання № 3

1. Який ефект проявляє метильна група в толуолі (метилбензені)?

- а) $+I$;
- б) $-I$;
- в) $+M$;
- г) $-M$.

2. Наявність у молекулі спряженої системи обумовлює її статус:
- а) Термодинамічну нестійкість.
 - б) Термодинамічну стабільність.
 - в) Не впливає.
 - г) Немає відповіді.
3. На одній зі стадій циклу Кребса утворюється янтарна кислота. Яка її конформація є найбільш вигідною та як вона називається?
- а) скошена;
 - б) заслонена;
 - в) загальмована та скошена;
 - г) загальмована.

Практичне заняття № 5

Тема: Встановлення будови органічних сполук. Класифікація органічних реакцій та реагентів

Навчальна мета: надбання знань про класифікацію органічних реакцій та реагентів; методи аналізу органічних сполук, уміння застосовувати сучасні методи досліджень для встановлення будови органічної сполуки.

Знати: основи методів якісного і кількісного аналізу органічних сполук (елементні та функціональні групи), розділення сумішей органічних сполук, якісного та кількісного хроматографічного аналізу, спектральних методів дослідження для встановлення будови органічних сполук (УФ-, ІЧ-, ЯМР-спектроскопія, мас-спектрометрія).

Уміти: виконувати якісний і кількісний аналіз органічних сполук (елементні та функціональні групи).

I. Короткі теоретичні відомості

Встановлення будови органічних сполук.

Сьогодні інструментальні, передусім, спектральні методи дослідження органічних сполук (УФ-, ІЧ-, ЯМР-спектроскопія, мас-спектрометрія) та хімічні методи взаємно доповнюють одне одних. Фармацевту необхідно знати можливості і галузі застосування сучасних методів дослідження незалежно від того, де він працює – в аптеці, дослідницькій чи лабораторії фармацевтичного виробництва.

Хімічні методи аналізу можна розподілити на п'ять груп: визначення фізико-хімічних констант речовини; якісний елементний аналіз; якісний функціональний аналіз; кількісний елементний аналіз та кількісний функціональний аналіз. Принципова відмінність органічного аналізу від неорганічного полягає в тому, що неорганічний аналіз побудований на реакціях між йонами, що відбуваються з великою швидкістю і йдуть як правило до завершення, тоді як органічний аналіз часто використовує реакції між недисоційованими молекулами, що відбуваються з невеликою швидкістю і часто не доходять до кінця.

Етапи вивчення будови нової органічної речовини:

- попередні проби;
- визначення фізико-хімічних констант;
- елементний склад сполуки (якісний і кількісний);
- визначення функціональних груп (якісне і кількісне) хімічними і спектральними методами;
- одержання та дослідження похідних;

- визначення характеру вуглецевого каркасу молекули;
- зустрічний синтез.

Інколи для встановлення будови чи для ідентифікації речовини досить пройти лише два чи три з цих етапів.

Попередні проби. Деякі відомості про речовину можна одержати з її зовнішнього вигляду. Насамперед це стосується кристалічної форми, кольору твердих речовин і в'язкості рідин. Щоправда для органічних речовин характерне явище ізоморфізму, коли різні речовини мають однакову чи схожу форму кристалів, а також поліморфізму, коли одна речовина може утворювати кристали різної форми, наприклад, у ході кристалізації з різних розчинників.

На відміну від неорганічних органічні сполуки часто мають характерний запах. Деякі характерні запахи та типи сполук, що їм відповідають, наведені в таблиці.

Запах	Сполуки
Ефірний	Етилацетат, етанол, ацетон, амілацетат
Мигдалю	Нітробензол, бензальдегід, бензонітрил
Камфорний	Камфора, тимол, евгенол, адамантан
Квітковий	Метилантранілат, терпинолен
Метилантранілат, терпинолен	4-гідрокси-3-алкокси-бензальдегіди
Часнику	Диметилсульфід
Нудотний	Індол, скатол

Запах рідин посилюється під час нагрівання, а запах твердих речовин стає інтенсивнішим у випадку подрібнення і розтирання.

Визначення фізико-хімічних констант.

Ідентифікацію органічної речовини, як правило, починають з визначення фізичних констант. Фізичними константами називаються числові значення фізичних властивостей сполуки (температура плавлення, кипіння, показник заломлення світла, розчинність у різних розчинниках, кут обертання площини поляризації світла, діелектрична проникність, в'язкість тощо). Визначення фізичних констант і співставлення їх з літературними відомостями застосовують у процесі ідентифікації речовини, а також для визначення чистоти речовини.

Елементний склад сполуки (якісний і кількісний) (див. лабораторну роботу до практичного заняття № 1).

Визначення функціональних груп (якісне і кількісне) хімічними і спектральними методами, зокрема методами фотометричного аналізу.

Фотометричний аналіз – група методів аналізу, що базуються на вимірюванні пропускання, поглинання або розсіювання світла досліджуваною речовиною.

Для розбавлених розчинів ($c \leq 0,01 M$) у випадку монохроматичного випромінювання виконується закон Бугера – Ламберта – Бера, згідно з яким оптична густина прямо пропорційна концентрації речовини в розчині.

Ці методи поділяються на декілька груп: фотоколориметрія – на вимірюванні поглинання немонохроматичного світла, яке проходить крізь розчин за допомогою приладів, які називають фотоелектроколориметрами (немонохроматичне випромінювання з вузьким діапазоном довжини хвиль одержують за допомогою світлофільтрів); спектрофотометрія – аналіз за вибірковим поглинанням розчинами монохроматичного випромінювання в УФ-, видимій та ІЧ-ділянках спектра з використанням спектрофотометрів тощо.

До фотометричного аналізу відносяться сучасні атомно-абсорбційний аналіз, фотометрія полум'я і спектроскопія відбиття. Оптичні методи аналізу нерозривно пов'язані з використанням сучасних приладів різної складності, що підвищує вартість аналізу, але дає деякі переваги порівняно з класичними хімічними методами: експресність, нерушійність зразків, простоту методик, використання невеликої кількості речовини для аналізу, можливість аналізувати сполуки будь-якої природи, проведення експрес-аналізу багатокомпонентних сумішей.

Класифікація органічних реакцій та реагентів.

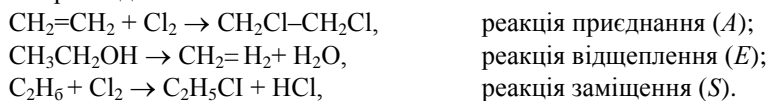
Складовими компонентами реакції є субстрат, реагент та продукт(ти):

Реагентом називається один з компонентів реакції, який під час взаємодії з рядом сполук, що мають подібні властивості, утворює подібні продукти реакції. Як правило, реагент є простішою сполукою яка додається у надлишку. Другий компонент реакції називається *субстратом*, тоді *продуктом(тами)* є нова речовина(ини), що утворюється.

Реакції в органічній хімії класифікують з трьох позицій – за напрямом, за характером реагуючих частин і класифікація за елементарною стадією, яка визначає швидкість процесу.

За напрямом реакції розрізняють реакції *приєднання* (позначається літерою *A* від англ. *Addition*), реакції *відщеплення* (*E*, *Elimintion*), і реакції *заміщення* (*S*, *Substitution*).

Наприклад:

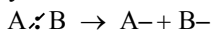


Звичайно класифікація за цією ознакою не викликає труднощів.

Отже, у першій та третій реакціях хлор (Cl_2) – реагент, а етилен і етан – субстрати. У другій етанол є субстратом, що підлягає розпаду.

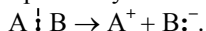
За *реагуючими частинами* розрізняють *гомолітичні* і *гетеролітичні* реакції.

Розрив ковалентних зв'язків може йти двома шляхами. У процесі *гомолітичного* (радикального) розриву загальна електронна пара роз'єднується порівну і утворюються радикали. *Радикалом* називається нейтральна частина, яка має неспарений електрон. Схема радикального розриву наступна:



Радикальному розриву піддаються малополярні або неполярні зв'язки ($\text{C} - \text{C}$, $\text{C} - \text{H}$) під дією радикального реагенту, за високої температури та інтенсивного опромінювання.

Гетеролітичний розрив зв'язків, коли спільна електронна пара залишається в одному з атомів, призводить до утворення заряджених частинок – карбокатиону і карбаніону:



Гомолітичні (радикальні) реакції проходять за участі радикалів. Вони позначаються літерою *R*. Найчастіше радикали – це нестійкі частини і можуть існувати недовгочасно. Під час *гомолітичного* (радикального) механізму реакції реагент, яким є радикал, атакує молекулу субстрату з утворенням продукту та нового радикалу:

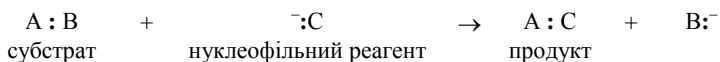


Гетеролітичні, або іонні реакції залежно від діючого реагента можуть бути нуклеофільними (*N*) або електрофільними (*E*).

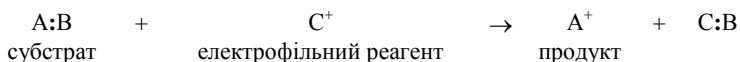
Нуклеофільними називаються реагенти, які мають надлишок електронної густини. До них відносяться аніони (F^- , Cl^- , Br^- , I^- , OH^- , CN^-), сполуки з неподіленими електронними парами (NH_3 , H_2O , ROH) тощо.

Електрофільними називаються реагенти, які мають дефіцит електронної густини. До них відносяться, наприклад, H^+ , BF_3 , AlCl_3 , $-\text{NO}_2^+$, $\text{RHC}=\text{O}$, $\text{R}_1\text{R}_2\text{C}=\text{O}$, Vg , Cl та ін.

У випадку *нуклеофільних* реакцій реагент надає свою електронну пару для утворення нового зв'язку:



У випадку *електрофільних* реакцій для утворення нового зв'язку використовується електронна пара, яка належить субстрату:



II. Практична частина

Алгоритм лабораторної роботи

Вивчення температури кипіння органічних речовин

Мета роботи: навчитися експериментально дистилювати рідини, визначати їх температури кипіння та пояснювати їх значення з точки зору міжмолекулярної взаємодії.

Прилади та реактиви: обладнання для дистиляції, термометр, спиртівка або колбонагрівач з закритою спіраллю, реактиви (пропаном-2, етанол тощо).

Порядок роботи. Обладнання для дистиляції під атмосферним тиском складається з колби (1), термометра (2), холодильника (3), насадки Вюрца (4) та приймача (5).

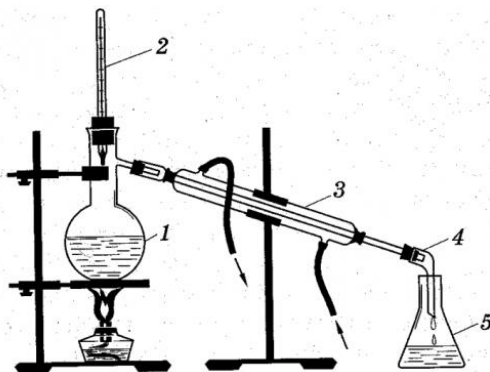


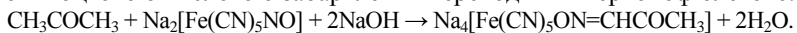
Рис. 1. Прилад для дистиляції за атмосферного тиску

Для забезпечення рівномірності кипіння у колбу додають невелику кількість кипілок. У колбу місткістю 250 мл налейте через лійку 50 мл досліджуваної рідини, засипте кипілки, вставте на місце термометр та ввімкніть колбонагрівач. Через деякий час починається кипіння рідини. Сконденсована у холодильнику пара поступово краплями переходить у приймач.

За показаннями термометра визначте температуру кипіння речовини. Порівняйте експериментально визначені температури кипіння досліджуваних рідин з температурами кипіння зазначеними в довіднику.

Алгоритм лабораторної роботи Спектрофотометричне визначення ацетону з нітропрусидом натрію

Принцип методу. Ацетон з нітропрусидом натрію в лужному середовищі дає інтенсивно-червоне забарвлення розчину. При підкисленні оцтовою кислотою забарвлення переходить в червонофіолетове:



З нітропрусидом натрію забарвлені сполуки утворюють речовини, що містять енолізуючі СО-групи. Кетони, в молекулах яких відсутні метильні або метиленові групи, пов'язані з СО-групами, не дають цієї реакції.

Прилади та реактиви: штатив з пробірками, спектрофотометр КФК-3М з набором кювет; піпетки; мірні колби об'ємом 25 і 100 мл, 15 % розчин нітропрусиду натрію; амоніачний буферний розчин з рН 10; розчини ацетону:

а) основний розчин ацетону готують у мірній колбі об'ємом 100 мл шляхом розведення 33 мл товарного ацетону дистильованою водою, концентрація ацетону в одержаному розчині становить 250 мг/мл.

б) робочий розчин ацетону готують у мірній колбі об'ємом 100 мл шляхом розведення 5 мл основного розчину ацетону дистильованою водою. Концентрація ацетону в одержаному розчині становить 12,5 мг/мл.

Порядок роботи. У мірну колбу об'ємом 25 мл з розчином ацетону невідомої концентрації додають 6 мл амоніачного буферного розчину і 1,0 мл нітропрусиду натрію (15 % розчин). Доводять дистильованою водою до мітки, перемішують і залишають на 10–15 хв. (строго стежать за часом). Потім вимірюють оптичну густину при довжині хвилі 590 нм в кюветі з товщиною оптичного шару 3 см, відносно дистильованої води, що пройшла весь хід аналізу. Концентрацію ацетону знаходять за градувальним графіком.

Побудова градувального графіка. У ряд мірних колб об'ємом 25 мл вносять 0 – 3,0 – 5,0 – 7,0 – 10,0 – 15,0 мл робочого розчину ацетону (12,5 мг/мл) та проводять приготування розчинів як зазначено вище. Будують градувальний графік в координатах оптична густина – концентрація ацетону, мг/мл.

III. Розв'язання завдань з теми

«Класифікація органічних реакцій та реагентів»

1. Чи правильно названі сполуки: 2-етилгептан; 2-метил-4-етилгексан; 2,4,6-триметил-3,5-диетилгептан; 2,4,4-триметилпентан, 2,5,6,6-тетраметил-5-етилгептан. Напишіть формули, виправте назву, якщо вона не правильна.

2. Серед перерахованих сполук зазначити сполуки з ковалентним зв'язком та йонним: H_2O ; HF ; NaF ; $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$; KI ; CH_4 , HBr , NH_3 , $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$, $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{Cl}$.

3. Порівняйте характер взаємодії Br_2 зі сполуками: 2,4-диметилпентен-2, 2,4-диметилпентан. Вкажіть за якими механізмами проходять ці реакції.

4. Установити послідовність застосування реагентів для здійснення перетворень:



- | | |
|------------------------------------|---------|
| а) Na ; | 1) - ?; |
| б) Cl_2 , $h\nu$; | 2) - ?; |
| в) O_2 ; | 3) - ?; |
| г) NaOH , t° ; | 4) - ?; |
| д) Al , t° , p . | 5) - ?. |

Тестові завдання.

Завдання 1. До якого типу реакцій належить реакція приєднання атомів Гідрогену до молекули речовини:

- а) дегідратації;
- б) гідрування;
- в) дегідрування;
- г) гідролізу;
- д) гідратації.

