



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»

Факультет природничих наук

Кафедра хімії

**ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
З КУРСУ
«ОРГАНІЧНА ХІМІЯ»**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ

для здобувачів вищої освіти
факультету природничих наук
спеціальність «Хімія»

Київ
НаУКМА
2026

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

Укладачі:

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

Рецензенти:

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

Лабораторний практикум з курсу «Органічна хімія» :

Л12 методичні вказівки до виконання для здобувачів вищої освіти ф-ту
природн. наук спец. «Хімія» / Нац. ун-т «Києво-Могилян. акад.» ;
уклад.: Г. Г. Жалніна, А. В. Сікач. – Київ : НаУКМА, 2026. – 94 с.

ISBN 978-617-8640-06-4

Лабораторний практикум містить завдання для самостійної підготовки, контрольні запитання, інструкції та методичні вказівки щодо виконання лабораторних дослідів у межах програми курсів «Органічна хімія-1» та «Органічна хімія-2». Такий формат сприяє засвоєнню навчального матеріалу, розвитку самостійності та відповідальності здобувачів вищої освіти, а також підготовці до професійної діяльності. Видання можна використовувати як для самостійної підготовки, так і для поточного та підсумкового контролю знань.

Для здобувачів вищої освіти факультету природничих наук за спеціальністю «Хімія».

УДК 547(076.5)

ISBN 978-617-8640-06-4

© НаУКМА, 2026

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Правила роботи та техніка безпеки в лабораторії органічної хімії...	5
Лабораторне заняття № 1. Методи роботи з органічними речовинами.....	8
Лабораторне заняття № 2. Алкани	10
Лабораторне заняття № 3. Алкени.....	14
Лабораторне заняття № 4. Алкіни.....	18
Лабораторне заняття № 5. Арени.....	24
Лабораторне заняття № 6. Галогенопохідні вуглеводнів	30
Лабораторне заняття № 7. Нітропохідні вуглеводнів	36
Лабораторне заняття № 8. Амінопохідні вуглеводнів	40
Лабораторне заняття № 9. Гідроксилзаміщені вуглеводнів	46
Лабораторне заняття № 10. Карбонільні похідні вуглеводнів ...	53
Лабораторне заняття № 11. Карбонові кислоти та їх похідні	60
Лабораторне заняття № 12. Гетероциклічні сполуки	70
Лабораторне заняття № 13. Амінокислоти. Вуглеводи.....	78
 ДОДАТКИ	
Додаток А. Методика приготування розчинів і хімічних препаратів.....	86
Додаток Б. Реактиви і матеріали для проведення лабораторних робіт	90
Додаток В. Правила запису схем реакцій та їх механізмів	92
 Використані та рекомендовані джерела.....	 93

ВСТУП

Лабораторний практикум з органічної хімії є невіддільним компонентом навчального процесу для здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Хімія» факультету природничих наук НаУКМА.

Завдання та методичні вказівки до лабораторного практикуму з органічної хімії укладено відповідно до програм курсів «Органічна хімія-1» та «Органічна хімія-2» для здобувачів освіти за спеціальністю «Хімія» факультету природничих наук НаУКМА для сприяння ефективній підготовці до виконання лабораторних робіт, а також організації самостійної роботи перед практичними заняттями.

Матеріали охоплюють основні розділи органічної хімії, містять завдання для самостійної підготовки, контрольні запитання, задачі та експериментальні інструкції до лабораторних дослідів. Такий підхід сприяє не лише засвоєнню теоретичних основ органічної хімії, а й формуванню практичних навичок проведення хімічного експерименту, розвитку аналітичного мислення та наукового підходу до розв'язання поставлених завдань.

Підготовка до кожного лабораторного заняття передбачає вивчення ключових питань за рекомендованими джерелами, письмове виконання завдань, аргументовані відповіді на контрольні запитання, а також підготовку протоколів дослідів. Така структура забезпечує цілісне засвоєння навчального матеріалу, сприяє розвитку самостійності та відповідальності в навчанні, а також підготовці майбутніх фахівців до професійної діяльності.

ПРАВИЛА РОБОТИ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

Практичні заняття з органічної хімії пов'язані з використанням реактивів, частина з яких є токсичними, вибухонебезпечними або легкозаймистими, тому суворе дотримання правил техніки безпеки є обов'язковою умовою допуску до роботи в лабораторії. Здобувачі освіти допускаються до практичних занять лише після проходження докладного інструктажу з техніки безпеки. Порушення правил, недбалість чи неухважність можуть призвести до нещасних випадків.

Загальні вимоги до роботи в лабораторії

Усі роботи проводять **лише за увімкненої витяжної вентиляції**.

Здобувачі освіти повинні працювати у **спецодязі** (халат або комбінезон), **гумових рукавичках**, а для захисту обличчя й очей використовувати **захисні щитки з органічного скла або захисні окуляри**.

Виконання експериментальної частини можна **розпочинати тільки після**:

- ✓ ознайомлення з хімічним посудом, технікою проведення дослідів;
- ✓ вивчення властивостей і призначення всіх реагентів та розчинників;
- ✓ засвоєння правил роботи з електро- та газонагрівальними приладами.

На лабораторному столі повинні бути лише необхідні реактиви, приладдя та лабораторний журнал!

Заборонено працювати з посудом, що має тріщини, сколи або глибокі подряпини. Перед використанням скляного і порцелянового посуду обов'язково перевірити його чистоту і цілісність.

Робота з небезпечними речовинами

Усі операції з легкозаймистими речовинами (ЛЗР), концентрованими кислотами і лугами, досліди з утворенням газоподібних продуктів і роботу з металічним натрієм **проводити** тільки у витяжній шафі, із використанням засобів індивідуального захисту (маска, окуляри, протигаз, рукавички тощо).

Заборонено нагрівання колб із ЛЗР на відкритому вогні і поблизу відкритого полум'я, потрібно уникати потрапляння води на розігріту зовнішню поверхню скляних посудин, охайно і дбайливо поводитися з лабораторним посудом та обладнанням.

Правила нагрівання речовин

- ✓ Заборонено нагрівати речовини в герметично закупорених посудинах, оскільки це може призвести до вибуху.
- ✓ Щоб запобігти викиду рідини під час кип'ятіння, потрібно нагрівати її рівномірно, тобто часто перемішувати.
- ✓ Обов'язково покласти на дно посудини 2–3 кип'ятильні камінці (наприклад, шматочки неглазурованої плитки) для утворення центрів кипіння та запобігання викиду рідини.
- ✓ Пробірки з речовинами нагрівають поступово й рівномірно, тримаючи їх похило затискачем, від себе та інших осіб, періодично струшуючи.

Брати й переносити склянки і штанглази з речовинами, охоплюючи їх пальцями збоку, а не за горловину! Закупорювати посудину слід відразу ж після використання і тільки тими самими пробками й кришками.

Не відлучатися з лабораторії без дозволу викладача, **не залишати без нагляду** лабораторні прилади, що нагріваються, не споживати їжу в лабораторії.

Після завершення роботи ретельно вимити і поставити сушитися посуд, розставити штанглази і склянки на їхні місця, витерти робочу поверхню столу, закрутити газові і водопровідні крани, вимкнути електроприлади, витягну вентиляцію і погасити світло в лабораторії. Перед тим як піти з лабораторії, **вимити руки** теплою водою з милом.

Засоби пожежогасіння та дії у разі займання

У лабораторії завжди є **НАЙПРОСТІШІ ЗАСОБИ ВОГНЕГАСІННЯ**: ящики з піском, вогнегасники та протипожежні простирадла.

- ✓ *Повстина* або *ковдра* (грубошерсте або азбестове полотнище) – застосовують для гасіння невеликої за площею поверхні, повстиною обгортають людину у разі займання одягу. Не можна давати постраждалому можливості бігти, бо це тільки посилює полум'я.
- ✓ *Пісок* – універсальний первинний засіб для гасіння більшості видів займання.
- ✓ *Вода* – застосовують тільки для припинення горіння змішуваних із водою рідин, предметів, виготовлених із дерева, пластмас та ін.
- ✓ **Заборонено** застосовувати воду для гасіння електроприладів та речовин, що бурхливо реагують з водою (натрій, калій, оксид і карбід кальцію, хлорангідриди кислот).
- ✓ *Вогнегасники* різних типів – ефективні засоби боротьби з вогнем, найуніверсальніші порошкові вогнегасники ВП-1Б, ВП-2-01, ВП-5-01.

Ці правила є обов'язковими для виконання всіма здобувачами освіти. Недотримання вимог техніки безпеки може призвести до серйозної шкоди здоров'ю, відсторонення від практичних занять та/або дисциплінарної відповідальності.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

МЕТОДИ РОБОТИ З ОРГАНІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

1. Під час роботи в лабораторії органічної хімії слід завжди пам'ятати, що органічні сполуки тією чи іншою мірою є токсичними та вибухонебезпечними. Тому потрібно дотримуватися чистоти на робочому місці, бути уважним, уникати потрапляння хімічних речовин і розчинників на шкіру, не торкатися руками очей та обличчя, а також не вживати їжу під час роботи.
2. Лабораторний посуд, у якому зберігаються реактиви, повинен мати чітке маркування з назвою речовини. **Користуватися реактивами невідомого походження категорично заборонено!**
3. Проведення дослідів у забрудненому посуді заборонено. Увесь посуд потрібно ретельно мити після завершення роботи.
4. Заборонено нахилятися над посудом, у якому відбувається кипіння або наливається будь-яка рідина, особливо їдка. Під час нагрівання рідини в пробірці її отвір не має бути спрямований у бік людей, що перебувають у лабораторії.
5. Категорично заборонено куштувати хімічні речовини на смак.
6. Під час роботи з газовим пальником потрібно переконаватися, що поруч немає легкозаймистих речовин. Не можна залишати запалені пальники на столах без потреби.
7. Під час змішування двох рідин слід пам'ятати, що рідину з більшою густиною доливають до рідини з меншою густиною. Під час розбавлення концентрованої сульфатної кислоти або змішування концентрованих сульфатної та нітратної кислот, що супроводжується виділенням тепла, дозволено використовувати лише тонкостінний лабораторний посуд зі скла або порцеляни.
8. Не знешкоджені їдкі відходи категорично заборонено зливати в каналізацію. Їх потрібно попередньо нейтралізувати або зібрати у спеціально підготовлений посуд для подальшої утилізації.
9. Під час роботи з бромом потрібно пам'ятати, що це токсична речовина, яка подразнює слизові оболонки та може спричинити

важкі хімічні опіки. Усі операції з бромом мають проводитися лише у витяжній шафі, у гумових рукавичках та із захистом очей від його випарів.

10. Усі роботи з легкозаймистими речовинами слід проводити лише у витяжній шафі. Поблизу не повинно бути джерел відкритого вогню або ввімкнених нагрівальних приладів. Нагрівання таких речовин дозволено лише на банях, заповнених відповідним теплоносієм.
 11. Під час роботи з металічним натрієм потрібно ретельно стежити, щоб на робочому столі не було навіть незначної кількості води. Не допускається наявність протікання у шлангів від холодильників або відкритих водопровідних кранів. Натрій нарізають виключно на сухому фільтрувальному папері, без контакту з незахищеними руками. Обов'язкове використання захисних окулярів. Після завершення роботи всі залишки натрію потрібно ретельно зібрати та помістити в банку з гасом, після чого передати препаратору. Перед миттям посуду, у якому працювали з натрієм, слід переконаватися, що немає залишків металічного натрію. Рештки натрію знешкоджують обережним розчиненням в етиловому спирті.
 12. У разі потрапляння *лугу або кислоти* на шкіру, уражену ділянку треба негайно промити під струменем води протягом не менше ніж 20 хвилин, після чого накласти стерильну пов'язку.
- У разі *термічних опіків* уражене місце слід обробити етиловим спиртом, а потім також накласти стерильну пов'язку.
- Якщо *луг або кислота потрапили в очі*, їх потрібно негайно промити великою кількістю води кімнатної температури, спрямовуючи слабкий струмінь безпосередньо в очі.
- У разі *опіків фенолом* уражену ділянку слід обробити спиртом упродовж тривалого часу.
- У разі *порізів* рану треба змастити 5 % розчином йоду та накласти стерильну пов'язку.
- У всіх випадках після надання першої допомоги потерпілий повинен звернутися до медичного пункту.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

АЛКАНИ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура алканів: загальна характеристика алканів як насичених ациклічних вуглеводнів.

Назви алканів:

- Тривіальні назви – приклади та особливості використання.
- Систематична (раціональна) та міжнародна (замісниковна, IUPAC) номенклатури: правила складання назв, приклади ізомерів.

Ізомерія алканів: структурна (карбонова скелетна) ізомерія.

Гібридизація атомів Карбону: особливості sp^3 -гібридизації, геометрія молекули (тетраедр).

Атомно-орбітальна модель (АОМ) алканів:

- Побудова молекули метану (CH_4): розподіл електронів, типи зв'язків.
- Побудова молекули етану (C_2H_6): σ -зв'язки, вільне обертання навколо одинарного зв'язку.

Промислові методи одержання алканів: гідрування вуглеводневої сировини; синтез Фішера – Тропша.

Лабораторні (синтетичні) методи одержання алканів: каталітичне гідрування ненасичених вуглеводнів; реакція Вюрца (сполучення галоген-алканів з натрієм); реакція Корі – Хауса (використання літєвих реагентів); взаємодія металоорганічних сполук з водою; сплавлення солей карбонових кислот з лугами; електроліз карбонових солей (декарбоксилювання); відновлення галогеналканів воднем або металами.

Хімічні властивості алканів:

- **Реакційна здатність:** утворення алкільних радикалів.
- **Реакції радикального заміщення (тип S_R):** галогенування (наприклад, хлорування етану); сульфування та сульфохлорування; реакція Коновалова (рідкофазне нітрування алканів розбавленою HNO_3), газофазне нітрування алканів.
- **Окиснення алканів:** повне (до CO_2 і H_2O) та часткове.
- **Термічний та каталітичний крекінг:** механізми розщеплення карбонового ланцюга з утворенням алкенів та алканів.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть структурні формули всіх ізомерних алкільних замісників C_3H_7- ; C_4H_9- ; $C_5H_{11}-$. Вкажіть, які з цих замісників є первинними, вторинними та третинними, назвіть їх.
2. Напишіть структурні формули ізомерних алканів складу C_7H_{16} , головний ланцюг яких складається з п'яти атомів Карбону. Назвіть їх.
3. Чи правильно утворено за міжнародною номенклатурою назви таких алканів: 2-етилгексан; 2,2,4-триметилпентан; 3-етилпентан; 2-ізопропілбутан; 3-етил-1-метилнонан. Наведіть правильні назви.
4. За реакцією Вюрца або Корі – Хауса синтезуйте такі алкани: 1) 2,3-диметибутан; 2) 2,3-диметилпентан; 3) 2,3-диметилгексан; 4) 2,5-диметилгексан. Поясніть, у яких випадках зручніше використовувати той чи той спосіб.
5. Визначте будову карбонової кислоти за такими властивостями: 1) внаслідок електролізу водного розчину її натрієвої солі утворюється вуглеводень $C_{10}H_{22}$; 2) в результаті декарбоксилювання солі цієї кислоти з лугом утворюється тетраметилметан. Наведіть схеми вказаних реакцій. Назвіть визначену кислоту за раціональною і міжнародною номенклатурами.
6. Які вуглеводневі радикальні частинки утворюються в процесі хлорування ізопентану $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$? Які з них найбільш стійкі? Чому? Наведіть схему й механізм радикального хлорування ізопентану.
7. Вуглеводень C_7H_{16} було добуто відновленням 2-йодо-2,3-диметилпентану. Внаслідок сульфохлорування C_7H_{16} утворюється вторинна похідна. Поясніть, чому? Визначте будову C_7H_{16} . Наведіть схему та умови реакції сульфохлорування, її механізм.
8. Із магнійорганічної сполуки $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-MgBr$ синтезуйте насичений вуглеводень. Запропонуйте інші способи його добування. Напишіть для добутого вуглеводню схему реакції нітрування і механізм.
9. При нагріванні калієвої солі ізовалеріанової кислоти $(CH_3)_2CHCH_2COOK$ з лугом одержують вуглеводень C_4H_{10} . Визначте його будову. Напишіть для нього схеми та механізм реакцій хлорування та сульфохлорування. Вкажіть особливості цих реакцій. Яка речовина утворюється внаслідок електролізу цієї солі? Напишіть схему цієї реакції.
10. Перетворіть первинний бутилбромід у насичений вуглеводень: 1) з тією самою кількістю атомів Карбону і з такою самою будовою карбонового ланцюга; 2) з подвійною кількістю атомів Карбону; 3) зі зменшеною на одиницю кількістю атомів Карбону. Для добутого за способом «2» алкану напишіть схему реакції нітрування за Коноваловим та наведіть її механізм.

Експериментальна частина

ОДЕРЖАННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ АЛКАНІВ

Дослід 1. Одержання метану і вивчення його властивостей

Реактиви: зневоднений натрій етаноат (ацетат натрію), натрій гідроксид, кальцій гідроксид, бромна вода, 0,5 % розчин калій перманганату.

У суху пробірку з газовідвідною трубкою насипають на 1/8 її об'єму суміш, яка складається з однієї частини зневодненого натрій етаноату (ацетату натрію) і двох частин заздалегідь прожареного натронного вапна (рис. 1). *Натронне вапно* є сумішшю натрій гідроксиду (їдкого натру) і кальцій гідроксиду.