Завдання 2. До якого типу реакцій належить реакція горіння метану?

- а) ендотермічних;
- б) екзотермічних;
- в) каталітичних;
- г) ланцюгових;
- д) гетерогенних.

Завдання 3. Який тип реакцій характерний для ненасичених вуглеводнів?

- а) заміщення;
- б) приєднання;
- в) обміну;
- г) розкладу;
- д) дегідратації.

Завдання 4. До якого типу реакцій належить реакція гідрування алкінів?

- а) заміщення;
- б) приєднання;
- в) обміну;
- г) розкладу;

д) дегідратації.

Завдання 5. До якого типу реакцій належить реакція полімеризації?

- а) заміщення;
- б) приєднання;
- в) обміну;
- г) розкладу;
- д) дегідрування.

IV. Питання для самопідготовки

1. Перелічіть етапи вивчення будови нової органічної речовини. У чому вони полягають?

2. Що таке фотометричний аналіз? На чому він базується? Охарактеризуйте різновиди цього виду аналізу органічних речовин.

3. Що є складовими компонентами реакції? Охарактеризуйте їх. Наведіть приклади.

4. У чому полягає сутність класифікації органічних реакцій за напрямом перебігу процесу? Наведіть приклади.

5. У чому полягає сутність класифікації органічних реакцій за характером реагуючих частинок? Наведіть приклади.

6. У чому різниця між гемолітичним і гетеролітичним типом реакції. Що таке нуклеофільний та електрофільний реагенти? Наведіть приклади.

Практичне заняття № 6

Тема: Насичені вуглеводні

(алкани, циклоалкани)

Навчальна мета: вивчення гомологічних рядів алканів та циклоалканів, типів ізомерії, характерних для них; отримання поняття про валентний стан атома Карбону (sp^3 -гібридизація) і просторову будову алканів; σ -зв'язок; фізичні властивості та хімічні властивості алканів; механізм реакції вільнорадикального заміщення S_R ; просторову будову циклоалканів; спільні й відмінні властивості в реакційній здатності циклоалканів; застосування насичених вуглеводнів у медицині, фармації.

Знати: електронну будову алканів, циклоалканів; класифікацію циклоалканів за розміром та кількістю циклів; характеристику гомологічного ряду насичених вуглеводнів; ізомерію та номенклатуру алканів, циклоалканів; фізичні і хімічні властивості насичених вуглеводнів; механізм реакції вільнорадикального заміщення – S_R ; окремі предстванники, застосування.

Уміти: писати формули ізомерів і називати їх за номенклатурою ІЮПАК; пояснювати властивості насичених вуглеводнів, зважаючи на будову; писати формули вуглеводнів за їхньою назвою; писати рівняння реакцій, що підтверджують хімічні властивості алканів, циклоалканів; ідентифікувати насичені вуглеводні.

I. Короткі теоретичні відомості

Вуглеводні – органічні сполуки, до складу яких входять атоми тільки двох елементів – Карбону та Гідрогену. Ациклічні (аліфатичні) вуглеводні мають незамкнений карбоновий ланцюг. За мірою насиченості їх Гідрогеном поділяють на:

- алкани (насичені сполуки, що містять у своєму складі тільки одинарні C–C-зв'язки);
- алкени (ненасичені сполуки, що містять у своєму складі подвійний C=C-зв'язок);
- алкадієни (ненасичені сполуки, що містять у своєму складі два подвійні C=C-зв'язки);
- алкіни (ненасичені сполуки, що містять у своєму складі потрійний C≡C-зв'язок).

Алкани (насичені, парафіни) є вуглеводнями ациклічного ряду, в молекулах яких атоми Карбону зв'язані між собою тільки σ -зв'язками.

У молекулах алканів атоми Карбону знаходяться в стані sp^3 -гібридизації і кожен з них утворює чотири σ -зв'язки як з атомами Карбону, так і Гідрогену. Стан sp^3 -гібридизації характеризується тетраедричною конфігурацією карбонового атома. Тобто, чотири σ -зв'язки від центра кожного атома Карбону напрямлені до вершин тетраедра, валентний кут між зв'язками становить $109^\circ 28'$.

Алкани утворюють гомологічний ряд. *Гомологічний ряд* – це ряд сполук, представники якого мають однаковий склад, подібні за будовою і властивостями, кожен наступний в ряду відрізняється від попереднього на одну (або кілька) *гомологічну різницю*.

Гомологічна різниця – група атомів $-CH_2-$, на яку кожен наступний вуглеводень у гомологічному ряду відрізняється від попереднього.

Найпростіший представник алканів – метан CH_4 . Далі йде C_2H_6 – етан, C_3H_8 – пропан, C_4H_{10} – бутан, C_5H_{12} – пентан тощо (табл. 2 додатку). Загальна формула ряду C_nH_{2n+2} .

Номенклатура алканів. Для утворення назв розгалужених алканів найчастіше використовують міжнародну систематичну номенклатуру IUPAC.

Схема побудови назви алкану має вигляд:

Назва	=	Префікс	+	Корінь	+	Суфікс
		Локант + Множний + Префікс додаток <i>Для кожного різновиду вуглеводневого радикалу, що перелічуються за абеткою.</i>		+ Родонаціальна структура		Множний + Локант* + Суфікс додаток -ан

Побудова назви алкану розгалуженої будови:

- вибір головного карбонового ланцюга;
- нумерація ланцюга (присвоєння порядкових номерів атомам ланцюга від першого до останнього);
- визначення бічних відгалужень та їх локантів (тобто номерів карбонових атомів, з яких починаються відгалуження).

Правила вибору головного ланцюга та його нумерації:

- головний ланцюг має бути найдовшим серед усіх можливих у цій структурі;
- головний ланцюг повинен мати якнайбільше найпростіших відгалужень (вуглеводневих радикалів);

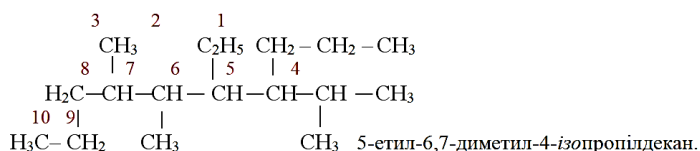
– нумерацію головного ланцюга визначають у такій послідовності:
 (а) замісники мають отримати найменші локанти; (б) порядок нумерації визначається алфавітним порядком замісників.

Правила побудови назви розгалуженого алкану:

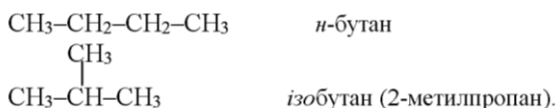
– головний ланцюг отримує назву нормального алкану з тим самим числом С-атомів;

– вуглеводневі радикали перелічуються *перед* назвою головного ланцюга в *алфавітному порядку* з відповідними локантами і, якщо треба, множини (ди-, три-, тетра- тощо) додатками;

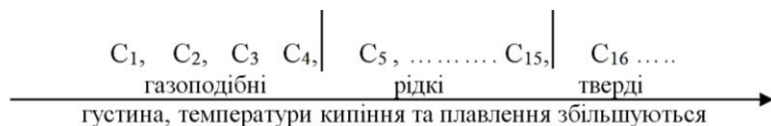
– при визначенні алфавітного порядку позначень вуглеводневі радикали множинні додатки не враховуються, наприклад,



Ізомерія насичених вуглеводнів зумовлена найпоширенішим, і водночас, найпростішим видом структурної ізомерії – *ізомерією карбонового скелета*. Вона можлива, починаючи з бутану, котрий має два структурних ізомери:



Фізичні властивості. У ряді алканів поступово підвищуються температури кипіння, плавлення, а також відносна густина.



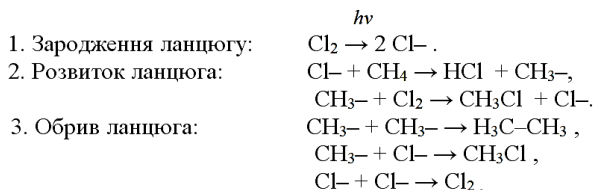
Хімічні властивості алканів. За кімнатної температури алкани виявляють низьку реакційну здатність. Вони не взаємодіють з кислотами, лугами, окисниками, активними металами.

Для насичених вуглеводнів можливий лише *гомолітичний, радикальний* розрив зв'язків, при цьому відбувається заміщення атомів Гідрогену, розщеплення карбонового скелета (крекінг), окиснювання часткове чи повне (згоряння). Усе це визначає коло реакцій, до яких

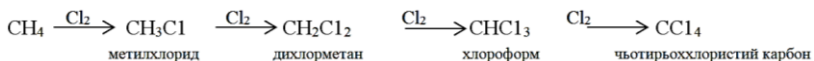
здатні алкани; це в насамперед радикальні реакції заміщення, що відбуваються у досить жорстких умовах (дія світла, високої температури та ін.). До реакцій приєднання алкани не здатні.

Галогенування – важлива реакція алканів, яка перебігає уздовж радикального ланцюгового механізму. Як галогенуючі агенти можна застосовувати тільки хлор і бром (300 С).

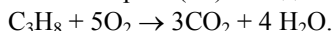
Механізм реакції галогенування:



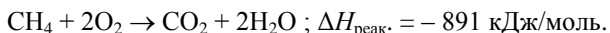
Радикальному заміщенню на хлор послідовно можуть піддаватися всі атоми Гідрогену в метані.



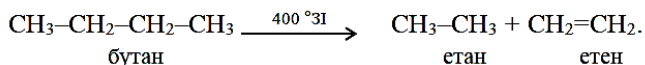
Окиснення. Алкани за звичайної температури стійкі до дії кисню повітря і звичайних окиснювачів. Під час підпалювання на повітрі згоряють, перетворюючись в карбон(IV) оксид і воду:



Згоряння – одна з головних реакцій алканів, яка використовується на практиці: природний газ, нафта – найважливіші джерела тепла і енергії.



Крекінг. Процес розщеплення молекул висококиплячих вуглеводнів на молекули більш простих називається *крекінгом* (від англ. *crack* – розщеплення). При крекінгу алканів утворюються більш прості насичені і ненасичені вуглеводні, наприклад:



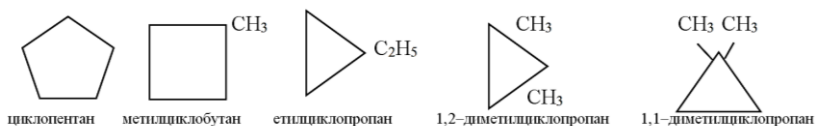
Циклоалкани. Насичені аліциклічні вуглеводні називають *циклоалканами* (*циклопарафінами*). Характерною особливістю будови циклоалканів є наявність замкненої системи. *Загальна формула* – C_nH_{2n} . Перший представник ряду – *циклопропан* C_3H_6 .

Властивості циклоалканів залежать від кількості атомів Карбону в циклі. Розрізняють такі цикли: малі (3–4 атоми Карбону); звичайні (5–7 атомів Карбону); середні (8–11 атомів Карбону); макроцикли (12 і більше атомів Карбону).

Подібно до алканів у молекулі циклоалкану атом Карбону перебуває в стані sp^3 -гібридизації, однак завдяки особливостям будови (наявність замкненого циклу) вони утворюють жорсткі системи. Оди-нарні зв'язки, що утворюються в молекулах малих циклів, відрізняються від звичайних σ -зв'язків. Ці проміжні зв'язки між одинарними і подвійними дістали назву *бананових зв'язків*.

Назви циклоалканів утворюють шляхом додавання префікса «цикло» до назви відповідного алкана.

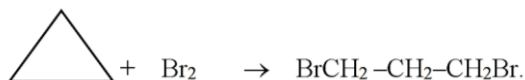
Структурна ізомерія циклоалканів може бути обумовлена *розміром циклу, розмірами і будовою бічних ланцюгів і їх положенням*. Це можна проілюструвати на прикладі п'яти ізомерів складу C_5H_{10} :



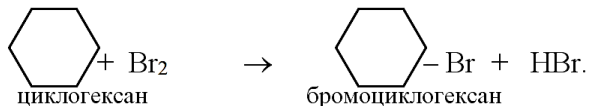
Просторова ізомерія заміщених циклів обумовлена різним просторовим розташуванням бічних ланцюгів щодо кільця

Хімічні властивості циклоалканів. Стійкість циклів. У процесі вивчення циклоалканів було встановлено, що їхні хімічні властивості залежать насамперед від розміру циклу. За хімічним характером малі цикли схильні до *реакцій приєднання*, у результаті яких відбувається розрив циклу й утворюються алкани і їхні похідні, чим вони нагадують ненасичені сполуки. Цикли з великим числом ланок більш схильні до *реакцій заміщення*, нагадуючи цим алкани.

Галогенування. Циклопропан і його похідні легко приєднують бром з розривом циклу, утворюючи 1,3-дибромпохідні алканів:

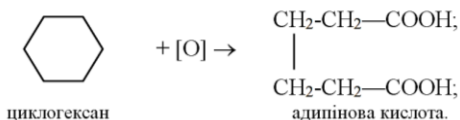


У циклопентані, циклогексані та вищих циклоалканах під час дії галогенів розрив кільця не відбувається, а йде реакція заміщення атомів водню на галоген:



Гідрогалогенування. Циклопропан і його алкілпохідні легко приєднують іодоводень з розмиканням циклу й утворенням алкілюдида. З циклобутаном ця реакція проходить важко, під час нагрівання. Циклопентан і вищі цикли не приєднують галогеноводнів.

Окиснювання. Циклопропан і його похідні повільно окиснюються за нормальної температури розчином перманганату калію у нейтральному чи лужному середовищах. У процесі дії більш сильних окиснювачів під час нагрівання окиснюються й інші циклоалкани. При цьому відбувається розрив циклу і утворення двоосновних кислот з тим же числом атомів Карбону:



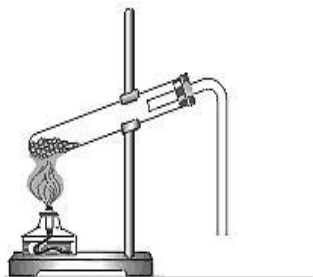
II. Практична частина

Алгоритм лабораторної роботи

Одержання та властивості насичених вуглеводнів на прикладі метану

Прилади та реактиви: пробірки, лабораторний штатив, газова відвідна трубка з корком, скляна паличка, кипілки, спиртівка, сірники, пробіркотримач, кварцова лампа, порцелянова пластинка, CH_3COONa (крист.), натронне вапно (суміш NaOH і CaO (1:1), 1 % розчин KMnO_4 , 1 % розчини бром у воді та тетрахлорометані.

Порядок роботи



Дослід 1. Добування метану.

У суху пробірку на висоту не більше 3 см засипте суміш безводного натрій ацетату CH_3COONa і прожареного натронного вапна у співвідношенні 1:2, закрийте корком з газовідвідною трубкою та закріпіть її на штативі.

Рівномірно прогрійте всю пробірку, а потім добре нагрійте ту частину, де перебуває основна суміш. Спочатку з пробірки витісняється повітря, а потім з газовідвідної трубки починає виділятися метан:



Дослід 2. Відношення метану до водного розчину калію перманганату.

Добутий метан через газовідвідну трубку протягом 1 хв. Пропускайте у пробірку, в яку заздалегідь налито 1–2 мл 1 %-го розчину KMnO_4 .

Чи змінюється фіолетове забарвлення розчину калій перманганату?

Розчин не змінює свого забарвлення, що свідчить про те, що метан за кімнатної температури не взаємодіє з водним розчином калій перманганату.

Дослід 3. Відношення метану до бромної води.

Газовідвідну трубку введіть у пробірку з бромною водою й пропускайте метан протягом 1 хв. Розчин не змінює свого забарвлення, що свідчить про те, що метан за кімнатної температури не взаємодіє з бромною водою.

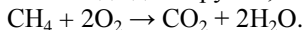
Добутий метан пропустіть у пробірку, в яку заздалегідь налито 2–3 мл 0,5–1 %-го розчину бром у тетрахлорометані, освітіть розчин кварцовою лампою:



Чи змінюється забарвлення розчину? Зробіть відповідні висновки. Зробіть висновок про активність алканів щодо цих реагентів.

Дослід 4. Горіння метану.

Газ, що виділяється з газовідвідної трубки, обережно підпаліть:



Метан горить блакитним світлим полум'ям. До полум'я піднесіть порцелянову пластинку. На ній не утворюється чорної плями.

Зробіть висновки щодо властивостей алканів.

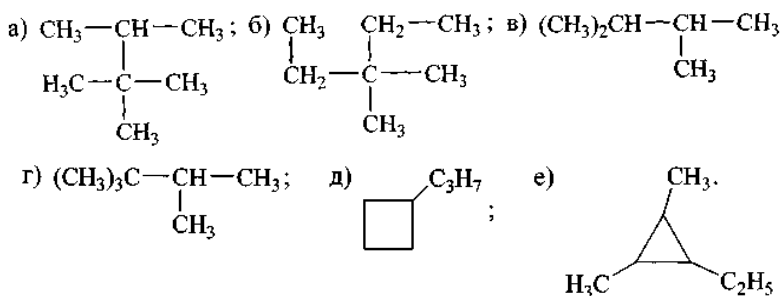
Розв'язання завдань з теми «Насичені вуглеводні».

1. Напишіть формули п'яти ізомерів для вуглеводнів складу C_7H_{16} ; назвіть їх за номенклатурою ІЮПАК.

2. Напишіть структурні формули таких вуглеводнів та їх похідних:

- а) 4-етил-3-метилоктан;
- б) 2, 2, 5-триметил-3-ізопропілгексан;
- в) 4-етил-1,2-диметилциклопентан;
- г) 3-етил-1,2-диметилциклогексан;
- д) 4-ізопропілгептан;
- е) 1,1-диметилциклопентан;
- є) 3-етил-4-ізопропілнонан;
- ж) 3,3,4-триметилгексан;
- з) 1,2-диетилциклопентан;
- і) 3,4-диетил-3,6,7-триметилнонан;
- к) 1-бромо-2,2,5-триметил-5,7-диізопропілдексан;
- л) 1-ізобутил-4-етил-2,2-диметилциклопентан.

3. Які з наведених формул зображують одну й ту саму речовину, але різняться лише способом написання, які є ізомерами (назвіть ці речовини):



III. Виконання індивідуального завдання за наданим варіантом

Варіант № 0

Тестові завдання.

Завдання 1. На які речовини розкладається метан під час нагрівання до 1000 °С?

- а) CO і H₂;
- б) C і H₂;
- в) CO₂ і H₂;
- г) C₂H₂ і H₂.

Завдання 2. Скільки третинних атомів Карбону в 4,4,6-триетил-2,3,5-триметилоктані:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Завдання 3. Який з насичених вуглеводнів за н. у. є газом?

- а) C_5H_{12} ;
- б) C_3H_8 ;
- в) C_6H_{14} ;
- г) $C_{10}H_{22}$.

Завдання 4. Яка з формул є формулою насиченого вуглеводню?

- а) $C_{17}H_{30}$;
- б) $C_{17}H_{32}$;
- в) $C_{17}H_{34}$;
- г) $C_{17}H_{36}$;
- д) $C_{17}H_{38}$.

Завдання 5. Назвіть продукт взаємодії йодоетану з металічним натрієм:

- а) етан;
- б) пропан;
- в) бутан;
- г) пентан;
- д) гексан.

Завдання 6. Вкажіть формулу продукту взаємодії циклобутану з хлором.

- а) C_4H_7Cl ;
- б) $C_4H_8Cl_2$;
- в) $C_4H_6Cl_2$;
- г) C_4Cl_8 .

Завдання 7. Які хімічні властивості характерні для циклобутану та циклопропану?

- а) заміщення;
- б) приєднання;
- в) і заміщення і приєднання;
- г) гідрування та дегідрування;
- д) всі наведені відповіді правильні.

Завдання на відповідність.

Завдання 1. Встановіть відповідність між рівнянням реакції та назвою реакції

- | | |
|--|---------------------------|
| 1. $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$; | а) реакція Вюрца; |
| 2. $CH_3Br + KOH \rightarrow CH_3OH + KBr$; | б) реакція Коновалова; |
| 3. $CH_4 + HONO_2 \rightarrow CH_3NO_2 + H_2O$; | в) реакція гідролізу; |
| 4. $2C_2H_5Br + 2Na \rightarrow C_4H_{10} + 2NaBr$; | г) реакція гідрування; |
| | д) реакція галогенування. |

Завдання 2. Встановіть відповідність між речовинами та їхнім агрегатним станом за звичайних умов

- | | |
|-------------|----------------------------------|
| 1. Бутан; | а) тверда речовина; |
| 2. Метан; | б) тверда, летка рідина; |
| 3. Додекан; | в) рідина; |
| 4. Гептан. | г) газ, який легко скраплюється; |
| | д) газ, який важко скраплюється. |

Завдання 3. Встановіть відповідність між назвами вуглеводнів та їх ізомерами:

- | | |
|------------|-----------------------------|
| 1. Пентан; | а) 3,4-диметилпентан; |
| 2. Декан; | б) 2-метилбутан; |
| 3. Октан; | в) 2,2-диметилбутан; |
| 4. Гексан. | г) 2,2,3,3-тетраметилбутан; |
| | д) 3-етил-2-метилгептан. |

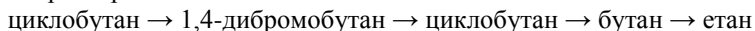
Завдання на перетворення речовин.

Завдання 1. Напишіть рівняння реакцій за якими можна здійснити такі перетворення:



Укажіть умови перебігу цих реакцій та суму коефіцієнтів усіх реакцій

Задача 2. Напишіть рівняння реакцій за якими можна здійснити такі перетворення:



Укажіть умови перебігу цих реакцій.

IV. Питання для самопідготовки

1. Перший валентний стан атома Карбону (sp^3 -гібридизація). Опишіть просторову будову алканів. Конформації.

2. Дайте характеристику гомологічного ряду алканів (загальна формула). Що таке «гомологічна різниця», «гомологічний ряд», «гомологи»? Перелічіть представників гомологічного ряду алканів.

3. Наведіть схему побудови назви алканів за замісничовою (систематичною) номенклатурою. Наведіть приклади.

4. Що таке «ізомерія», «ізомери»? Охарактеризуйте типи ізомерії, характерні для алканів. Напишіть структурні формули ізомерних вуглеводнів складу C_6H_{14} , які мають:

- а) четвертинний атом карбону;
- б) два третинних атоми карбону;
- в) п'ять атомів карбону в основному ланцюгу.

Назвіть їх за номенклатурою ІЮПАК.

5. Поняття про вуглеводневі радикали і їхні назви. Дайте загальну оцінку хімічних властивостей алканів. У чому сутність механізму реакції вільнорадикального заміщення S_R .

6. Для алканів характерні реакції заміщення атомів Гідрогену, що відбуваються за вільнорадикальним механізмом. Запишіть основні стадії процесу хлорування пропану на світлі.

7. Напишіть рівняння реакцій термічного крекінгу:

а) *n*-бутану;

б) *n*-гексану.

8. Напишіть рівняння реакцій згорання гептану та циклогептану.

9. Охарактеризуйте просторову будову циклоалканів. Який вид зв'язку характерний для циклоалканів?

10. Ізомерія циклоалканів. Напишіть формули ізомерів для циклоалканів складу C_6H_{12} , назвіть їх за номенклатурою ІЮПАК.

11. На прикладі циклобутану та циклогексану поясніть спільні й відмінні властивості в реакційній здатності циклоалканів.

Практичне заняття № 7

Тема: Ненасичені вуглеводні (алкени, алкадієни)

Навчальна мета: сформувати наукові уявлення про будову та властивості ненасичених вуглеводнів, що є важливими вихідними в органічному синтезі біологічно активних сполук, зокрема у фармацевтичній галузі.

Знати: будову та конфігурацію sp^2 -гібридного атома Карбону в ненасичених вуглеводнях; природу утворення π -зв'язку; гомологічний ряд алкенів; номенклатуру алкенів і алкадієнів; ізомерію; фізичні властивості; особливості хімічних реакцій, зумовлених наявністю π -зв'язку; основні галузі застосування алкенів і алкадієнів; реакції їх ідентифікації.

Уміти: писати формули ізомерів і називати їх за номенклатурою ІЮПАК; пояснювати властивості ненасичених вуглеводнів, зважаючи на їхню будову; писати рівняння реакцій, що підтверджують хімічні властивості алкенів і алкадієнів.

I. Короткі теоретичні відомості

Ненасиченими називають вуглеводні, в молекулах яких атомів Гідрогену менше, ніж у відповідних за кількістю атомів Карбону молекулах насичених вуглеводнів.

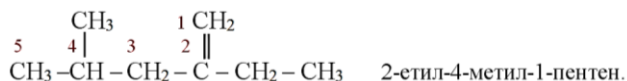
До ненасичених вуглеводнів відносять **алкени, алкадієни, алкіни**. Кожен клас речовин має свій гомологічний ряд.

Алкенами (олефінами) називають ненасичені вуглеводні ациклічного ряду, що містять у молекулі один подвійний карбон-карбоновий зв'язок. Карбонові атоми, зв'язані подвійним зв'язком, знаходяться в стані sp^2 -гібридації, кожен з них утворює три σ -зв'язки, що лежать в одній площині під кутом 120° . Негібридизовані орбіталі p -електронів розташовані перпендикулярно до площини σ -зв'язків і паралельно одне одного і внаслідок «бічного» перекривання утворюють другий зв'язок, який називається π -зв'язком.

Найпростішим представником таких вуглеводнів є **етен** C_2H_4 . Гомологами етилену є пропен C_3H_6 , бутен C_4H_8 , пентен C_5H_{10} і ін. Алкени мають загальну формулу C_nH_{2n} , тобто ізомерні з циклоалканами.

За правилами систематичної номенклатури назви алкенів будують на основі відповідних назв алканів, де суфікс **-ан** замінюють на **-ен**.

Як вибирають головний ланцюг, що включає подвійний зв'язок, навіть якщо цей ланцюг і не є самим довгим. Нумерацію проводять так, щоб атом Карбону, від якого починається подвійний зв'язок, одержав найменший номер; цей локант позначають у назві перед коренем. Вуглеводневі радикали позначаються в префіксі за правилами, як для алканів. Наприклад:



Для алкенів є характерним різновиди *структурної* ізомерії: *ланцюга* та *положення*. Тобто, структурні ізомери алкенів можуть відрізнитися будовою карбонового ланцюга і положенням подвійного зв'язку. Так, для бутену C_4H_8 відомі три ізомери:



Стеріоізомерія спостерігається в тих випадках, коли кожен з атомів Карбону, зв'язаних подвійним зв'язком, сполучений із двома різними замісниками. Розташування пари однакових замісників з однієї сторони площини подвійного зв'язку дає *цис*-ізомер, з різних сторін – *транс*-ізомер.

Алкени за фізичними властивостями близькі до алканів. Однак температури кипіння їх трохи нижче, ніж у відповідних алканів, а густина трохи вище.

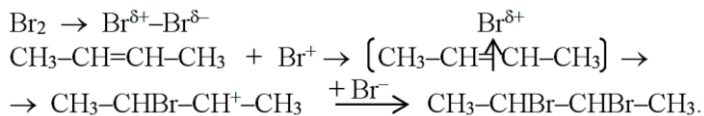
Хімічні властивості. Хімічна поведінка алкенів визначається наявністю подвійного зв'язку. Електронна густина σ -зв'язку концентрується лінією, що з'єднує ядра атомів, а електронна густина π -зв'язку виходить за ці межі і утворює більш велику область негативного заряду. Характерна риса π -електронів – їхня рухливість, вони менш міцно зв'язані з ядрами атомів Карбону, чим σ -електрони. Тому π -зв'язок легше поляризується.

Електрони π -зв'язку легко вступають у хімічні реакції з електрофільними реагентами, що викликають їх гетеролітичний розрив.

Реакції *електрофільного приєднання* (A_E) до подвійного зв'язку відбуваються *гетеролітичним* типом і є ступінчастим іонним процесом.

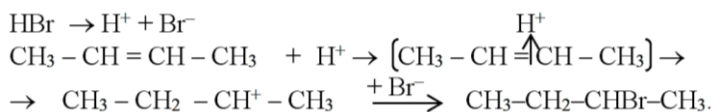
Галогенування. За електрофільним механізмом настає і приєднання галогенів. Під впливом електронної густини подвійного зв'язку відбу-

вається поляризація в молекулі галогена, тобто електрофільність симетричної молекули галогена може проявитися тільки після поляризації. Далі реакція відбувається за описаним вище шляхом:

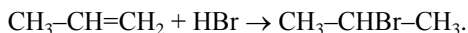


Алкени за звичайних умов приєднують галогени, особливо легко хлор і бром. У результаті утворюються *віцинальні дигалогенопохідні* алканів. Так, знебарвлення бромної води є якісною реакцією на подвійний зв'язок.

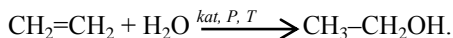
Гідрогенгалогенування. Правило Марковникова. Гідрогенгалогенування – приєднання гідрогенгалогенів. Як приклад розберемо приєднання гідрогенброміду до 2-бутену:



Формулювання *правила Марковникова* (1869 р.): у випадку приєднання гідрогенгалогенідів (а також споріднених їм несиметричних реагентів) до несиметричних алкенів Гідроген приєднується до більш гідрогенізованого атома Карбону, а галоген – до менш гідрогенізованого:



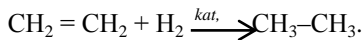
Реакція гідратації. Приєднання води до алкенів (пряму гідратацію) проводять у присутності фосфатних каталізаторів (H_3PO_4 на алюмосилікаті із солями кадмію, міді, кобальту; 300 °С; 8 МПа):



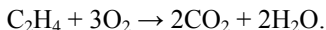
Приєднання води (а це є несиметричним реагентом Н–ОН) до несиметрично побудованих алкенів, наприклад пропену, відбувається за правилом Марковникова:



Гідрування. Приєднання водню здійснюється в присутності каталізаторів, що атомізують молекули водню, тобто здійснюється каталітичне гідрування. Найбільш активними каталізаторами цієї реакції є платина, паладій, мілко подрібнений нікель.