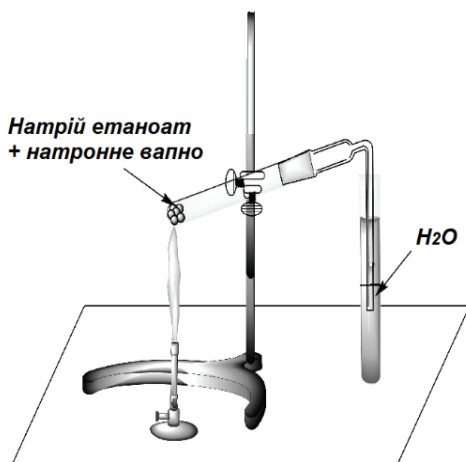
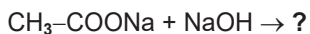


Рис. 1. Добування метану

Пробірку закріплюють на штативі з невеликим нахилом у бік корка (або керна) та нагрівають полум'ям пальника. Спочатку прогрівають усю пробірку, а потім сильно нагрівають суміш.

Розкладання натрій етаноату (ацетату натрію) відбувається за схемою:

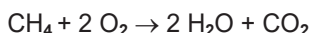


Газ, що виділяється, пропускають в окремі пробірки з бромною водою та 0,5 % розчином калій перманганату (рис. 1).

Чи змінюється забарвлення цих розчинів? Чому (?).

Метан можна підпалити на кінці газовідвідної трубки. Запалений газ горить блакитним полум'ям.

Схема реакції згоряння метану:



Дослід 2. Взаємодія рідких вуглеводнів з бромною водою

Реактиви: пентан або гексан, пент-1-ен (амілен) або скипидар, бромна вода.

У пробірки наливають по 1–2 мл бромної води, додають по 1 мл пентану або гексану та енергійно збовтують. Чи відбувається реакція?

Паралельно проводять дослід з аміленом або сумішшю рідких етиленових вуглеводнів (скипидар) і спостерігають дуже швидко знебарвлення бромної води внаслідок (чого?). Яка речовина утворюється (?):



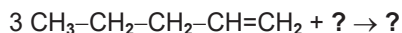
Дослід 3. Взаємодія рідких вуглеводнів з розчином калій перманганату

Реактиви: пентан або гексан, пент-1-ен (амілен) або скипидар, 0,5 % розчин калій перманганату.

У пробірки наливають 1–2 мл 0,5 % розчину калій перманганату.

У кожен пробірку додають по 1 мл пентану або гексану й енергійно збовтують. Реакція відбувається?

Паралельно проводять дослід з аміленом або із сумішшю етиленових вуглеводнів (скипидар) і спостерігають за забарвленням розчину калій перманганату та осадженням бурого осаду (чого?). Відбувається реакція окиснення пент-1-ену (амілену):



Після виконання дослідів **1–3** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та заповніть прогалини в схемах реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

АЛКЕНИ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура алкенів: загальна характеристика алкенів як ациклічних ненасичених вуглеводнів, що містять один подвійний зв'язок.

Назви алкенів: систематична (IUPAC) номенклатура: правила утворення назв, розташування локантів; особливості найменування ізомерів.

Ізомерія алкенів: структурна ізомерія (положення подвійного зв'язку, розгалуження ланцюга); геометрична (цис-/транс- або E/Z-ізомерія) – причини виникнення та правила визначення.

Електронна будова та гібридизація: sp^2 -гібридизація атомів Карбону в алкенах; подвійний зв'язок: σ - і π -компоненти, їх просторове розташування; атомно-орбітальна модель (АОМ) молекули етилену: розподіл електронної густини, валентні кути, жорстка плоска будова.

Лабораторні та промислові методи добування алкенів: каталітичне дегідрування алканів; дегідрогалогенування моногалогеналканів (реакція з лугом $\rightarrow$ алкен); дегалогенування дигалогеналканів ($Zn \rightarrow$ утворення подвійного зв'язку); дегідратація спиртів (у присутності H_2SO_4 або Al_2O_3); селективне гідрування алкінів (наприклад, із використанням каталізатора Ліндлара).

Хімічні властивості алкенів:

- **Реакції електрофільного приєднання (механізм A_E):** приєднання галогенів (Cl_2 , Br_2) та галогеноводнів (HCl , HBr) – правило Марковникова; приєднання води (гідратація); реакція з концентрованою сульфатною кислотою; реакція з гіпогалогеновими кислотами (наприклад, $HOCl$).
- **Окиснення:** реакція Вагнера (з розчином $KMnO_4$); озонування алкенів $\rightarrow$ утворення карбонільних сполук; реакція Прилежаєва (епоксидування з використанням органічних пероксидів).
- **Алільне галогенування:** реакції за участі алільних радикалів.
- **Відновлення:** каталізоване гідрування до алканів.
- **Полімеризація алкенів:** механізми: вільнорадикальна, йонна (катіонна й аніонна), координаційна (наприклад, із використанням каталізаторів Циглера – Натта). Типи полімерів: атактичні, ізо-тактичні – вплив стереoreгулярності на властивості матеріалів.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Для сполук загальної формули C_4H_8 , C_5H_{10} , C_6H_{12} напишіть структурні формули всіх можливих ізомерів і назвіть їх за міжнародною та раціональною номенклатурами.
2. Які з наведених сполук існують у вигляді геометричних ізомерів: бут-2-ен; 2-метилбут-2-ен; 2,3,3-триметилбут-1-ен; 3-етилгекс-3-ен. Напишіть усі структурні формули алкенів. Назвіть геометричні ізомери за міжнародною номенклатурою.
3. Наведіть схему реакції та механізм йонного та радикального бромовання пропілену.
4. Здійсніть перетворення 2-метилпентан-3-олу у 2-метил-пент-2-ен. Поясніть, за яким правилом визначається послідовність відщеплення води. Напишіть схему реакції.
5. Під час нагрівання 3-бром-2-метилпентану зі спиртовим розчином лугу одержують алкен. Які вуглеводні одержують у тих самих умовах з: 1) первинного бутилйодиду; 2) 2-бromo-2-метилбутану, 3) 4-бromo-2,2-диметилгептану. Напишіть схеми реакцій та назвіть алкени.
6. Який вуглеводень одержують унаслідок дегідратації *n*-бутилового спирту $CH_3(CH_2)_2CH_2OH$? Чи є можливим утворення ізомерних вуглеводнів? Яка проміжна сполука утворюється, якщо як реагент для дегідратації використовують сульфатну кислоту?
7. Напишіть схеми реакції озонування алкенів, озоніди яких після взаємодії з водою утворюють: 1) ацетон і пропіоновий альдегід; 2) метилізопропілкетон і пропіоновий альдегід; 3) диетилкетон та ізомасляний альдегід; 4) ізовалеріановий альдегід. Назвіть алкени.
8. Визначте структуру алкену, який внаслідок гідрохлорування утворює 2-хлоро-2,4,4-триметилгексан; а при окисненні – мурашину кислоту та кетон (4,4-диметилгексан-2-он). Наведіть схеми реакцій та механізм гідрохлорування визначеного алкену.
9. Напишіть схеми і механізми ланцюгової радикальної полімеризації пропілену та катіонної полімеризації ізобутилену.
10. Алкен C_5H_{10} можна добути дегідратацією відповідного спирту. Під час взаємодії алкену C_5H_{10} з HBr та H_2O утворюються третинна бромпохідна та третинний спирт, а під час озонування – оцтовий альдегід і ацетон. Визначте структуру C_5H_{10} . Напишіть схеми та умови вказаних реакцій, назвіть продукти реакцій.

Експериментальна частина

ОДЕРЖАННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ АЛКЕНІВ

Дослід 1. Одержання етилену і вивчення його властивостей

Реактиви: етанол, концентрована сульфатна кислота, бромна вода, 0,5 % розчин калій перманганату.

У пробірку з газовідвідною трубкою наливають 2–3 мл заздалегідь виготовленої суміші, що складається з однієї частини етанолу і трьох частин концентрованої сульфатної кислоти, кидають маленький шматочок пемзи для рівномірного кипіння суміші. Пробірку закривають корком із газовідвідною трубкою (рис. 2) і суміш обережно нагрівають до кипіння.

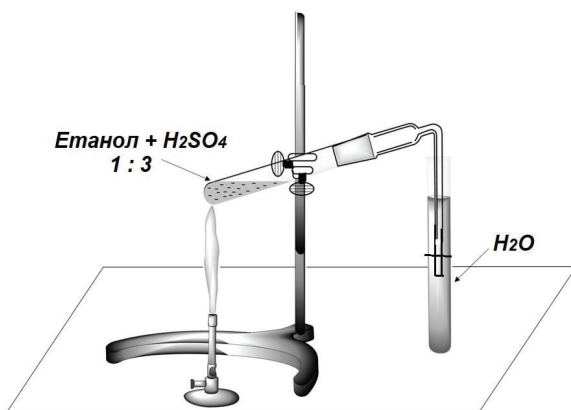
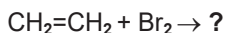


Рис. 2. Одержання етилену

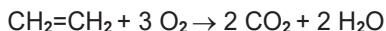
Газ, що виділяється, пропускають в окремі пробірки із 1–2 мл бромної води та 1–2 мл 0,5 % розчину калій перманганату.

Бромна вода і розчин калій перманганату знебарвлюються (внаслідок чого?). Напишіть схеми реакцій, які відбуваються.