Окиснення алкенів. Реакція Вагнера. Алкени легко піддаються дії різних окисників, різко відрізняючись в цьому відношенні від алканів і циклоалканів. Залежно від умов окиснювання утворюються різні продукти. У самих жорстких умовах, під час спалювання на повітрі, алкени перетворюються в CO_2 і воду:

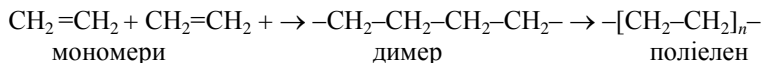


У більш м'яких умовах окиснювання передусім відбувається подвійним зв'язком. Обережне окиснювання лужним розчином перманганату калію приводить до утворення двоатомних спиртів – гліколей:

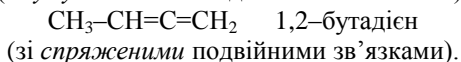
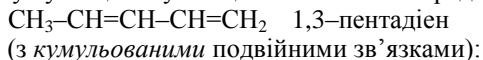


Полімеризація алкенів. Для ненасичених вуглеводнів характерна реакція *полімеризації* – хімічна реакція сполучення однакових молекул, що приводить до утворення макромолекул (полімеру) з великою молекулярною масою.

Для цієї реакції характерні поняття: *Мономер* – це низькомолекулярна органічна сполука, яка є вихідною речовиною для синтезу полімерів. *Полімер* – це макромолекула, що складається з великої кількості структурних ланок (однакових фрагментів), сполучених між собою хімічними зв'язками. *Ступінь полімеризації (n)* – число мономерних ланок (*n*), які повторюються.



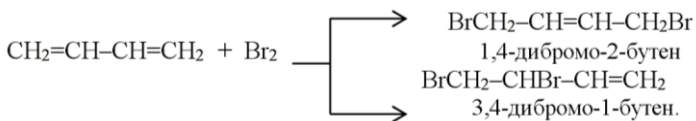
Алкадієни. Назви алкадієнів за замісновою номенклатурою ІЮПАК, утворюють аналогічно алкенам. Наявність двох подвійних зв'язків позначають суфіксом *-дієн*, вказуючи положення кожного з них у головному вуглецевому ланцюзі локантами перед коренем:



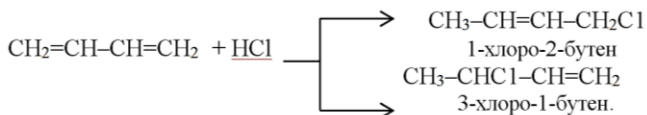
Для алкадієнів зі *спряженими зв'язками* особливістю будови є додаткове перекривання *p*-електронних хмар сусідніх π -зв'язків, у результаті утворюється спільна чотирьох електронна хмара, у якій два π -зв'язки рівномірно розподіляються в просторі між чотирма атомами Карбону (π, π -спряження), що сприяє підвищенню стабільності системи.

Галогенування. Приєднання галогенів до спряжених дієнів приводить до утворення суміші продуктів 1,2- і 1,4-приєднання, склад якої залежить від природи галогену, структури дієнового вуглеводню і умов

проведення реакції. Як правило, у ході підвищення температури і переході від хлору до йоду збільшується вихід продукту 1,4-приєднання.



Гідрогенгалогенування. Приєднання до подвійного карбон-карбонового зв'язку, процес проходить за електрофільним механізмом і відповідно до правила Марковникова.



У результаті утворюється близько 20 % продуктів 1,4-приєднання (1-хлоро-2-бутен) та 80 % продуктів 1,2-приєднання (3-хлоро-1-бутен). За певних умов можливе подальше приєднання за місцем подвійного зв'язку, що лишається після першої стадії.

II. Практична частина

Алгоритм лабораторної роботи

Добування етену і вивчення його властивостей

Прилади та реактиви: пробірки, лабораторний штатив, газова відвідна трубка з корком, скляна паличка, кипілки, спиртівка, сірники, пробіркотримач, порцелянова пластина $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, H_2SO_4 (конц.), 1 % розчин KMnO_4 , 1 % розчин бромної води.

Порядок роботи.

Дослід 1. Добування етену.

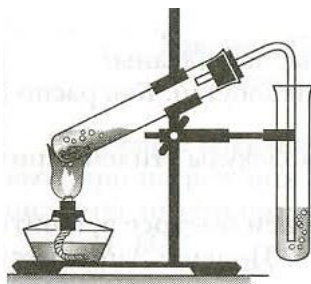
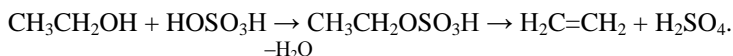


Рис. 1. Прилад для добування етену

У суху пробірку налейте 5 мл суміші етилового спирту з концентрованою сульфатною кислотою (на 1 об'єм спирту 3 об'єми сульфатної кислоти).

Насипте в рідину кипілки, щоб уникнути поштовхів рідини під час кипіння, закрийте пробірку корком із газовідвідною трубкою і закріпіть у штативі.

Суміш обережно нагрійте:

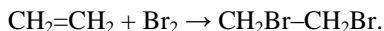


Взаємодія етилового спирту і концентрованої сульфатної кислоти супроводжується внутрішньо молекулярною дегідратацією. На першій стадії реакції утворюється етиловий естер сульфатної кислоти. На другій – у ході нагрівання моноалкілсульфату залишок сульфатної кислоти відриває атом гідрогену від сусіднього атома Карбону. При цьому відновлюється сульфатна кислота і виділяється газ – етилен. Каталізатором є концентрована сульфатна кислота.

Напишіть схему реакцій добування пропену (бутену) з пропілового (бутилового) спирту.

Дослід 2. Відношення етену до бромної води.

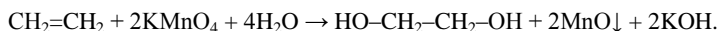
Кінець газовідвідної трубки опустіть у пробірку з 2–3 мл 1 % бромної води. Що спостерігаєте? Бромна вода знебарвлюється внаслідок приєднання броду до подвійного зв'язку:



Ненасичені сполуки вступають у реакції приєднання з утворенням *віцинальних* галогенопохідних (галогени розміщені біля сусідніх атомів Карбону). Ненасичені сполуки знебарвлюють бромну воду. Це *якісна реакція на кратний (подвійний) зв'язок*.

Дослід 3. Відношення етену до водного розчину калію перманганату.

Кінець газовідвідної трубки опустіть у пробірку з 2–3 мл розчину калію перманганату. Зверніть увагу на швидкість знебарвлення розчину, при цьому одночасно утворюється осад манган(IV) оксиду:

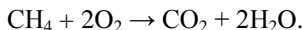


Окиснення алкенів у нейтральному середовищі призводить до утворення бурого осаду манган(IV) оксиду і гліколів (двоатомних спиртів). Цю реакцію широко використовують для виявлення подвійного карбон-карбонного зв'язку.

У кислому середовищі розчин знебарвлюється без утворення осаду тому, що Mn^{7+} відновлюється до Mn^{2+} , а етен окислюється до карбонової кислоти.

Дослід 4. Горіння етену.

Вийнявши газовідвідну трубку з розчину і повернувши її отвором догори, підпаліть газ, що виділяється:

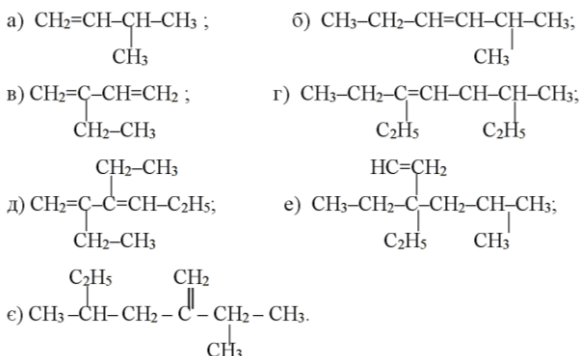


Яким полум'ям горить етилен? Про що це свідчить? До полум'я піднесіть порцелянову пластину. Що на ній з'являється?

Поясніть явища, які ви спостерігали. Зробіть відповідні висновки про властивості алкенів. Дайте назву сполукам.

Розв'язання завдань з теми «Насичені вуглеводні».

1. Назвіть речовини за замісничовою (систематичною) номенклатурою, що мають такі структурні формули:



2. Складіть ізомери (включно функціональні) для речовин складу C_5H_{10} , C_6H_{12} , C_6H_{10} , та назвіть їх за номенклатурою ІЮПАК.

3. Визначте, для яких із наведених речовин можна скласти структурні формули *цис*- і *транс*-ізомерів, напишіть їх:

- а) 1-бутен;
- б) 2-метил-1-бутен;
- в) 2,4-диметил-3-гексен;
- г) 3,3-диметил-1-пентен;
- д) 1,4-пентадієн.

4. Напишіть структурні формули для речовин:

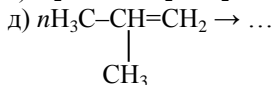
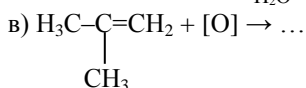
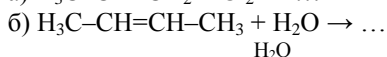
- а) 4-метил-2-пентен;
- б) 2,4-диметил-2-гексен;

- в) 2-метил-4-хлор-1-пентен;
- г) 5-етил-3-метил-4 *ізо*пропіл-2-гептен;
- д) 4-*трет*бутил-3,3 -диметил-1,5-октадієн;
- е) 3-вініл-3-метил-1,4-пентадієн; є) *транс*-2-петен.

5. З наведеного переліку хімічних формул випишіть формули гомологів: C₅H₁₀; C₆H₁₄; C₅H₁₂; C₄H₈; C₃H₄; C₃H₆; C₇H₁₂; C₄H₆; C₆H₆.

6. Порівняйте характер взаємодії Br₂ зі сполуками: 2,4-диметил-2-пентен, 2,4-диметил-пентан. Вкажіть за якими механізмами проходять ці реакції.

7. Допишіть схеми рівнянь хімічних реакцій, назвіть вихідні речовини і основні продукти реакції за номенклатурою ІЮПАК:



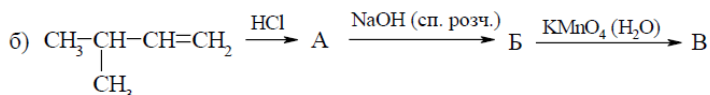
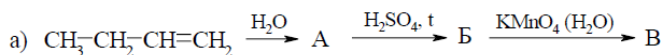
8. Наведіть схеми реакцій 1-бутен з реагентами:

- а) Br₂;
- б) HCl;
- в) KMnO₄ (H₂O).

Для схем а і б вкажіть механізми реакцій.

9. Поясніть правило Марковникова на прикладі взаємодії ізобутену з HBr, H₂O(H⁺). У яких випадках це правило не діє? Наведіть приклади.

10. Здійсніть схеми перетворень, назвіть сполуки:



11. За допомогою яких реакцій можна розрізнити сполуки: пентан, 2-пентен, 1-пентин.

III. Питання для самопідготовки

1. Які вуглеводні називають ненасиченими? Алкенами? Алкінами? Алкадієнами?
2. Другий валентний стан атома Карбону (sp^2 -гібридизація). Що таке π -зв'язок? Яка відмінність π -зв'язку від σ -зв'язку? Просторова будова алкенів.
3. Номенклатура ненасичених вуглеводнів. Яка ізомерія характерна для алкенів?
4. Розкрийте хімічні властивості етенових вуглеводнів. У чому сутність реакції електрофільного приєднання (A_E). Галогенування алкенів.
5. Гідрогенгалогенування алкенів. Реакція гідратації. Правило Марковникова. Наведіть приклади.
6. Відновлення та окиснення алкенів. Реакція Вагнера. Наведіть приклади.
7. Поняття про високомолекулярні сполуки. У чому подібність і відмінність понять «молекула мономера» і «елементарна ланка»? Складіть рівняння полімеризації пропілену.
8. Алкадієни. Типи дієнів (кумуляовані, спряжені, ізольовані). Будова. Номенклатура. Характеристика спряжених дієнів.
9. Особливості реакцій електрофільного приєднання в спряжених дієнах (A_E) (галогенування, гідрогалогенування).

Практичне заняття № 8

Тема: Ненасичені вуглеводні (алкіни)

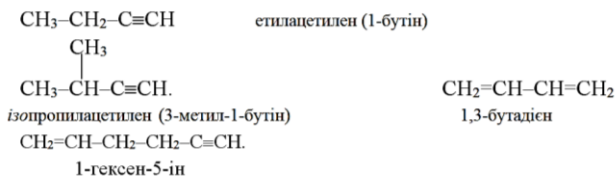
Навчальна мета: набути знань про будову, номенклатуру, ізомерію, способи добування та хімічні властивості алкінів, застосування їх та їхніх похідних у фармацевтичній практиці.

Знати: будову та конфігурацію *sp*-гібридного атома Карбону в алкінах; природу утворення π -зв'язку; гомологічний ряд алкінів; ізомерію та номенклатуру алкінів; фізичні властивості ненасичених вуглеводнів; особливості хімічних реакцій, зумовлених наявністю л-зв'язку; основні галузі застосування алкінів; реакції ідентифікації алкінів.

Уміти: писати формули ізомерів алкінів і називати їх за номенклатурою ІЮПАК; пояснювати властивості ненасичених вуглеводнів, виходячи з їхньої будови; писати рівняння реакцій, що підтверджують хімічні властивості алкінів; порівнювати властивості насичених і ненасичених вуглеводнів та, зокрема, алкінів; ідентифікувати ненасичені вуглеводні.

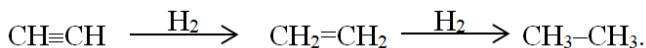
I. Короткі теоретичні відомості

Алкіни це ненасичені вуглеводні ациклічного ряду, що містять у молекулі потрійний карбон-карбоний зв'язок $-C \equiv C-$. Найпростішим представником алкінів є ацетилен C_2H_2 , тому їх часто називають ацетиленовими вуглеводнями. Загальна формула алкінів C_nH_{2n-2} .



Потрійний зв'язок являє собою сполучення однієї σ - і двох π -зв'язків. На рис. 1 зображено розташування зв'язків у молекулі ацетилену. У процесі утворення потрійного зв'язку атоми Карбону зближаються ще більше, ніж під час утворення подвійного зв'язку, його довжина складає 0,120 нм.

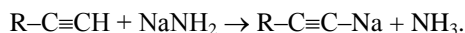
Гідрування (відновлення). Гідрування потрійного зв'язку відбувається у присутності каталізаторів Pt, Pd, Ni. Відновлення проходить легше, ніж для подвійного зв'язку:



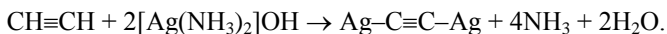
Реакція заміщення. СН-Кислотний характер алкінів. Алкіни з кінцевим потрійним зв'язком типу R-C≡C-H проявляють незначні кислотні властивості (слабкіші ніж у води):



Але цього достатньо, щоб атом Гідрогену в молекулі ацетилену та його похідних типу R-C≡C-H міг заміщуватися металом, утворюючи металеві похідні – *ацетиленіди*. Наприклад, ацетиленіди лужних металів утворюються під дією сильних основ (амідів металів у рідкому амоніаку):



Якісною реакцією на атом водню при потрійному зв'язку є утворення аргентум ацетиленіду, а також купрум(I) ацетиленіду. Під час пропускання ацетилену (і вуглеводнів типу RC≡CH) через аміачні розчини аргентум нітрату або купрум(I) хлориду утворюються характерні осадки: Ag-C≡C-Ag білого кольору і Cu-C≡C-Cu червоно-бурого кольору:



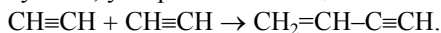
Окиснення алкінів. Алкіни швидко знебарвлюють лужний розчин перманганату калію, що можна використовувати як якісну реакцію на потрійний зв'язок. У ході окиснення сполук типу RC≡CH утворюються кислоти.