Етилен можна також підпалити на кінці газовідвідної трубки.

Етилен горить яскравим полум'ям з утворенням діоксиду карбону і води:



Дослід 2. Взаємодія рідких алкенів з бромною водою

Реактиви: пент-1-ен (амілен), скипидар, бромна вода.

У пробірки наливають по 1–2 мл бромної води, додають по 1 мл пент-1-ену (амілену) або суміші рідких етиленових вуглеводнів (скипидар) і спостерігають дуже швидке знебарвлення бромної води (внаслідок чого?):

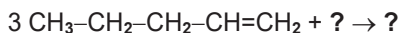


Дослід 3. Взаємодія рідких алкенів з розчином калій перманганату

Реактиви: пент-1-ен (амілен), скипидар,
0,5 % розчин калій перманганату.

У пробірки наливають по 1–2 мл 0,5 % розчину калій перманганату. У кожену пробірку додають по 1 мл пент-1-ену (амілену) або суміші рідких етиленових вуглеводнів (скипидар) і спостерігають знебарвлення розчинів.

Забарвлення калій перманганату змінюється, і випадає осад брунатного (бурого) кольору (внаслідок чого?):



Після виконання дослідів **1–3** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та заповніть прогалини в схемах реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

АЛКІНИ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура алкінів: загальна характеристика алкінів як ненасичених ациклічних вуглеводнів із потрійним зв'язком.

Номенклатура алкінів: тривіальні назви: приклади та особливості вживання. Систематична міжнародна (IUPAC) номенклатура: правила складання назв; приклади структурної та позиційної ізомерії.

Ізомерія алкінів: структурна ізомерія: карбонова скелетна (ланцюгова); позиційна (розташування потрійного зв'язку); функціональна (наприклад, між алкінами та дієнами).

Гібридизація та будова молекул: sp-гібридизація атома Карбону, лінійна геометрія молекули ацетилену; атомно-орбітальна модель ацетилену; формування σ - і π -зв'язків; делокалізація електронної густини в потрійному зв'язку.

Лабораторні та промислові методи добування алкінів: добування ацетилену з карбиду кальцію; піроліз метану за високої температури; дегідрогалогенування дигалогеналканів: гемінальних та віцинальних; алкілування ацетилену; гідроліз ацетиленідів.

Хімічні властивості алкінів:

- **Реакції електрофільного приєднання (тип A_E):** гідрогалогенування; приєднання галогенів (Cl_2 , Br_2); реакція Кучерова.
- **Реакції нуклеофільного приєднання:** приєднання спиртів; приєднання органічних кислот; приєднання альдегідів і кетонів.
- **Реакції гідрування:** часткове гідрування; повне гідрування (утворення алканів).
- **Окиснення алкінів:** реакції з $KMnO_4$ та O_3 ; окиснення з розривом потрійного зв'язку.
- **Реакції заміщення:** утворення ацетиленідів металів; утворення комплексів Йодича; галогенування атома Карбону.
- **Реакції олігомеризації та полімеризації:** димеризація; тримеризація; полімеризація.
- **Ізомеризація алкінів:** переходи між структурними або позиційними ізомерами під дією каталізаторів або температури.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть усі ізомери алкінів загальної формули C_6H_{10} . Назвіть їх за міжнародною та раціональною номенклатурами.
2. Використавши реакцію Гріньяра, синтезуйте з ацетилену
 - 1) етилацетилен;
 - 2) дипропілацетилен;
 - 3) 4-метилпент-1-ин.

Для цих вуглеводнів наведіть реакцію Кучерова та її механізм.
Напишіть схеми вказаних реакцій.

3. Здійсніть перетворення:
 - 1) бут-2-ен $\rightarrow$ бут-2-ин;
 - 2) 2,2-дибромбутан $\rightarrow$ диметилацетилен;
 - 3) пентан-1-ол $\rightarrow$ пент-2-ин;
 - 4) 3,3-диметилбутан-1-ол $\rightarrow$ *трет*-бутилацетилен.

Напишіть схеми вказаних перетворень, назвіть продукти реакцій.

4. 3-метилбут-1-ин добули з алкілгалогеніду загальної формули $C_5H_{11}Cl$. Визначте структуру галогенопохідної $C_5H_{11}Cl$.

Напишіть для 3-метилбут-1-ину схеми реакцій окиснення, гідробромовання та гідратації за Кучеровим. Поясніть особливості реакцій електрофільного приєднання галогеноводнів (наведіть механізм цієї реакції).

5. Напишіть реакції взаємодії ацетилену із вказаними речовинами в присутності відповідних каталізаторів (вкажіть їх):

- 1) з ацетиленом;
- 2) з формальдегідом;
- 3) з оцтовим альдегідом;
- 4) з оцтовою кислотою;
- 5) з метиловим спиртом.

Назвіть продукти цих реакцій.

Наведіть схему та механізм реакції нуклеофільного приєднання спиртів до алкінів.

6. З ацетилену синтезуйте:

- 1) 5-метилгекс-1-ин;
- 2) гепт-3-ин;
- 3) ізобутилацетилен.

Вкажіть, які з цих сполук можуть реагувати з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду.

Напишіть схеми вказаних реакцій.

7. Напишіть умови та продукти реакцій окиснення алкінів різними окисниками.
8. Визначте структуру алкіну C_6H_{10} , якщо він унаслідок гідрування утворює 2-метилпентан; реагує з натрій амідом; у результаті окиснення утворює формальдегід та ізовалеріановий альдегід. Напишіть умови і схеми вказаних реакцій, назвіть їх за міжнародною номенклатурою. Для визначеної сполуки C_6H_{10} напишіть схему реакції Кучерова.
9. Визначте структурну формулу алкіну, якщо в результаті його окиснення утворюються оцтова та диметилоцтова кислоти. Напишіть схему реакції, назвіть визначений вуглеводень.
10. Алкін C_6H_{10} реагує з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду, внаслідок дії етилату натрію ізомеризується. Добутий ізомер у разі окиснення утворює суміш оцтової та масляної кислот. Визначте структуру вуглеводню C_6H_{10} . Напишіть умови і схеми вказаних реакцій, назвіть усі сполуки.

Експериментальна частина

ОДЕРЖАННЯ АЦЕТИЛЕНУ ТА ВИВЧЕННЯ ЙОГО ВЛАСТИВОСТЕЙ

Дослід 1. Одержання ацетилену з карбіду кальцію

Реактиви: карбід кальцію, дистильована вода.

Невеликі кількості ацетилену зручно одержувати в пробірці, що має в дні отвір. У таку пробірку поміщають 2–3 шматочки карбіду кальцію, потім невеликий шматочок вати і закривають пробірку корком із газовідвідною трубкою, що має гвинтовий затискач. Із закритим затискачем підводять під пробірку склянку з водою так, щоб рівень води був значно вищий від шару карбіду в пробірці. Внаслідок відкриття затискача вода заповнює пробірку через нижній отвір і реагує з карбідом кальцію, утворюючи ацетилен:



Ацетилен, що утворюється, відводиться через газовідвідну трубку. Якщо закрити затискач, то реакція в пробірці припиняється.

Велику кількість ацетилену можна одержати в реакторі, який має крапельну лійку (наповнену дистильованою водою) та зігнуту газовідвідну трубку (рис. 3), методом «вода на карбід».

У реактор поміщають декілька шматочків карбіду кальцію.

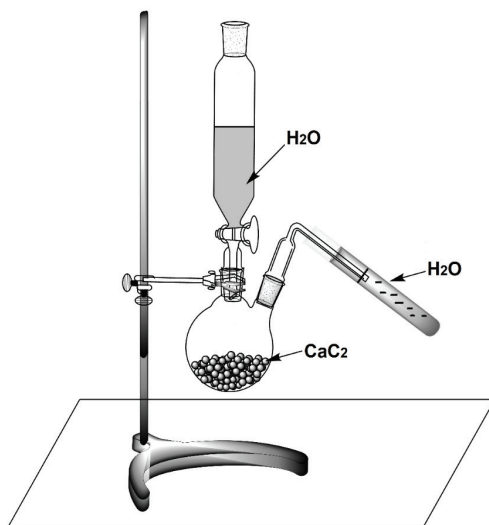


Рис. 3. Добування ацетилену

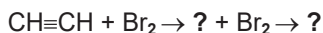
Зігнуту газовідвідну трубку з'єднують із пробіркою, яка містить дистильовану воду, потім із крапельної лійки краплями додають воду.

З ацетиленом, що виділяється, проводять характерні реакції.

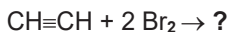
Дослід 2. Приєднання броду до ацетилену

Реактиви: бромна вода, ацетилен (див. дослід 1).

У пробірку наливають 1–2 мл бромної води і пропускають ацетилен. Бромна вода знебарвлюється – відбувається приєднання броду до ацетилену. Реакція приєднання броду відбувається у дві стадії:



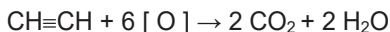
або в сумарному вигляді



Дослід 3. Окиснення ацетилену

Реактиви: 0,5 % розчин калій перманганату, ацетилен (див. дослід 1), розчин натрій карбонату (сода).