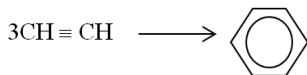
Димеризація і циклотримеризація ацетилену.

У присутності каталізаторів алкіни можуть реагувати одне з одним, причому залежно від умов утворюються різні продукти.

а) під дією водного розчину купрум(I) хлориду і амоній хлориду ацетилен димеризується, утворюючи вінілацетилен:



б) під час пропускання ацетилену крізь активоване вугілля при 600 °С утворюється бензен (Н. Д. Зелінський):



II. Практична частина

Алгоритм лабораторної роботи

Добування ацетилену (етину) і вивчення його властивостей

Прилади та реактиви: пробірки, лабораторний штатив, колба Вюрца, газовідвідна трубка, скляна паличка, кипілки, спиртівка, сірники, пробіркотримач, парцелянова пластина, кальцій карбід, 1 % розчин KMnO_4 , 1 % розчин бромної води, вода дистильована, спиртовий розчин фенолофталеїну, 1 % розчин Na_2CO_3 , 5 % розчин амоніаку, 1 % розчин аргентум нітрату.

Порядок роботи.

Дослід 1. Добування етину (**УВАГА!** Дослід проводити у витяжній шафі!)

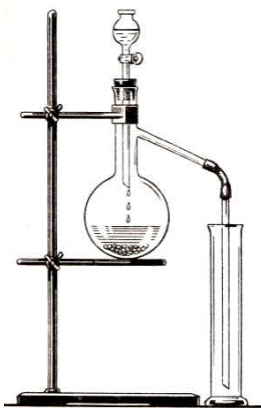


Рис. 2. Прилад для добування етину

Попередньо готують дві пробірки з реактивами: у першій – 1 мл 1 % бромної води, у другій – 1 мл 1 % розчину калій перманганату і 1 мл розчину соди (для середовища).

Для добування етину, колбу Вюрца закріпіть на штативі (рис. 2), до патрубку колби приєднайте газовідвідну трубку. У колбу Вюрца помістіть декілька кусочків кальцію карбїду і закрийте пробкою з краплинною лійкою. Лійку наповніть водою. Краплями доливайте до карбїду воду. Реакція відбувається досить бурхливо. Зверніть увагу на характерний запах:



У пробірку (після завершення всіх дослідів, коли припинеться виділення етину) крапніть 1 краплину спиртового розчину фенолфталеїну. Зверніть увагу на характерне забарвлення розчину. Про що це свідчить?

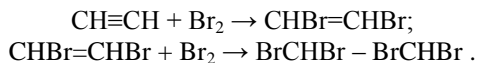
Цю реакцію запропонував у 1862 р. німецький хімік Ф. Велер, її широко застосовують для лабораторних і промислових потреб.

У результаті реакції виділяється газ етин із неприємним запахом (за рахунок наявних домішок фосфіну, дигідрогенсульфіду тощо). Хімічно чистий етин – без запаху. Реакція екзотермічна.

Зробіть висновки, запишіть спостереження.

Дослід 2. Приєднання броду до етину.

Кінець газовідвідної трубки, з якої виділяється етин, занурте в пробірку з бромною водою. Зверніть увагу на швидкість знебарвлення бромної води. Поясніть, чому знебарвлення бромної води відбувається повільніше, ніж у реакції з етеном. Назвіть утворені речовини:



Алкiни легко приєднують галогени за місцем розриву потрійного зв'язку. У реакцію може вступати одна або двi молекули галогену. У результаті реакції з однією молекулою галогену утворюється *дигалогеналкен*.

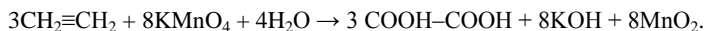
При надлишку галогену реакція приєднання відбувається у двi стадії: на першій утворюється ненасичена галогенопохідна; на другій – реакція проходить важче порівняно з першою стадією, дигалогенопохідна приєднує ще два атоми Броду, утворюючи *тетразаміщений алкан*.

Зробіть висновки, дайте назву сполукам, запишіть спостереження.

Дослід 3. Реакція етину з водним розчином перманганату калію.

Кінець газовідвідної трубки, з якої виділяється етин, опустіть у пробірку з розчином калій перманганату в слабколужному середовищі.

Реакція відбувається в декілька етапів. Спостерігається поступове знебарвлення розчину калій перманганату та утворення бурого осаду манган(IV) оксиду:

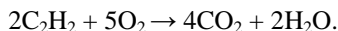


Під час окиснення етину крім шавлевої кислоти утворюється суміш речовин, частково відбувається окиснення до карбон(IV) оксиду.

Зробіть висновки, запишіть спостереження.

Дослід 4. Горіння етину.

Вийнявши газівідвідну трубку з розчину і повернувши її отвором догори, підпаліть газ, що виділяється:

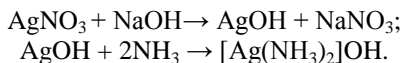


Зверніть увагу на характер полум'я під час горіння ацетилену. До полум'я піднесіть парцелянову пластину. Що на ній з'являється? Згадайте, як горить метан та етен, дайте характеристику полум'я для всіх трьох випадків. Поясніть, чому характер полум'я змінюється саме так. Підрахуйте співвідношення Карбону до Гідрогену в досліджених вуглеводнях.

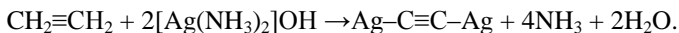
Зробіть висновки, запишіть спостереження.

Дослід 5. Добування ацетиленідів металів. (**УВАГА!** Дослід проводити у витяжній шафі!)

У пробірку налейте 2 мл 1 % розчину аргентум нітрату і додайте краплями 5 % розчину амоніаку до повного розчинення осаду аргентум (I) оксиду.



Через отриманий безбарвний розчин $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ пропустіть етин:



Випадає сірий осад ацетиленіду аргентуму. Назвіть утворені речовини. Які властивості виявляє ацетилен у цій реакції?

Етин і алкіни з кінцевим потрійним зв'язком вступають у реакцію з деякими координаційними основами – $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. При цьому атом Гідрогену біля атома Карбону з потрійним зв'язком заміщується металом, утворюючи *ацетиленіди*. При дії хлороводневої кислоти на їх розчини утворюється вихідний алкін. Ацетиленіди Купруму і Аргентуму – *вибухонебезпечні*. Під час вибуху утворюються вуглець і метал у вільному стані. Тому після вибуху дослідують залишки ацетиленіду срібла, дією розведеної HCl .

Реакція є *якісною* на виявлення алкінів із потрійним зв'язком у кінці ланцюга.

Зробіть висновки, запишіть спостереження.

Поясніть явища, які ви спостерігали під час виконання дослідів. Зробіть відповідні висновки щодо хімічних властивостей алкінів.

III. Виконання індивідуального завдання за наданим варіантом

Варіант № 0

1. Для алкіну складу C_6H_4 :

а) запишіть структурні формули ізомерів (за будовою ланцюга, положенням потрійного зв'язку, міжкласових), дайте їм назву за систематичною номенклатурою;

б) напишіть рівняння гідрогенбромовання одного з ізомерів, дайте назву продукту. Поясніть механізм;

в) напишіть рівняння гідратації одного з ізомерів. Поясніть механізм.

2. Назвіть наведені вуглеводні за систематичною номенклатурою:

$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}=\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{Cl} \end{array}$
а	б	в
$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$
г	д	е

3. Наведіть структурні формули вуглеводнів за їх назвою:

а) 2,2,5-триметил-4-пропіл-7,10-диізопропіл-3-ундекен;

б) 7-етил-2,5-диметил-2,6,6-трипропіл-3,4-октадієн;

в) 3-третбутил-5-етил-4,5-диметил-1-гексін.

IV. Питання для самопідготовки

1. Які вуглеводні називають ненасиченими? Алкінами? Дайте характеристику гомологічного ряду алкінів.

2. Третій валентний стан атома Карбону (*sp* -гібридизація). Що таке π -зв'язок? Відмінність π -зв'язку від σ -зв'язку? Опишіть просторову будову алкінів.

3. Номенклатура алкінів. Яка ізомерія характерна для алкінів?

4. Розкрийте хімічні властивості алкінів. У чому сутність реакції електрофільного приєднання (A_E). Галогенування та гідрогенгалогенування алкінів.

5. Особливості хімічних властивостей алкінів. Реакції електрофільного приєднання (A_E): галогенування. Наведіть приклади.

6. Охарактеризуйте реакції електрофільного приєднання (A_E): Особливості перебігу реакції гідратації алкенів (реакція Кучерова).

7. Охарактеризуйте реакції заміщення в алкінах. У чому полягає $\text{C}\equiv\text{N}$ -кислотний характер алкінів? Наведіть приклади.

8. Який перебіг процесів окиснення та відновлення алкінів? Наведіть приклади.

9. Особливості димеризації і циклотримеризації ацетилену.

Практичне заняття № 9

Тема: Моноядерні арили

Навчальна мета: мати сучасні уявлення про будову бензену, ароматичність, критерії ароматичності, гомологічний ряд аренів, реакції електрофільного заміщення, правила орієнтації в бензенове ядро, застосування окремих представників у фармації та медицині.

Знати: електронну будову молекули бензену; правило ароматичності Хюккеля (критерій ароматичності); особливості будови моноядерних аренів, їх ароматичність; гомологічний ряд аренів; види ізомерії характерні для гомологів бензену та їх номенклатуру; фізичні властивості аренів; хімічні властивості аренів:

- а) реакції електрофільного заміщення;
- б) реакції приєднання і окиснення;
- в) вплив замісників різного роду на розподіл електронної густини бензенового ядра; застосування представників аренів у медицині, фармації.

Уміти: пояснити сутність правила Хюккеля; писати формули гомологів та ізомерів і називати їх за номенклатурою ІЮПАК; передбачати хімічні властивості аренів, зважаючи на їхню будову; писати рівняння реакцій, що підтверджують хімічні властивості аренів; пояснювати вплив електронодонорних і електроноакцепторних замісників на напрям і швидкість реакції електрофільного заміщення в бензеновому ядрі; ідентифікувати арили.

I. Короткі теоретичні відомості

Ароматичні сполуки (арени) – велика група сполук карбоциклічного ряду, до складу молекул яких входить стійке циклічне угруповання з шести атомів Карбону (бензенове кільце), яке має особливі фізичні та хімічні властивості.

Найпростішим представником моноядерних ароматичних вуглеводнів є бензен C_6H_6 . *Сучасне уявлення* про структуру бензену:

- молекула C_6H_6 – це правильний плоский шестикутник;
- усі атоми Карбону перебувають у стані sp^2 -гібридизації, де кожен атом Карбону утворює 3 σ -зв'язки (C–H і два C–C), які лежать у площині під кутом 120° одне до одного;
- кожен атом Карбону в молекулі має одну негібризовану p -орбіталь, шість таких орбіталей розміщуються перпендикулярно до площини молекули і паралельно одна одній;
- вони перекриваються, утворюючи π -електронну хмару; найбільша її густина знаходиться над і під площиною σ -скелета молекули і захоплює шість атомів Карбону;

– у результаті всі зв'язки вирівнюються і мають довжину 0,139 нм, колове спряження в циклі дає $E = 150$ кДж/моль – це енергія спряження, або делокалізації. Енергія спряження (делокалізації) – кількість енергії, яку потрібно витратити, щоб порушити ароматичну систему бензену.

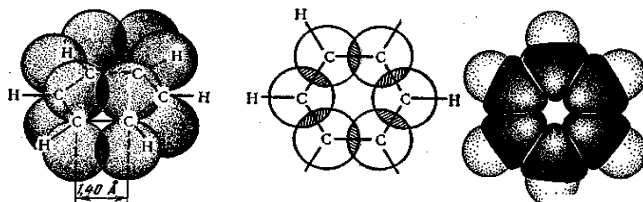


Рис. 1. Моделі молекул бензену

Таким чином, у молекулі бензену немає простих і подвійних зв'язків, а є *ароматичний зв'язок* (рис. 1). Сукупність специфічних властивостей бензену, а саме висока стабільність, інертність в реакціях приєднання та схильність до реакцій заміщення, одержала назву *ароматичність*, або *ароматичні властивості*.

За правилом Хюккеля ароматичні властивості матиме органічна сполука за наявності в її структурі плоского циклу, що вміщує замкнену спряжену систему, яка включає $(4n + 2)$ π -електронів, де $n = 0, 1, 2, 3$ і т. д. До найбільш поширених ароматичних систем, які містять 6 π -електронів ($n = 1$), відноситься бензен і його похідні.

За *замісничовою* номенклатурою ІЮПАК одноядерні ариени розглядають як продукти заміщення бензену: метилбензен, етилбензен тощо. За наявності в бензеновому кільці двох і більше замісників їх положення вказують цифрами. Нумерацію атомів Карбону здійснюють таким чином, щоб замісники мали найменші номери. У дизаміщених бензенах поряд із цифровим позначенням положень замісників застосовують також префікси: *орто-* (*o-*) положення – 1,2; *мета-* (*m-*) положення – 1,3 та *пара-* (*p-*) положення – 1,4.

Наслідками будови ароматичних сполук є наступні *хімічні властивості*:

- висока стійкість їхніх молекул, що пояснюється наявністю в структурі замкненої π -електронної системи, яка є областю підвищеної електронної густини молекули;
- здатність притягувати позитивно заряджені частинки – електрофіли, тому ариени, як і алкени, мають нуклеофільний характер;
- ароматичні вуглеводні більш схильні до реакцій заміщення (S_E), оскільки під час цього зберігається їхня ароматична система;

- реакції приєднання, які призводять до порушення ароматичності, малохарактерні;
- ацени важко вступають у реакції окиснення.

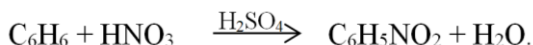
Реакції електрофільного заміщення (S_E).

Бензен і його гомологи порівняно легко вступають у реакції електрофільного заміщення. Електрофільна частинка, що атакує π -електронну систему бензенового кільця, може являти собою катіон E^+ або частину нейтральної молекули, яка має центр зі зменшеною електронною густиною $E^{\delta+} \rightarrow X^{\delta-}$. Утворення електрофільних частинок можливе різними способами – під дією π -електронної системи бензенового кільця, каталізатора, розчинника.

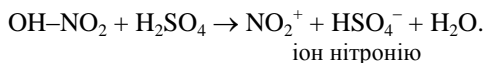
Під час атаки електрофільною частинкою бензенового кільця спочатку утворюється нестійкий π -комплекс. При цьому ароматичність не втрачається. Далі π -комплекс перетворюється на σ -комплекс (карбокатион), де електрофільна частинка утворює ковалентний зв'язок з одним атомом Карбону – він переходить в стан sp^3 -гібридизації і ароматичність втрачається.

Щоб набути більшої стабільності σ -комплекс відщеплює протон від атома Карбону, зв'язаного з електрофілом і через те відновлює ароматичність бензенового кільця.

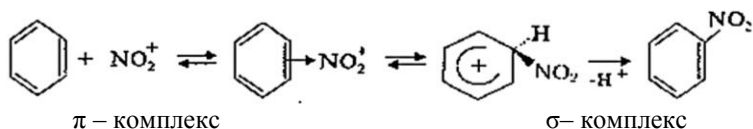
Нітрування. Це процес заміщення атома Гідрогену в бензеновому ядрі на нітро групу $-\text{NO}_2$. Нітруючими реагентами в реакції є концентрована нітратна кислота або суміш концентрованих нітратної та сульфатної кислот (нітруюча суміш):



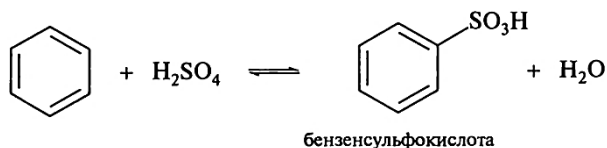
Атакуючою електрофільною частинкою в реакції нітрування є катіон нітронію NO_2^+ котрий утворюється в результаті реакції між кислотами:



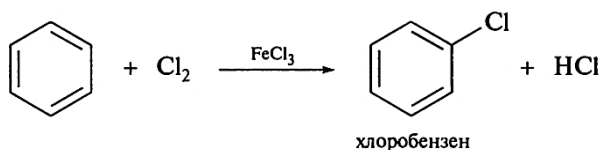
Іон нітронію атакує π -електронну систему бензенового ядра, утворюючи нітропохідне:



Сульфурвання є процесом заміщення атома Гідрогену в бенzenovому ядрі на сульфогрупу $-SO_3H$. Атакуючою електрофільною частинкою в реакції служить сульфур(VI) оксид SO_3 :

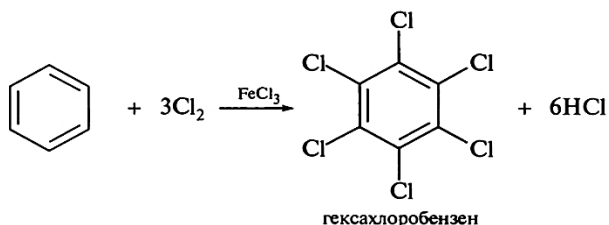


Галогенування. Бензен та його гомологи добре хлоруються, бромуються:

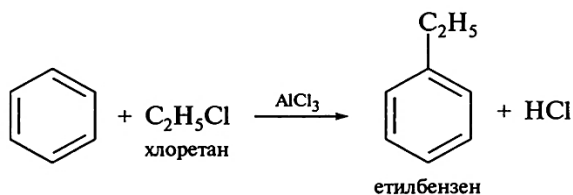


Заміщення атома водню в бензолному ядрі на атом хлору або броду здійснюють дією вільного хлору або броду за присутності каталізаторів – кислот Льюїса ($AlCl_3$, $FeBr_3$, тощо).

Галогенуванням можна отримати повністю заміщений бензен:

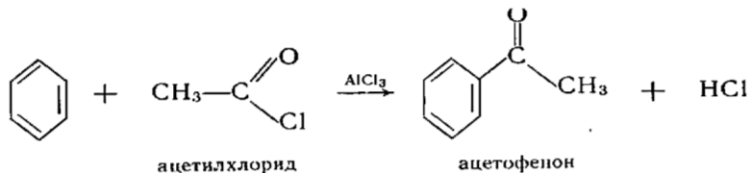


Алкілювання за Фріделем – Крафтсом. Для введення алкільної групи в молекулу бензену та його гомологів як електрофільні реагенти найчастіше використовують галогеналкани. Взаємодія аренів з галогеналканами відбувається за присутності каталізаторів – кислот Льюїса ($AlCl_3$, $FeCl_3$, $FeBr_3$ тощо):



За своїм механізмом реакція алкілювання аналогічна розглянутим вище реакціям нітрування, сульфонування та галогенування.

Ацилювання за Фріделем – Крафтсом. Ацилюванням називають процес введення в молекулу органічної сполуки ацильної групи. Ацилювання бензену та його гомологів за Фріделем-Крафтсом зазвичай здійснюють галогенангідрідами або ангідридами карбонових кислот у присутності кислот Льюїса. Реакція служить загальним методом добування ароматичних кетонів:



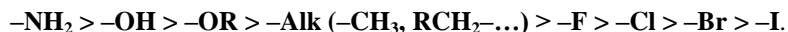
Ацилювання ароматичного ядра, на відміну від алкілювання, проходить переважно з утворенням монозаміщених продуктів. Ацильна група є електроноакцептором і через це знижує реакційну здатність бензольного кільця у взаємодії з електрофільними реагентами. Тому діацилпохідні утворюються тільки за жорстких умов.

Правила орієнтації в бензенове ядро. Вплив електронодонорних та електроноакцепторних замісників на напрям та швидкість реакцій електрофільного заміщення. Якщо в бензеновому кільці вже міститься будь-який замісник, то під його впливом відбувається перерозподіл π -електронної густини циклу, тому нова група вступає у визначене положення відносно цього наявного замісника. У реакціях електрофільного заміщення в монозаміщених бензенах, залежно від електронної природи замісника, група, що вступає, може займати переважно *орто*-, *мета*- або *пара*-положення.

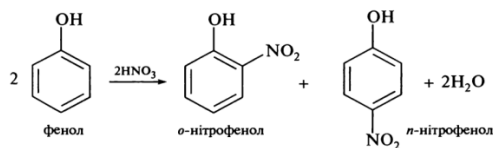
За впливом на напрям реакції електрофільного заміщення і на реакційну здатність бензенового кільця замісники можна розділити на дві групи – *замісники I роду* (*орто*-, *пара*-орієнтанти) і *замісники II роду* (*мета*-орієнтанти).

Замісники I роду (електродонорні) збільшують електронну густину в бензеновому кільці й тим самим активують його в реакціях електрофільного заміщення, вони спрямовують заміщення переважно в *орто*- та *пара*-положення.

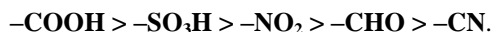
За силою орієнтуючого впливу замісники I роду можна розмістити таким чином:



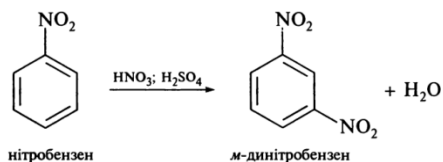
Наприклад, нітрування фенолу:



Замісники II роду (електроноакцепторні) зменшують електронну густину в бензеновому кільці та знижують швидкість реакцій електрофільного заміщення порівняно з незаміщеним бензеном, вони спрямовують заміщення переважно в *мета*-положення. За силою орієнтуючого впливу в реакціях S_E замісники II роду можна розташувати у такий спосіб:



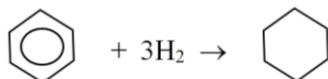
Наприклад, нітрування нітробензену:



Реакції приєднання, характерні для аренів (гідрогенізація, приєднання хлору).

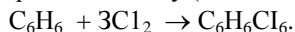
Як відмічалось раніше, реакції приєднання для ароматичних вуглеводнів не є характерними. Проте за жорстких умов вони все ж відбуваються.

Гідрування. За підвищеної температури та тиску, в присутності каталізаторів (дрібнопористий нікель – нікель Ренея), бензен і його гомологи приєднують три молекули водню, утворюючи циклогексан і його похідні:

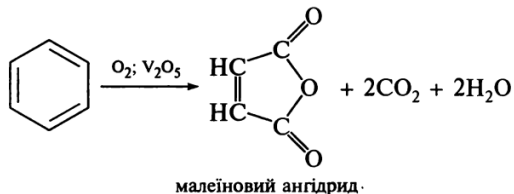


Останні гідруються значно легше, ніж сам бензен.

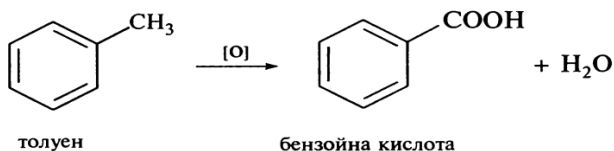
Хлорування. Під час інтенсивного сонячного освітлення або під дією ультрафіолетового випромінювання бензол приєднує хлор. Реакція проходить за радикальним механізмом, з утворенням суміші стереоізомерів гексахлорциклогексану (гексахлорану):



Окиснення аренів. Бензенове кільце дуже стійке до дії окисників. За звичайних умов такі сильні окисники, як перманганат калію, нітратна кислота, оксид хрому(VI), пероксид водню та інші, не окиснюють бензен. Але за жорстких умов (ванадію(V) оксид як каталізатор, 400–500 °С) бензенове ядро окиснюється, утворюється малеїновий ангідрид:



Алкілбензени, на відміну від незаміщеного бензену, окиснюються значно легше. У цьому випадку при дії сильних окисників ($KMnO_4$ тощо) піддаються окисненню бокові ланцюги. Продуктами окиснення є ароматичні карбонові кислоти:



II. Практична частина

Алгоритм лабораторної роботи

Арени. Властивості бензену та його гомологів

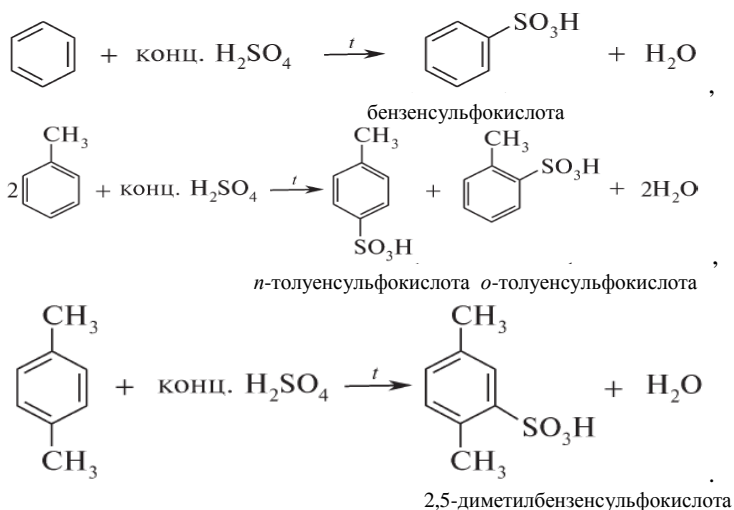
Прилади та реактиви: штативи, пробірки, пробіркотримачі, піпетки, залізні ошурки, лакмусовий папір, дистильована вода, бензен, толуен, *n*-ксилен, бромна вода, 1% розчин $KMnO_4$, 10 % розчин H_2SO_4 , нітруюча суміш (1 частина конц. HNO_3 та 2 частини H_2SO_4).

Порядок роботи.

Дослід 1. Сульфування бензену та його гомологів.

У три сухі пробірки окремо наливають по 10 крапель бензену, толуену і *n*-ксилену (*n*-диметилбензену), потім до кожної з них додають по 1 мл сульфатної кислоти (насич.). Пробірки закривають корками із вставленими вертикальними трубками і нагрівають на водяній бані (70–75°C) при частому і інтенсивному струшуванні. Спостерігають поступове зникнення емульсій у пробірках і утворення гомогенних розчинів. Після охолодження реакційних сумішей вміст пробірок виливають у склянки з холодною водою. Спостерігають відсутність

розшарування рідин, що свідчить про повне сульфування вуглеводнів (вони добре розчинні у воді). У результаті реакцій утворюються наступні сульфокислоти:

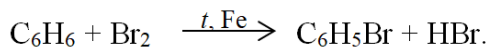


Дослід 2. Бромовання бензену та толуену.

Беруть 4 пробірки. У першу наливають 1 мл бензену, в другу 1 мл толуену. В обидві пробірки додають по 1 мл розчину бром.

У третю та четверту наливають окремо по 1 мл бензену, до обох пробірок додають трохи залізних ошукор та по 1 мл розчину бром.

Усі пробірки закривають корками із вставленими вертикальними трубками. Гріють пробірки на киплячій водянй бані. Пробірки відкривають і підносять до їх отвору вологий, синій лакмусовий папір. Відмічають колір індикатора у кожній з 4-х пробірок. Зміна кольору в певних пробірках пов'язана з виділенням гідроген броміду. Наприклад, за реакцією:

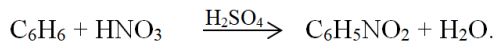


Записати свої спостереження та рівняння реакцій (структурними формулами).

Дослід 3. Нітрування аренів.

У пробірку до охолодженої нітруючої суміші (1 мл концентрованої нітратної кислоти та 1,5 мл концентрованої сульфатної кислоти) постійно збовтуючи, краплями добавляють 1 мл бензолу. Пробірку закривають корком із вставленою вертикальною трубкою і для

завершення реакції нагрівають на водяній бані до 50–55°C протягом 10 хв. Вміст пробірки виливають у 10–15 мл води. Нітробензол падає на дно стакана у вигляді важкої маслянистої краплинки. Він має своєрідний запах гіркого мигдалю:

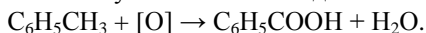


Аналогічно здійснюють дослід з толуеном. Визначають наявність нітротолуену за запахом. Відчувають запах гіркого мигдалю (характерний запах ароматичних мононітросполук), що підтверджує утворення нітротолуену.

Записати свої спостереження та рівняння реакцій (структурними формулами).

Дослід 4. *Здатність до окиснення ароматичних вуглеводнів.*

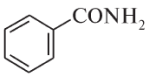
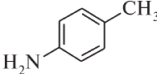
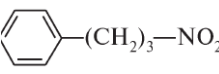
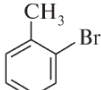
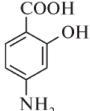
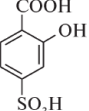
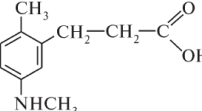
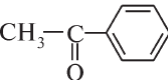
Беруть 2 пробірки. В одну наливають 1 мл бензену в іншу 1 мл толуену. До обох додають 1 мл розчину KMnO_4 та невелику кількість 10 % H_2SO_4 . Пробірки закривають корками із вставленими вертикальними трубками і нагрівають на киплячій водяній бані. В одній з пробірок спостерігається побуріння і випадіння осаду, в другій – ні. Забарвлення іншої суміші не змінюється, що вказує на стійкість бензолу до окиснення. Толуол окиснюється до бензойної кислоти:



Записати свої спостереження та рівняння реакцій (структурними формулами).

III. Завдання для самопідготовки

1. Напишіть формули всіх можливих ізомерів для ароматичних сполук складу C_8H_{10} ; C_9H_{12} і назвіть їх за номенклатурою ІЮПАК.
2. Напишіть структурні формули таких ароматичних сполук:
 - а) *o*-дибромобензену;
 - б) 1,3-диметил-2-хлоробензену;
 - в) *ізо*пропілбензену;
 - г) *м*-хлоробензенсульфо кислоти;
 - д) *п*-диізопропілбензену;
 - е) 1,3,5-триметилбензену.
3. Назвіть речовини, структурні формули яких мають такий вигляд:

			
а	б	в	г
			
д	е	є	ж

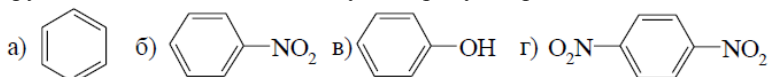
4. Напишіть рівняння хімічних реакцій, зазначте умови перебігу:

- відновлення бензену;
- бромовання бензену;
- ацилювання бензену ангідридом пропанової кислоти;
- окиснення бензену, толуену;

5. Напишіть схеми рівнянь реакції, назвіть основні продукти реакції:

- Метан → Ацетилен → Бензен → Циклогексан → Бензен → Метилбензен → бензойна кислота (C_6H_5COOH);
- Етан → Етен → Ацетилен → Бензен → Хлоробензен.