У пробірку наливають 1–2 мл розведеного розчину калій перманганату, підлученого розчином соди, і пропускають крізь нього ацетилен. При цьому спостерігають зміну забарвлення розчину й утворення бурого осаду манган(IV) оксиду, що вказує на окиснення ацетилену.

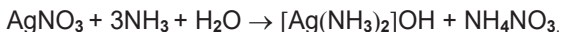


Реакція окиснення ацетилену калій перманганатом калію є доволі складною. Утворюється щавлева кислота як продукт окиснення, мурашина кислота і в кінцевому результаті – діоксид карбону і вода.

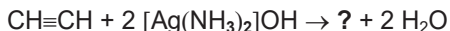
Дослід 4. Утворення аргентум(I) ацетиленіду

Реактиви: амоніачний розчин аргентум(I) гідроксиду, ацетилен (див. дослід 1).

У пробірку наливають 1–2 мл амоніачного розчину аргентум(I) гідроксиду, виготовленого з аргентум(I) нітрату і водного розчину амоніаку:



Через одержаний розчин пропускають ацетилен. При цьому утворюється сірий осад аргентум(I) ацетиленіду:



Дослід 5. Утворення купрум(I) ацетиленіду

Реактиви: амоніачний розчин купрум(I) хлориду, ацетилен (див. дослід 1).

У пробірку поміщають 2–3 мл амоніачного розчину купрум(I) хлориду, виготовленого додаванням до невеликої кількості купрум(I) хлориду водного розчину амоніаку до повного його розчинення. Через розчин пропускають ацетилен. Розчин спочатку забарвлюється в червоний колір, а потім випадає червоний осад купрум(I) ацетиленіду:



У сухому вигляді ацетиленіди аргентуму і купруму є вибуховими речовинами (!!!). Вони вибухають від удару або від нагрівання. Щоб запобігти нещасним випадкам, під час проведення досліду потрібно ацетиленіди аргентуму і купруму знешкодити дією розведеної хлоридної (хлороводневої) кислоти:



Реакції одержання ацетиленідів аргентуму і купруму використовуються під час газового аналізу для кількісного визначення ацетилену в газових сумішах.

Дослід 6. Горіння ацетилену

Ацетилен можна підпалити біля отвору газовідвідної трубки. Ацетилен згоряє кіптявим полум'ям.

Після виконання дослідів **1–6** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та заповніть прогалини в схемах реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

АРЕНИ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова аренів та поняття ароматичності: особливості електронної будови бензену; делокалізація π -електронів у бензеновому кільці, рівноцінність усіх зв'язків C–C у кільці.

Поняття про ароматичність: критерії ароматичності (планарність, циклічність, спряження); правило Хюккеля: $4n+2$ π -електронів (де n – ціле число); приклади ароматичних і неароматичних сполук.

Номенклатура та ізомерія аренів: систематична (IUPAC) номенклатура: бензен і його гомологи (толуен, ксилени тощо); назви заміщених аренів з урахуванням положення замісників (*орто*-, *мета*-, *пара*-); види ізомерії: позиційна ізомерія, скелетна (у гомологах).

Лабораторні та промислові методи добування аренів: каталітичне реформінгування алканів; ароматизація вуглеводневої сировини; алкілювання бензену (реакції з алкенами або галогеналканами); ацилювання бензену, реакція Вюрца – Фіттіга; циклотримеризація алкінів.

Хімічні властивості аренів:

- **Реакції електрофільного заміщення (S_E):** галогенування; нітрування; сульфонування; алкілювання за Фріделем – Крафтсом; ацилювання за Фріделем – Крафтсом.
- **Реакції приєднання:** водневе відновлення бензену; галогенування.
- **Окиснення аренів:** окиснення бокових ланцюгів гомологів бензену; стійкість бензенового кільця до окисників.

Правила орієнтації в реакціях заміщення: замісники I роду (активатори), замісники II роду (деактиватори); орієнтація в результаті багаторазового заміщення: узгоджена та неузгоджена орієнтація.

Нафтален: будова нафталену як представника поліциклічних аренів; методи одержання: перегонка кам'яновугільної смоли; конденсація ароматичних сполук.

Хімічні властивості та реакційна здатність нафталену: реакції електрофільного заміщення; особливості окиснення й гідрування; правила орієнтації для заміщених похідних.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть структурні формули таких сполук:
 - а) 1,3-дихлор-2-бром-4,6-динітробензен;
 - б) 2-бром-1-(1-метилпропіл)бензен;
 - в) о-пропілхлорбензен;
 - г) л-вінілкумен.
2. Синтезуйте етилбензен з ацетилену (без домішок). Напишіть схему реакції та механізм нітрування етилбензену сумішшю нітратної та сульфатної кислот.
3. Із 1,3-диметилциклогексану добуто арен, який піддали: а) озонулізу; б) окисненню насиченим розчином калій перманганату при нагріванні.

Напишіть схеми зазначених реакцій і назвіть добутий арен. До яких класів органічних сполук належать продукти озонулізу й окиснення?
4. Поясніть, чому внаслідок алкілування бензену пропілбромідом або ізопропілбромідом у присутності AlCl_3 головним продуктом є ізопропілбензен? Для пояснення наведіть механізм реакції.
5. Напишіть схеми реакцій *n*-пропілбензену (якщо вони можливі) з такими речовинами:
 - 1) водний розчин KMnO_4 на холоді;
 - 2) водний розчин KMnO_4 при нагріванні;
 - 3) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2SO_4 (при нагріванні);
 - 4) бром у присутності заліза;
 - 5) бром при нагріванні.Назвіть продукти реакцій.
6. Визначте будову сполуки $\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$, якщо в результаті бромовання за йонним механізмом вона утворює тільки одну монобромпохідну; а внаслідок окиснення – нітробензойну кислоту. Наведіть схему перетворень і механізм бромовання.
7. Перетворіть толуен у 4-бром-3-сульфобензойну кислоту (без домішок). Напишіть схему та умови перетворень.
8. Визначте структурні формули вуглеводнів **A** і **B** однакового складу C_6H_6 , якщо: 1) сполука **A** миттєво знебарвлює бромну воду та розчин KMnO_4 ; 2) сполука **B** є інертною до цих реагентів. Обидва вуглеводні не реагують з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду. Напишіть схеми вказаних реакцій.
9. Якими є сучасні уявлення про структуру та будову молекули нафталену? Порівняйте ароматичний характер бензену і нафталену.
10. Вуглеводень C_{10}H_8 унаслідок нітрування утворює нітропохідну, у результаті окиснення якої утворюється 3-нітрофталева кислота. Визначте структуру C_{10}H_8 . Напишіть для нього схему реакції сульфування за різних температур.

Експериментальна частина

ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕНЗЕНУ ТА ЙОГО ГОМОЛОГІВ

Дослід 1. Взаємодія бензену з бромом

Реактиви: бензен, бромна вода, бром, тетрахлорид карбону, залізни ошурки.

У пробірку наливають 1–2 мл бензену та 1–2 мл бромної води, енергійно збовтують. Забарвлення не зникає, бром не вступає в реакцію з бензеном за цих умов. Бензен у досліді розчиняє бром і забарвлюється в жовтогарячий колір.

Для того щоб увести бром у кільце бензену, потрібно застосувати каталізатори. Для цього бензен змішують із розчином броду в тетрахлориді карбону (CCl_4) та додають 0,2–0,3 г залізних ошурок. Суміш потроху нагрівають на водогрії та спостерігають виділення бромоводню, що вказує на перебіг реакції бродування бензену. Бромоводень можна виявити за зміною забарвлення універсального індикаторного паперу, піднесеного до отвору пробірки. Реакція відбувається за схемою (рис. 4):

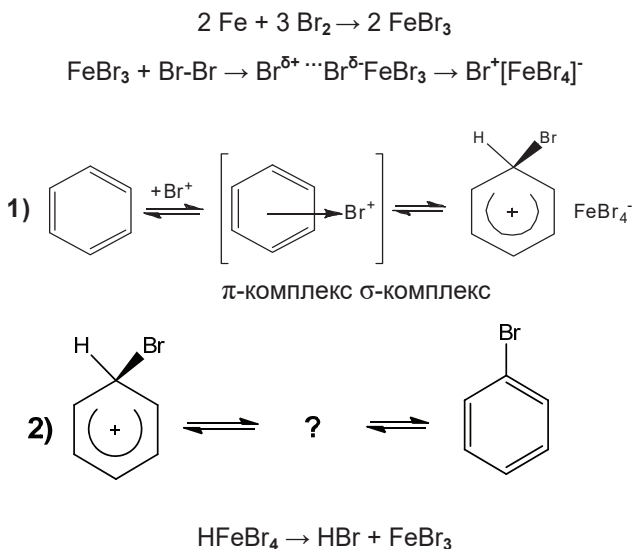


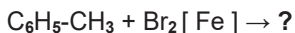
Рис. 4. Механізм реакції бродування

Дослід 2. Взаємодія толуену з бромом

Реактиви: толуен, бром, тетрахлорид карбону, залізні ошурки.