7. Порівняйте реакційну здатність наведених сполук у реакції нітрування, назвіть вихідні сполуки і продукти реакції:



8. Чому під час нітрування аренів доцільніше використовувати нітрувальну суміш? Чи можна застосовувати для цього розведену нітратну кислоту? Напишіть відповідні рівняння реакцій.

9. Порівняйте швидкість сульфонування аренів, використаних у досліді 8. Відповідь поясніть. Наведіть схему і механізм сульфонування толуену.

10. Порівняйте умови проведення бромовання аренів, що дозволяють ввести атом галогену в ароматичне кільце й у бічний ланцюг. Напишіть відповідні рівняння реакцій і наведіть механізми.

11. Порівняйте відношення до дії окисників бензену і його гомологів. Напишіть відповідні рівняння реакцій. Чому бензен, незважаючи на високий ступінь ненасиченості, не знебарвлює бромну воду і розчин калію перманганату?

Практичне заняття № 10

Тема: Багатоядерні ариени

Навчальна мета: мати поняття про багатоядерні ариени: нафтен, фенантрен тощо; пояснювати залежність між ароматичними властивостями та будовою циклів, застосування окремих представників у фармації та медицині.

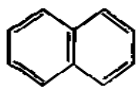
Знати: класифікацію багатоядерних аренів та особливості їхньої будови, електронну будову конденсованих аренів; правило ароматичності Хюккеля (критерій ароматичності); хімічні властивості багатоядерних аренів.

Уміти: пояснити сутність правила Хюккеля; писати формули багатоядерних аренів і називати їх за номенклатурою ІЮПАК; передбачати хімічні властивості, зважаючи на їхню будову; писати рівняння реакцій, що підтверджують хімічні властивості.

I. Короткі теоретичні відомості

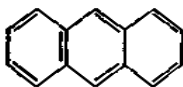
Багатоядерні сполуки містять два або більше ядер, які можуть бути зконденсованими (нафтен антрацен, фенантрен), з'єднані через зв'язок (дифеніл) або через атом, чи групи атомів (дифенілметан, трифенілметан). Багатоядерні сполуки з конденсованими ядрами за хімічними властивостями подібні до ароматичних моноядерних.

Їхня ароматичність відповідає правилу Хюккеля: ароматичні властивості матиме органічна сполука за наявності в її структурі плоского циклу, що вміщує замкнену спряжену систему, яка включає $(4n + 2)$ π -електронів, де $n = 0, 1, 2, 3$ і т. д.



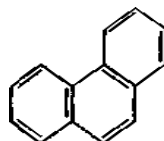
$(n=2)$

нафтен (10 π -електронів)



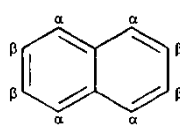
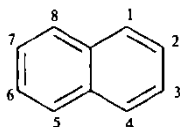
$(n=3)$

антрацен (14 π -електронів)



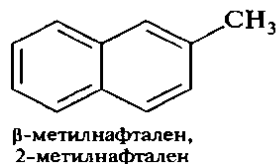
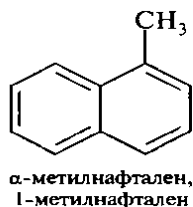
$(n=3)$

фенантрен (14 π -електронів)



Номенклатура і ізомерія. Нумерацію атомів Карбону нафталенового ядра у відповідності до правил ІЮПАК виконують так, як показано на формулі.

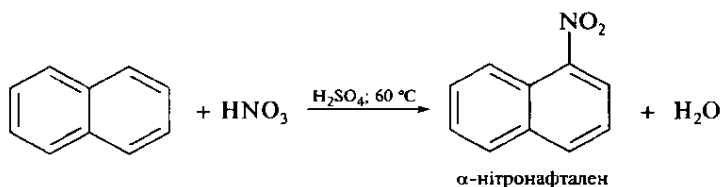
Варто зазначити, що в молекулі нафтену на відміну від бензену, атоми Карбону нерівнозначні. Атоми Карбону в положеннях 1, 4, 5, 8 відрізняються від атомів Карбону в положеннях 2, 3, 6, 7. Зважаючи на це, чотири рівнозначні положення в молекулі нафтену – 1, 4, 5, 8 – прийнято позначати буквою α й називати α -положенням, а чотири інші рівнозначні між собою положення – 2, 3, 6, 7 прийнято позначати буквою β й називати β -положенням.



Унаслідок нерівнозначності положень однозаміщені нафталіни існують у вигляді двох ізомерів – α - та β -.

Як сполуки з ароматичними властивостями багатоядерні ариени вступають в реакції електрофільного заміщення. Наприклад, нафтен добре вступає в реакції заміщення, навіть легше ніж бензен, тому, що ступінь ароматичності у нього нижчий.

Нітрування (S_E). Нафтен досить легко нітрується нітруючою сумішшю з утворенням α -нітронафтену:



Ці сполуки, особливо продукти їх окиснення і відновлення входять в склад багатьох природних біологічно-активних речовин. Багатоядерні ариени широко використовуються в синтезі барвників особливо трифенілметанового ряду, індикаторів та лікарських препаратів: вікасол, фероцерон, бриліантовий зелений, фенолфталеїн, фалімінт тощо.

II. Практична частина

Алгоритм лабораторної роботи Дослідження хімічних властивостей багатоатомних ароматичних вуглеводнів та їх похідних

Прилади та реактиви: штатив з пробірками, хімічний стакан, пробіркотримач, водяна баня, пробірконагрівач, дистильована вода, двогорла круглодонна колба (50 мл), холодильник, термометр, стакан, колба Бунзена, фільтр Шотта, 1 % розчин ферум(III) хлориду, α - і β -нафтоли, нафтен, конц. сульфатна кислота ($\rho=1,84$ г/мл) та конц. хлоридна кислота, 1 % розчин натрій гідроксиду.

Дослід 1. Сублімація нафтену.

У сухий стакан насипати декілька крупинок нафтену і опустити в нього пробірку з холодною водою. Герметично закрити стакан і нагріти його на плитці або спиртівці (не на сильному вогні). Що спостерігається? Звернути увагу на форму кристалів, які осідають на стінках пробірки з холодною водою.

Дослід 2. Нітрування нафтену.

У суху пробірку насипати декілька кристалів нафтену та додати 2 мл конц. нітратної кислоти. Отриману суміш нагріти на водяній бані до повного розчинення нафтену. Вміст пробірки охолодити і вилити у пробірку з 5–6 мл води. Спостерігати за виділенням жовтого осаду з характерним запахом нітросполук.

Написати рівняння реакції нітрування нафтену.

Як нітрується нафтен у порівнянні з бензеном?

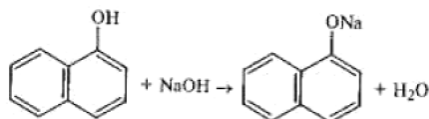
Дослід 3. Хімічні властивості нафтолів.

Дослід 3.1. Якісна реакція на нафтоли з розчином ферум(III) хлориду.

У дві пробірки кладуть кілька кристалів α - і β -нафтолів, додають 1 мл етилового спирту та 1–2 краплі 1% розчину ферум(III)хлориду. У реакційній суміші, що містить α -нафтол, утворюється фіолетове забарвлення, а потім випадають пластівці темно-фіолетового кольору. У пробірці з β -нафтолом розвивається жовто-зелене забарвлення й випадає білуватий осад.

Дослід 3.2. Утворення нафтолятів.

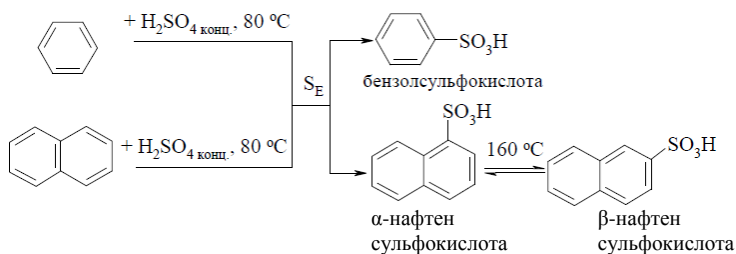
До декількох кристалів α - і β -нафтолів доливають по 1 мл води. Після ретельного перемішування помітного розчинення не відбувається. Додають у кожну пробірку розчин натрій гідроксиду й спостерігають розчинення α - і β -нафтолів у лузі:



Нафтоли у цій реакції проявляють кислотні властивості.

Дослід 4. Сульфування нафтену

Сульфування моно- та багатоядерних аренів проходить під час дії концентрованої сульфатної кислоти за схемою:

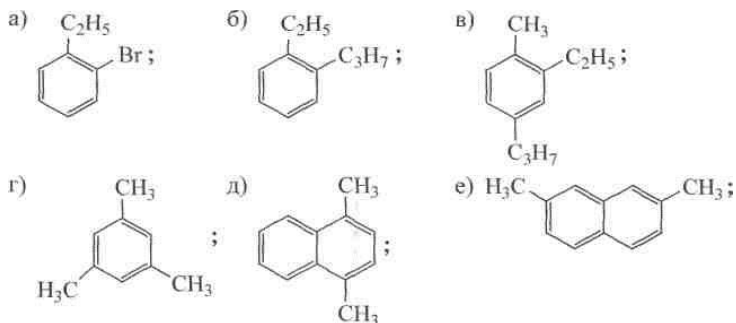


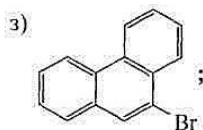
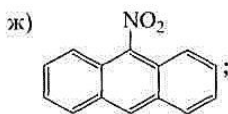
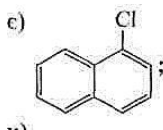
Порядок роботи. У двогорлу круглодонну колбу, місткістю 50 мл, зі зворотним повітряним холодильником і термометром поміщають нафталін (2,5 г) і сульфатну кислоту (2,5 мл). Постійно перемішуючи нагрівають суміш до 160°C . Витримують реакційну масу за цієї температури не менше 15 хв. Після охолодження виливають продукт в стакан з невеликою кількістю холодної води (4 мл) і охолоджують до 0°C . Випадає тригідрат β -нафталенсульфо кислоти, який відфільтровують.

Напишіть рівняння реакцій, запишіть спостереження та зробіть відповідні висновки щодо хімічних властивостей багатоядерних аренів.

Розв'язання завдань з теми «Багатоядерні ацени».

1. Назвіть речовини за замісновою (систематичною) номенклатурою:





III. Питання для самопідготовки

1. Класифікація, номенклатура та ізомерія багатоядерних аренів.
2. Багатоядерні ариени з конденсованими ядрами, їх нумерація, ароматичність.
3. Нафтен, його властивості, одержання, застосування.
4. Похідні нафтenu. Нафтоли. Їх застосування.
5. Інші сконденсовані багатоядерні ариени: антрацен, фенантрен, будова їх молекул.
6. Реакції окисації та заміщення в багатоядерних ариенах, їх механізм.
7. Канцерогенність багатоядерних сполук.
8. Багатоядерні ариени з неконденсованими ядрами. Дифеніл, його властивості.
9. Трифенілметан – основа для добування барвників.

Практичне заняття № 11

Тема: Небензоїдні ароматичні сполуки

Навчальна мета: опанувати принципи визначення ароматичності карбоциклічних сполук, фармацевтичну цінність ефірних олій, зокрема їх складових – азуленів.

Знати: електронну будову й ароматичність циклопентадієніл-аніона і циклогептатрієніл-катиона (тропілій-іона); азулени як представники конденсованої системи циклопентадієніл-аніона і тропілій-катиона і їхні хімічні властивості; застосування небензоїдних ароматичних структур в фармації.

Уміти: збирати нескладні лабораторні прилади для видалення, очищення та ідентифікації органічних речовин.

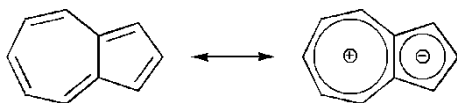
I. Короткі теоретичні відомості

Тенденція бензену, нафтену та їх похідних до збереження структури спряженого кільця у різних перетвореннях означає підвищену термодинамічну і кінетичну стійкість цього структурного фрагмента. Стабілізація (зниження електронної енергії) молекули, яка володіє циклічною структурою, досягається за повного заповнення електронами усіх зв'язуючих молекулярних π -орбіталей.

Виконання цих умов досягається, коли загальне число π -електронів у циклічному полієні дорівнює $(4n + 2)$, де $n = 1, 2, \dots$ (правило Хюккеля). Це правило пояснює стійкість бензену і нафтену.

До небензоїдних відносяться карбоциклічні ароматичні системи, карбоновий скелет яких побудований не з шестикутних бензенових кілець, а з інших багатокутників. Ароматичний вуглеводень азулен є ізомером нафтену і теж містить спряжену систему з 10 π -електронів, однак відрізняється від свого ізомера тим, що його молекула складається з конденсованих п'яти- і семичленного циклів.

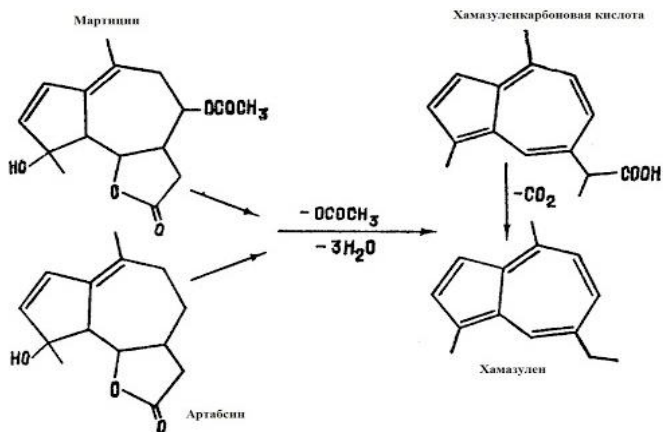
Азулени (біцикло [5.3.0] декапентаєни) – небензоїдні ароматичні сполуки, які містять конденсовану систему з п'яти- і семичленного циклів. Усі атоми карбону п'ятичленного циклу несуть невеликий негативний заряд; семичленного (крім атомів карбону, загальних для обох циклів) – позитивний. Унаслідок несиметричності їхніх циклів азулени біполярні, вони володіють дипольним моментом.



Найпростіший представник азуленів – азулен. Термін «азулен» для ефірних олій, забарвлених у темно-блакитний колір запропонував французький хімік Пісс, який потім використовувався для позначення вуглеводню – представника цієї групи сполук.

Азулени з алкільними заміниками забарвлені в інтенсивний синій, фіолетовий, зелений колір. У вільному стані – це рідини або кристалічні речовини з $t_{пл}$ від 40 до 100 °С.