У пробірку наливають 0,5–1 мл толуену, додають 1–2 мл розчину броду в тетрахлориді карбону (CCl_4) та 0,1–0,2 г залізних ошурок.

Суміш потроху нагрівають на водогрії та спостерігають виділення бромоводню. Толуен реагує з бромом у присутності каталізаторів значно легше від бензену, даючи суміш бромотолуенів (напишіть схему цієї реакції).



Дослід 3. Взаємодія бензену з розчином калій перманганату

Реактиви: бензен, 0,5 % розчин калій перманганату, 10 % розчин сульфатної кислоти.

У пробірку наливають 1–2 мл бензену і додають 1–2 мл 0,1 % розчину калій перманганату, 1–2 краплі 10 % розчину сульфатної кислоти та збовтують суміш.

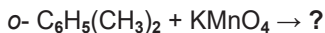
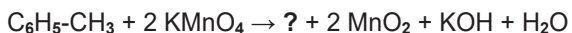
Забарвлення розчину калій перманганату не змінюється навіть під час нагрівання, що вказує на стійкість бензенового ядра до дії окисників.

Дослід 4. Окиснення гомологів бензену

Реактиви: толуен, о-ксилен, 0,5 % розчин калій перманганату, 10 % розчин сульфатної кислоти.

У дві пробірки наливають по 1,5–2 мл толуену та о-ксилену і додають в кожну з них по 1–1,5 мл 0,5 % розчину калій перманганату, 1–2 краплі 10 % розчину сульфатної кислоти.

Збовтуючи суміш у пробірці, її обережно нагрівають. На відміну від реакції з бензеном забарвлення розчину калій перманганату змінюється (як?):



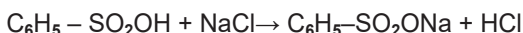
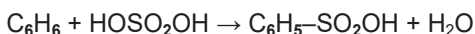
Дослід 5. Сульфування бензену та його гомологів

Реактиви: бензен, толуен, концентрована сульфатна кислота, розчин натрій хлориду.

У дві пробірки наливають по 1 мл бензену та толуену, додають 1,5 мл концентрованої сульфатної кислоти. Закривають пробірки корком із вертикальними трубками.

На першій стадії реакція йде з виділенням тепла (пробірки охолоджують водою). Для завершення реакції суміш обережно нагрівають на водогрії впродовж 8–10 хвилин, періодично збовтуючи вміст пробірок.

Реакційні суміші охолоджують і виливають у заздалегідь приготовлений стакан із 10–15 мл насиченого розчину натрій хлориду.



або



Сульфування відбувається за механізмом електрофільного заміщення відповідно до схеми на прикладі толуену (рис. 5–6):

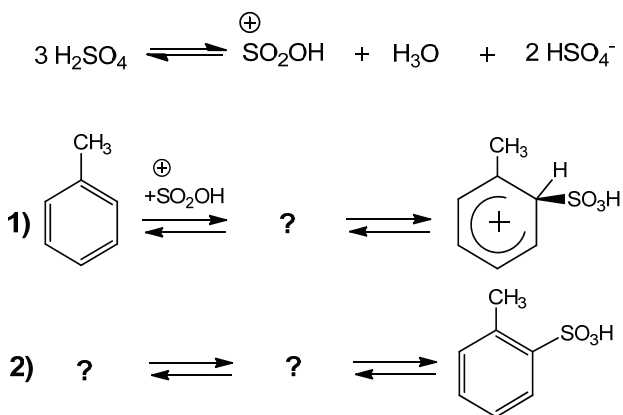


Рис. 5. Механізм реакції сульфування з утворенням о-продукту

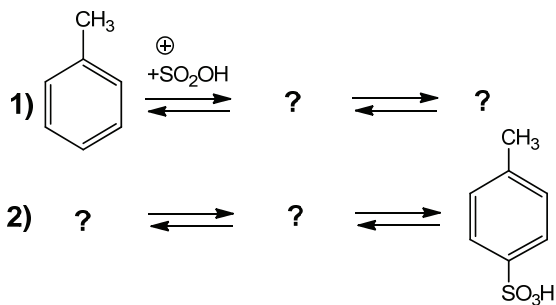


Рис. 6. Механізм реакції сульфування
з утворенням *p*-продукту

Після виконання дослідів **1–5** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та напишіть усі вказані схеми перетворень.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

ГАЛОГЕНОПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура: загальна характеристика галогенопохідних як похідних вуглеводнів із полярним зв'язком C–Hal. Систематична (IUPAC) номенклатура: правила утворення назв, локанти положення атомів галогену. Ізомерія: структурна (положення галогену, розгалуження ланцюга, тип галогену), просторова. Особливості гемінальних та віцинальних дигалогенопохідних. Характеристика галогеналкенів і ароматичних галогенопохідних (арилгалогенідів).

Лабораторні та промислові методи добування галогенопохідних: галогенування алканів і аренів (радикальний механізм, вплив реакційних умов); хлорметилування аренів; приєднання галогенів і галогеноводнів до алкенів, алкадієнів і алкінів; заміщення функціональних груп галогенами (наприклад, гідроксильних груп у спиртах або карбонових кислотах).

Хімічні властивості галогенопохідних:

- **Реакції нуклеофільного заміщення (S_N1 і S_N2):** механізми, кінетика, фактори, що впливають на перебіг реакцій (структура субстрату, сила нуклеофіла, розчинник, температура). Взаємодії з нуклеофілами: гідроліз галогеналканів; реакції з алкоголями, фенолями, солями карбонових кислот; взаємодія з амоніаком, амінами, ціанідами, нітритами, галогенідами, ацетиленідами.
- **Реакції відщеплення ($E1$ і $E2$):** умови, конкуренція з реакціями заміщення, утворення алкенів.
- **Відновлення:** перетворення галогенопохідних у відповідні алкани.
- **Металорганічні реакції:** взаємодія з металами (Mg, Li) з утворенням органометалічних і органолітійових сполук.
- **Ароматичні галогенопохідні:** реакції нуклеофільного заміщення в арилгалогенідах (вплив електроноакцепторних груп, механізми S_NAr). Реакції електрофільного заміщення в галогенаренах: галогени як орієнтанти в ароматичному ядрі.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть структурні формули і назви всіх сполук складу: $C_5H_{10}Cl_2$ (тільки ізомери з розгалуженим карбоновим скелетом; за міжнародною номенклатурою), C_3H_5F (за раціональною номенклатурою), $C_6H_4Br_2$.
2. Синтезуйте з ацетилену (без домішок):
 - 1) 2-бромобутан;
 - 2) вінілхлорид;
 - 3) 3-бромобут-1-ен;
 - 4) бромомезитилен.Здійсніть перетворення, назвіть усі сполуки.
3. Здійсніть перетворення метану:
 - 1) метан $\rightarrow$ фреон-12;
 - 2) метан $\rightarrow$ фреон-11;
 - 3) метан $\rightarrow$ тетрафлуороетен.
4. Оптично активний 2-бромобутан реагує з калій йодидом за механізмом S_N2 . Напишіть схему реакції, наведіть механізм реакції. Яким буде стереохімічний результат процесу?
5. Оптично активний 3-хлоро-3-метилгексан взаємодіє з калій йодидом за механізмом S_N1 . Наведіть схему, механізм та стереохімічний результат реакції.
6. Визначте будову сполуки $C_6H_{13}Cl$, якщо внаслідок її гідролізу утворюється вторинний спирт. Під дією спиртового розчину лугу ця сполука утворює алкен. Продуктами озонолізу цього алкену є карбонільні сполуки, одна з яких має четвертинний атом Карбону. Напишіть схему перетворень, назвіть продукти реакцій, поясніть утворення продукту гідролізу.
7. Порівняйте здатність хлору до заміщення в ряду таких сполук: етилхлорид, алілхлорид, вінілхлорид, хлоробензен, бензилхлорид. Відповідь обґрунтуйте з погляду електронної будови цих сполук.
8. Яка сполука утвориться, якщо *n*-хлортолуен піддати хлоруванню без каталізатора за температури кипіння, а виділену дихлоропохідну нагріти з водним розчином лугу. Наведіть схеми цих реакцій та їх механізми.
9. Поясніть, чому в реакції нуклеофільного заміщення *n*-хлоретилбензену ($NaOH$, H_2O , $340^\circ C$) відбувається утворення двох ізомерів: *n*-етилфенолу та *m*-етилфенолу. Наведіть схему реакції і механізм цієї реакції.
10. Розташуйте наведені сполуки в ряд за зростанням активності на прикладі хлорування (в присутності каталізатора): толуен, бензен, бензенсульфоокислота, *p*-ксилен, нітробензен, *m*-ксилен, мезитилен, хлоробензен. Обґрунтуйте.

Експериментальна частина

ВЛАСТИВОСТІ ГАЛОГЕНВМІСНИХ СПОЛУК

Дослід 1. Одержання хлороетану (етилхлориду)

Реактиви: етанол, концентрована сульфатна кислота, натрій хлорид.

У пробірку завантажують 2–3 мл заздалегідь приготовленої суміші етанолу з концентрованою сульфатною кислотою. Додають 1–2 г натрій хлориду. Пробірку закривають корком із невеликою газовідвідною трубкою, закріплюють із нахилом у затискачі штатива та обережно нагрівають над полум'ям пальника. Якщо піднести через деякий час до отвору газовідвідної трубки запалену скіпку, то спостерігається горіння утвореного хлоретану з характерним кільцем зеленого кольору по краю газовідвідної трубки.

Не виймаючи пробірки із затискача штатива, дайте їй охолонути у витяжній шафі. Коли вміст пробірки охолоне, вимийте пробірку й корок водою. Пам'ятайте, що в пробірці була концентрована (!!!) сульфатна кислота.

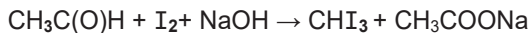
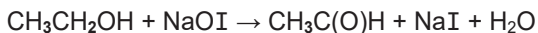
Напишіть схему перетворень етанолу з утворенням етилхлориду.

Дослід 2. Утворення йодоформу з етанолу

Реактиви: етанол, розчин йоду в калій йодиді, 10 % розчин натрій гідроксиду.

У пробірку наливають 1 мл води, 0,5 мл етанолу та 2–3 мл розчину йоду в йодиді калію. До одержаної суміші краплями (!) додають 10 % розчин натрій гідроксиду, доки не зникне брунатне (буре) забарвлення.

Через деякий час спостерігається поява жовтого осаду йодоформу, який легко розпізнати за характерним запахом:



Дослід 3. Реакція радикального бромовання аренів

Реактиви: *p*-ксилен, розчин бром у тетрахлориді карбону, універсальний індикаторний папір.

У пробірку наливають 1 мл *p*-ксилену та 1 мл розчину бром у тетрахлориді карбону (1 : 5). Пробірку закривають корком із вертикальною трубкою та нагрівають на водяній бані протягом 10 хвилин. Розчин знебарвлюється. До отвору пробірки підносять смужку універсального індикаторного паперу. Які зміни спостерігаються?

Потім занурюють папірець у суміш і висушують. Відчувається запах продукту радикального бромовання *p*-ксилену, що подразнює слизові оболонки (дослід проводять обов'язково під витяжною шафою!!!).

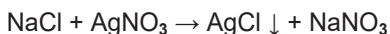
Напишіть схему та механізм реакції, яка відбувається.

Дослід 4. Заміщення галогену на гідроксигрупу дією лугу

Реактиви: хлороформ, 10 % розчин натрій гідроксиду, нітратна кислота, 0,2 н розчин аргентум(I) нітрату, універсальний індикаторний папір.

До 0,5 мл хлороформу в пробірці додають 2 мл 10 % розчину натрій гідроксиду та обережно нагрівають суміш до початку кипіння, безперервно збовтуючи. Суміш охолоджують, зливають частину водного шару в іншу пробірку.

До злитого розчину додають нітратної кислоти до кислої реакції (проба на універсальний індикаторний папір) та кілька крапель розчину аргентум(I) нітрату. Спостерігають утворення білого осаду аргентум(I) хлориду:



Дослід 5. Взаємодія галогенвмісних сполук із 10 % розчином натрій гідроксиду

Реактиви: бромбензен, *n*-бутилбромід, *n*-бутилйодид, децилхлорид, алілбромід, бензилхлорид, 10 % розчин натрій гідроксиду, 0,2 н розчин аргентум(I) нітрату, нітратна кислота, універсальний індикаторний папір.

У шість пробірок наливають по 0,5 мл відповідної галогенвмісної сполуки та додають 2–3 мл 10 % розчину натрій гідроксиду, енергійно збовтують упродовж 2–3 хвилин за кімнатної температури.

Реакційна суміш має відстоятися. Потім відокремлюють по 0,5 мл водно-лужного шару в іншу пробірку. До відібраної проби додають по краплях нітратної кислоти до кислої реакції (проба на універсальний індикаторний папірець) та доливають декілька крапель розчину аргентум(I) нітрату. Фіксують зміни та інтенсивність забарвлення проб (табл. 1, темп. кімн., °C).

Суміш галогенопохідних та лугу, що залишилися в перших шести пробірках, нагрівають упродовж 2–3 хвилин на водогрії, часто збовтуючи. Дають відстоятися та відокремлюють по 0,5 мл водно-лужного шару в чисті пробірки, підкислюють нітратною кислотою (проба на універсальний індикаторний папірець) та додають кілька крапель аргентум(I) нітрату. Фіксують зміни та інтенсивність забарвлення проб (табл. 1, нагрівання).

Запишіть результати дослідів (за кімнатної температури та під час нагрівання) у табл. 1.

Таблиця 1. Результати взаємодії галогенвмісних сполук із 10 % розчином натрій гідроксиду

Галогенопохідні	Реагент: 10 % водний розчин натрій гідроксиду	
	Темп. кімн., °C	Нагрівання
Бромобензен (фенілбромід)		
<i>n</i> -Бутилбромід		
<i>n</i> -Бутилідид		
Децилхлорид		
Алілбромід		
Бензилхлорид		

Напишіть схеми реакцій взаємодії цих галогенвмісних сполук, які підтверджують утворення осаду з кожним алкілгалогенідом.

Порівняйте результати дослідів (за реакційною здатністю галогену в кожній парі галогенідів):

1) порівняти пробірки з алкілбромідом та арилбромідом

*(*n*-бутилбромід і фенілбромід);*

2) порівняти *n*-бутилбромід та алілбромід

(один і той самий галоген, але різні алкіли);

3) порівняти бромобензен і бензилхлорид

(який з галогенів заміщується швидше);

4) порівняти децилхлорид; *n*-бутилбромід; *n*-бутилийодид

(аліфатичні алкіли, але різні атоми галогенів).

Після виконання дослідів **1–5** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та напишіть усі вказані схеми перетворень.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

НІТРОПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура: загальна характеристика нітропохідних як органічних сполук із функціональною групою $-\text{NO}_2$. Будова нітрогрупи: електронна структура, резонансні форми, вплив на реакційну здатність молекули. Систематична (IUPAC) номенклатура: правила утворення назв нітроалканів і нітроаренів.

Ізомерія нітропохідних: структурна (положення нітрогрупи, розгалуження карбонового ланцюга) та просторова. Особливості нітропохідних аренів залежно від взаємного розташування нітрогруп (*орто*-, *мета*-, *пара*-).

Лабораторні та промислові методи добування нітропохідних вуглеводнів: нітрування алканів (реакція Коновалова); нітрування аренів сумішшю концентрованих нітратної та сульфатної кислот; взаємодія галогенопохідних із солями нітритної кислоти; окиснення третинних алкіламінів.

Хімічні властивості:

- **Відновлення:** перетворення нітросполук на аміни (каталітичне гідрування, відновлення залізом чи цинком у кислому середовищі).
- **Таутомерія:** аци-нітро-таутомерія нітроалканів та ароматичних нітропохідних із нітрогрупою в боковому ланцюзі.
- **Реакції з нітритною кислотою:** утворення відповідних продуктів взаємодії.
- **Конденсація:** реакції з альдегідами та кетонами (утворення нітросполук із новими C–C зв'язками).
- **Ароматичні нітропохідні:** реакції електрофільного заміщення (S_E) в ароматичному ядрі, вплив нітрогрупи як сильної електроноакцепторної групи та орієтанта в *мета*-позицію; реакції нуклеофільного заміщення (S_N) у нітроаренах за участі атомів Гідрогену або галогенів у ядрі (механізми $S_N\text{Ar}$).

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть структурні формули таких сполук:
 - 1) 3-нітро-2,4-диметилпентан;
 - 2) циклогексилнітрометан;
 - 3) 4-нітропент-2-ен;
 - 4) тринітротолуен;
 - 5) 1,8-динітронафтален.
2. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна розпізнати всі ізомерні нітробутани.
3. Толуен перетворіть у фенілнітрометан та о-нітротолуен (напишіть схеми їх одержання без утворення побічних продуктів). За допомогою яких реакцій можна розпізнати ці речовини?
4. Речовина складу $C_7H_7NO_2$ під час взаємодії з альдегідом утворює продукт $C_7H_{15}NO_3$, внаслідок дегідратації якого утворюється 3-нітро-5-метилгекс-3-ен. Наведіть схему вказаних перетворень і структурні формули вихідної сполуки та альдегіду.
5. Визначте будову сполуки складу $C_8H_9NO_2$, яка не реагує з водним розчином лугу; а в результаті бромовання в присутності заліза утворює тільки одну монобромпохідну. Напишіть схему перетворень, назвіть продукти реакцій.

Експериментальна частина **НІТРУВАННЯ БЕНЗЕНУ**

Дослід 1. Одержання нітробензену

Реактиви: бензен, концентрована сульфатна кислота, концентрована нітратна кислота.