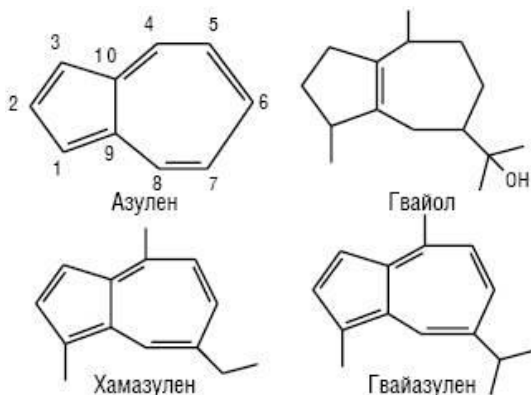
Азулени у вільному стані в природі виявляють дуже рідко; утворюються дегідруванням S або Se азуленогенів – сесквітерпенових вуглеводнів, спиртів, кетонів, які містяться в ефірних оліях, а також зі *справжніх проазуленів* – сесквітерпенових γ -лактонів (гваязуленів) – під час перегонки ефірної олії з водяною парою. Наприклад, хамазулен є продуктом перетворення матрицину, що міститься у кошиках хамоміли лікарської:



Незважаючи на різноманітність сесквітерпенових сполук, численність азуленів, які утворюються у процесі дегідрування, незначна.

Азулени виявлені в ефірних оліях багатьох родин (переважно у квіткових рослинах): айстрових, селерових, ясноткових, лаврових, перцевих, геранієвих, валеріанових, аралієвих і деяких інших.

Азулени в ефірних оліях містяться у мізерній кількості, але їх наявність у такій незначній кількості (1:10000) є помітною. Уперше виділені азулени були названі шляхом додавання частки назви ефірної олії до слова «азулен». Так, речовина, виділена з гваякової смоли, отримала назву гваязулен (1,4-диметил-7-ізопропілазулен), з олії хамоміли – хамазулен (1,4-диметил-7-етилазулен), з евкаліптової – евказулен, з олії ветиверії – ветивазулен, з елемолу – елемазулен тощо.



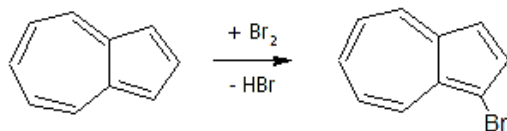
Пізніше багато азуленів було ідентифіковано і виявлено, що евказулен ідентичний s-гвайазулену, елемазулен – ветивазулену тощо.

Азулени розчинні у вуглеводнях. За температури вище 300°C ізомеризуються у нафтен і його гомологи.

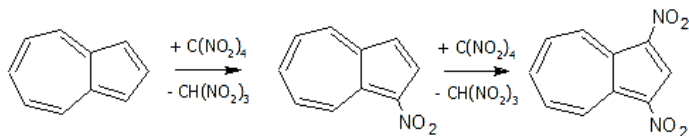
Унаслідок підвищеної електронної густини на атомах карбону п'яти-членного циклу азулени виявляють високу активність у реакціях з електрофільними агентами. Вони легко утворюють π -комплекси з електронодефіцитними сполуками, наприклад тринітробензолом, тринітротолуолом, пікриною кислотою, тетраціанхінодиметаном, карбонілами металів. Як сполуки з високою основністю під дією мінеральних або апротонних кислот азулени утворюють солі.

Здатність розчинятися у 60 % H_2SO_4 або 85 % H_3PO_4 з утворенням солей використовується для виділення азуленів, оскільки сіль гідролізується під час розведення кислотного розчину водою.

Біполярна будова пояснює більшу легкість електрофільного заміщення в азуленах, ніж в ароматичних сполуках, причому перший замісник вступає у положення 1, другий – у 3. Це має прояв у таких реакціях, як, наприклад, нітрування, галогенування, ацилювання, азосполучення:

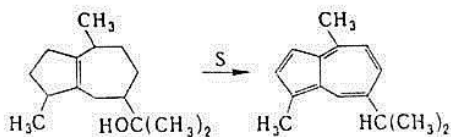


Азулени за реакційною здатністю аналогічні високоактивним п'ятичленим гетероциклам. Радикальне заміщення у процесі взаємодії азулену з нітроацетанлідом або діазосполуками відбувається також у положенні 1 та 3:



Нуклеофільні реагенти (напр. RLi, RMgX) вступають у положення 4, 6 або 8.

У промисловості азулени отримують дегідруванням у присутності окиснювачів (S або Se) сесквітерпенів, виділених з ефірних олій. Наприклад, гвайазулен синтезовано дегідрацією гвайоолу, виділеного зі смоли деревини гваяка, з наступним дегідруванням.



Азулени широко використовуються у фармацевтичній та медичній практиці оскільки мають протизапальну, бактеріостатичну, антиалергічну активність і виявляють седативну дію. На їх основі виготовляють лікарські препарати для лікування гастритів, колітів, виразок дванадцятипалої кишки, гастропатії, синуситів, циститів і стоматитів. Азулени перевіряли на антиканцерогенність, але результати виявилися негативними. У певних європейських медичних центрах азулени широко використовують з профілактичною метою, а також для лікування променевого, рентгенівських дерматитів та інших захворювань. Завдяки протизапальним властивостям азулени застосовують для виготовлення кремів, мазей, які захищають шкіру від сонячних опіків, для губних помад, зубних паст, води для полоскання рота і миття волосся.

II. Практична частина

Алгоритм лабораторної роботи

Видалення хамазулену з гіркого полину

Принцип методу. Хамазулен (1,4-диметил-7-етилазулен) – представник групи азуленів з ряду сесквітерпеноїдів, які містяться в ефірних оліях римської ромашки, евкаліпту, полину та інших південних рослин, а також виділені з деяких морських безхребетних. Хамазулену притаманні бактерицидні властивості, його використовують як протиопіковий засіб, додають у креми, губні помади, засоби для гоління та зубні пасту.

Прилади та реактиви: сухе листя гіркого полину – 200 г; КОН (10 %-ний спиртовий розчин) – 50 мл, концентрована хлоридна кислота – 30 мл H₂SO₄, петролейний етер, діетиловий етер.

Порядок роботи. Сухе подрібнене листя полину (*Artemisia absinthium*) екстрагують етанолом в апараті Сокслета. (Можна скористатися готовим аптечним екстрактом полину). До екстракту, який ще містить розчинник, додають 50 мл 10 %-ного спиртового розчину КОН. Суміш кип'ять із зворотним холодильником 10 год. При цьому азуленоген перетворюється на азулен.

Охолоджену лужну реакційну суміш нейтралізують розчином H_2SO_4 до кислотної реакції за конго і переганяють хамазулен з водяною парою. Перегонку ведуть до появи безбарвних погонів (хамазулен забарвлений).

Дистилят переносять у ділильну воронку, і продукт декілька разів екстрагують петролейним етером. Об'єднані екстракти обробляють трьома порціями по 10 мл концентрованої хлоридної кислоти. Кислотний екстракт змішують з 300 мл води.

Хамазулен екстрагують діетиловим етером. Розчин сушать сульфатом натрію, розчинник відганяють на водяній бані; у залишку – сирий хамазулен. Для остаточної очистки його переганяють у вакуумі з маленької колби Кляйзена або колбочки з комірцем, збирають фракцію 145–150°C при 10 мм рт. ст. Вихід до 0.2 г.

Ідентифікація Хамазулену. Однакові кількості 1,3,5-тринітробензолу і хамазулену розчиняють у десятикратному надлишку етанолу, аддукт кристалізується під час охолодження, $t_{пл.}$ 131–132° С.

III. Питання для самопідготовки

1. Наведіть приклад небензоїдної карбоциклічної структури з ароматичними властивостями, замкнута кон'югована система якої містить $(4n + 2)$ π -електронів, де $n = 1, 2, \dots$

2. Чому фероцен вступає в реакцію ацилування легше, ніж бензен? Напишіть відповідне рівняння реакції.

3. Поясніть, чому пропілію бромід не піддається ацилуванню.

4. Напишіть відповідні рівняння реакцій, які відбуваються у процесі взаємодії пропілію броміду з такими реагентами:

- $NaNH_2$;
- CH_3ONa .

Чи властива ароматичність отриманим продуктам?

5. Напишіть схеми реакцій, що утворюються під час взаємодії азулену з такими реагентами:

- бромом у присутності каталізатора $FeBr_3$;
- концентрованою нітратною кислотою;
- ацетилхлоридом у присутності каталізатора $AlCl_3$.

Назвіть продукти.

Додаток

Таблиця 1

Класифікація органічних сполук за природою функціональної групи

Назва класу * органічних сполук	Функціональна група та її		Позначення групи в назві сполуки у	
	формула	назва	префікси	суфікси
Карбонові кислоти	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	карбоксильна	-	-ова кислота
Солі карбонових кислот (Me – метал)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{Me} \end{array}$		-	метал ... - оат
Естери (R – вугле- водневий радикал)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$		R –оксикарбоніл–	R –оат
Аміди	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$		амінокарбоніл–	–амід
Нітрили	$-\text{C}\equiv\text{N}$	нітрильна	ціано–	–нітрил
Альдегіди	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	альдегідна	форміл–	–аль
Кетони	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	карбонільна	оксо–	–он
Нітросполуки	$-\text{NO}_2$	нітрогрупа	нітро–	-

Продовження табл.

Спирти	- OH	гідроксильна	гідрокси-	-ол
Феноли			гідрокси-	-
Аміни	- NH ₂	аміногрупа	аміно-	-амін
Етери	- O - R		R -окси-	R -окси-
Галогенпохідні	- F, - Cl, - Br, - I		флуоро-, хлоро-, бromo-, іодо-	-

* Прим. Послідовність, у якій функціональні групи наведені у таблиці, відповідає зниженню їх старшинства (зверху вниз).

Таблиця 2

Гомологічний ряд алканів

Брутто-формула	Назва
CH ₄	метан
C ₂ H ₆	етан
C ₃ H ₈	пропан
C ₄ H ₁₀	бутан
C ₅ H ₁₂	пентан
C ₆ H ₁₄	гексан
C ₇ H ₁₆	гептан
C ₈ H ₁₈	октан
C ₉ H ₂₀	нонан
C ₁₀ H ₂₂	декан
C ₁₁ H ₂₄	ундекан

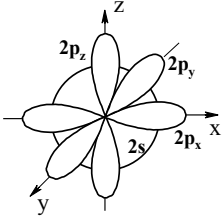
Таблиця 3

Найпоширеніші вуглеводневі радикали

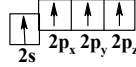
Похідні алканів		Похідні алкенів, алкінів, аренів	
Структурна формула	Назва	Структурна формула	Назва
$\text{H}_3\text{C}-$	метил	$\text{CH}_2=\text{CH}-$	вініл, етеніл
CH_3-CH_2-	етил	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аліл
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	пропіл	$\text{HC}\equiv\text{C}-$	етиніл
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{CH}- \\ \text{H}_3\text{C} \quad \diagup \end{array}$	ізо-пропіл	C_6H_5-	феніл
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	n-бутил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	бензил
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{CH}_2-\text{CH}_2- \\ \text{H}_3\text{C} \quad \diagup \end{array}$	ізо-бутил		
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$	втор-бутил		
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	трет-бутил		

Гібридизація валентних АО атома Карбону

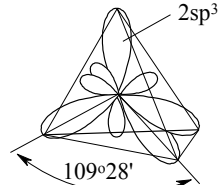
Орбітальна формула C*



Електронно-графічна формула C*

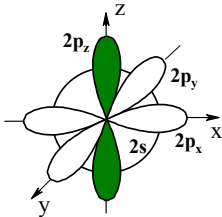


Орбітальна формула C в гібридному стані

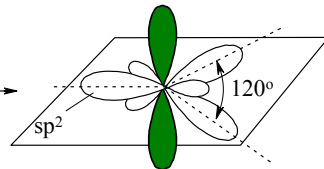


sp^3 -гібридизація
($2s + 2p_x + 2p_y + 2p_z$)

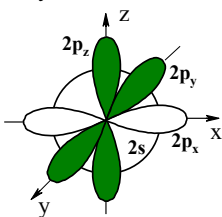
Тетраедрична будова



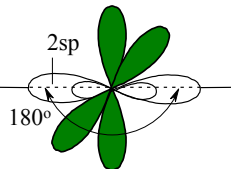
sp^2 -гібридизація
($s + p_x + p_y$)



Плоска будова



sp -гібридизація
($2s + 2p_x$)



Лінійна будова

Список рекомендованої літератури

Основна (базова)

1. Черних В. П., Зіменковський Б. С., Гриценко І. С. Органічна хімія. Харків, Вид-во НФаУ, «Оригінал», 2008 – 778 с.
2. Черних В. П., Гридасов В. І. Посібник до лабораторних і семінарських занять з органічної хімії. Харків. Вид-во «Основа», 1991. – 372 с.
3. Зіменковський Б. С., Музиченко В. А. Біоорганічна хімія. – Львів, «Кварт» 2009 : 402 с.
4. Навчальний посібник з органічної хімії для студентів фармацевтичного факультету. За ред. Б. С. Зіменковського, – Львів, ЛНМУ, 2013. – 316 с.
5. Зіменковський Б. С., Музиченко В. А., Ніженковська І. В. Біологічна та біоорганічна хімія. Том I. – Київ. Медицина, 2014. – 398 с.
6. Біологічна і біоорганічна хімія : у 2 кн. ; підруч. За ред. Ю. І. Губського, І. В. Ніженковської – К. : Медицина, 2016. – 544 с.
7. Загальний практикум з органічної хімії : навч. посіб. Для студ. вищ. навч. закл. III–IV рівнів акредитації / В. П. Черних, І. С. Гриценко, М. О. Лозинський, З. І. Коваленко ; за ред. В. П. Черних. – Х. : Вид-во НФаУ ; Золоті сторінки, 2003. – 592 с.

Допоміжна

8. Ластухін Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія : підручник. – Львів : Центр Європи, 2001. – 864 с.
9. Збірник тестових завдань з органічної хімії / за ред. проф. Ранського А. П. – Дніпропетровськ : ДВНЗ «УДХТУ», 2007. – 195 с.
10. Чирва В. Я., Ярмолюк С. М., Толкачова Н. В., Земляков О. Є. Органічна хімія : підручник. – Львів : БАК, 2009. – 996 с.
11. Ранський А. П., Сакалова Г. В. Лабораторний практикум з органічної та біоорганічної хімії : навчальний посібник для закладів вищої освіти III–IV рівнів акредитації із хімічних спеціальностей / А. П. Ранський, Г. В. Сакалова – Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. – 155 с.

Для нотаток

Для нотаток

Навчальне видання

**Олександр Георгійович
Невинський,
Олена Миколаївна
Ларичева**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ**

**ЧАСТИНА І.
НОМЕНКЛАТУРА, КЛАСИФІКАЦІЯ, МЕТОДИ
ВСТАНОВЛЕННЯ БУДОВИ ТА ОЧИСТКА ОРГАНІЧНИХ
СПОЛУК. РЕАКЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ВУГЛЕВОДНІВ**

Випуск 326

Редактор *Р. Грубкіна*.
Технічний редактор *О. Петроченко*.
Комп'ютерна верстка *Д. Кардаш*.
Друк *С. Волинець*, фальцювально-палітурні роботи *О. Мішалкіна*.

Підп. до друку 29.05.2021
Формат 60x84¹/₁₆. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 6,97. Обл.-вид. арк. 4,31.
Тираж 5 пр. Зам. № 6203.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018.