У пробірці готують нітрувальну суміш, для чого наливають 1–2 мл концентрованої сульфатної кислоти та при охолодженні додають 0,5–1 мл концентрованої нітратної кислоти.

До охолодженої (25–30 °C) нітрувальної суміші по краплинах додають 0,5–1 мл бензену, безперервно струшуючи суміш (температура не повинна бути вищою за 50 °C та нижчою за 25 °C, це регулюють швидкістю додавання бензену та охолодженням у бані з холодною водою).

Після додавання всього бензену суміш струшують ще кілька хвилин. Потім суміш виливають у склянку із 10–15 мл води. Нітробензен виділяється на дні склянки у вигляді важкої олієподібної рідини, а бензен,

що не прореагував, спливає нагору. Про утворення нітробензену свідчить характерний запах гіркого мигдалю.

Реакція відбувається відповідно до механізму електрофільного заміщення (рис. 7):

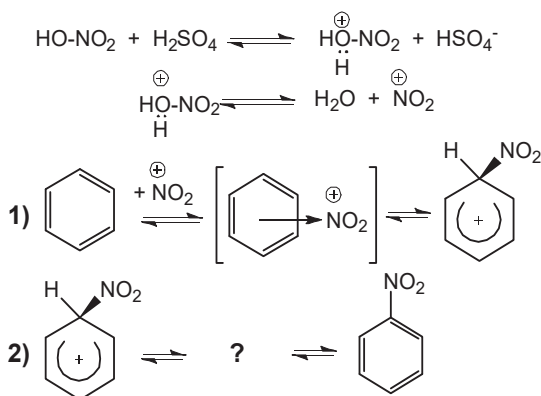


Рис. 7. Механізм реакції нітрування бензену

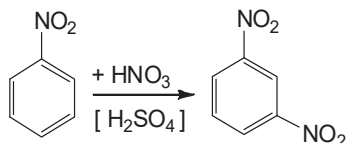
Дослід 2. Одержання *м*-динітробензену

Реактиви: бензен, концентрована сульфатна кислота, концентрована нітратна кислота.

У пробірці готують нітрувальну суміш (див. дослід 1) та додають 0,5–1 мл нітробензену. Потім нагрівають реакційну суміш на киплячій водяній бані впродовж 10 хвилин, помішуючи вміст пробірки скляною паличкою.

Завершення реакції встановлюють так: краплину реакційної суміші вносять у пробірку з водою; при цьому повинні випасти в осад блідо-жовті кристали. Якщо цього не відбувається, нагрівання продовжують.

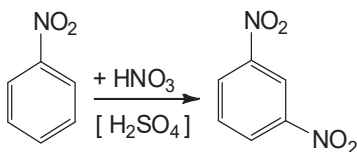
Після завершення реакції реакційну суміш виливають у стакан із 20–30 мл дистильованої води та спостерігають за осадженням жовтих кристалів *м*-динітробензену (не допускати контакту *м*-динітробензену зі шкірою рук!!!).



Також *m*-динітробензен можна одержати так: у пробірці готують нітрувальну суміш, для чого наливають 1–2 мл концентрованої сульфатної кислоти та при охолодженні додають 0,5–1 мл концентрованої нітратної кислоти.

До охолодженої (25–30 °С) нітрувальної суміші по краплинах додають 0,5–1 мл бензену, безперервно струшуючи суміш (температура не повинна бути вищою за 50 °С та нижчою за 25 °С, це регулюють швидкістю додавання бензену та охолодженням у бані з холодною водою).

Після додавання всього бензену суміш нагрівають на киплячій водяній бані впродовж 10 хвилин, перемішуючи вміст пробірки скляною паличкою. Завершення реакції встановлюють так, як описано вище.



Після завершення реакції реакційну суміш виливають у стакан із 20–30 мл води, при цьому випадають в осад жовті кристали *m*-динітробензену.

Після виконання дослідів **1–2** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

АМІНОПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура: загальна характеристика амінів як похідних амоніаку, в яких атоми Гідрогену заміщені на алкільні або арильні замісники. Будова: атом Нітрогену у sp^3 -гібридизації, наявність неподіленої електронної пари, пірамідальна конфігурація. Систематична (IUPAC) номенклатура: правила утворення назв аліфатичних і ароматичних амінів. Ізомерія: структурна (розташування аміногрупи, будова карбонового скелета), міжкласова (з амідами, імінами), просторова (оптична у випадку асиметричного атома Нітрогену).

Лабораторні та промислові методи добування амінопохідних вуглеводнів: алкілування амоніаку галогеналканами; відновлення нітроген-вмісних сполук: нітросполук, нітрилів, амідів, оксимів; перегруповання Гофмана; синтез Габрієля; отримання нижчих алкіламінів (з амоніаку й алкенів), аніліну (нітрування бензену → відновлення нітробензену).

Хімічні властивості:

- **Оснóвність:** порівняння сили основності аліфатичних і ароматичних амінів; вплив індукційних і мезомерних ефектів.
- **Утворення солей:** взаємодія з кислотами → солі амонієвих сполук.
- **Алкілування та ацилування амінів:** утворення вторинних, третинних амінів і амідів.
- **Четвертинні амонієві солі:** реакції відщеплення за Гофманом.
- **Взаємодія з нітритною кислотою:** розкладання первинних амінів із виділенням азоту; особливості для вторинних і третинних амінів.
- **Діазотування ароматичних амінів:** утворення солей діазонію; реакції заміщення діазогрупи на атом галогену, гідрокси-, ціано-групи тощо), реакція азосполучення.
- **Конденсація:** утворення азометинів (оснóв Шиффа) з альдегідами та кетонами.
- **Галогенування та окиснення амінів:** утворення похідних із різним ступенем окиснення Нітрогену.
- **Ізонітрильна реакція:** утворення ізонітрилів.
- **Ароматичні аміни:** особливості електрофільного заміщення в бензеновому ядрі ($-NH_2$ як сильна орто-/пара-орієнтуюча група, можливість активації або дезактивації внаслідок солеутворення).

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Наведіть структурні формули всіх ізомерних амінів $C_4H_{11}N$, C_7H_9N . Назвіть їх за раціональною та міжнародною номенклатурами.
2. З етилену отримайте пропіламін, не використовуючи амоніак. Порівняйте основні властивості пропіламіну, амоніаку, аніліну, *p*-нітроаніліну, *p*-толуїдину, диметиламіну, дифеніламіну.
3. Які сполуки утворюються внаслідок перегрупування Гофмана з амідів метилетилоцтової та фенілоцтової кислот (наведіть загальний механізм). Напишіть схеми реакцій, назвіть усі сполуки.
Напишіть схеми реакцій взаємодії одержаних сполук з:
1) нітритною кислотою; 2) оцтовим ангідридом; 3) хлороформом у спиртовому розчині лугу. Назвіть продукти реакцій.
4. Синтезуйте *n*-бутиламін за методом Габрієля. Напишіть схему реакцій та її механізм. Які переваги має цей метод одержання амінів порівняно з методом алкілювання амоніаку.
5. Отримайте тетраетиламоній йодид; подійте на нього вологим аргентум(I) оксидом, потім отриману сполуку нагрійте. Які продукти утворюються? Напишіть схему цих перетворень, назвіть усі сполуки.
6. Внаслідок відновлення якої з цих сполук (нітробензен, *o*-нітротолуен, *m*-хлорнітробензен, 2,4-диметилнітробензен) утвориться ароматичний амін із найбільшою основністю? Відповідь обґрунтуйте. Отримайте цей амін із бензену (напишіть схему цих перетворень).
7. Які з цих амінів (етиламін, метилпропіламін, триетиламін, анілін, *N*-метиланілін, *N,N*-диметиланілін) будуть реагувати з такими реагентами: 1) HCl ; 2) CH_3I ; 3) $CH_3C(O)Cl$? Напишіть схеми реакцій взаємодії та назвіть продукти реакцій за міжнародною номенклатурою амінів.
8. Здійсніть перетворення:
 - 1) масляна кислота $\rightarrow$ бутиламін;
 - 2) масляна кислота $\rightarrow$ пропіламін;
 - 3) бензен $\rightarrow$ анілін $\rightarrow$ сульфанілова кислота;
 - 4) толуен $\rightarrow$ бензиламін;
 - 5) толуен $\rightarrow$ хлористий *o*-толуолдіазоній $\rightarrow$ *o*-хлортолуен;
 - 6) *p*-нітротолуен $\rightarrow$ 4-гідроксибензойна кислота.Напишіть схеми реакцій взаємодії та назвіть продукти реакцій.

9. Визначте будову сполуки $C_4H_{11}N$, яка:

1) реагує з HNO_2 з утворенням сполуки $C_4H_{10}N_2O$;

2) внаслідок дії надлишку CH_3I , а потім $AgOH$ та подальшого нагрівання утворює триметиламін, пропілен, воду.

Запропонуйте метод одержання $C_4H_{11}N$.

10. Визначте будову сполуки $C_8H_{11}N$, якщо вона утворює солі з кислотами та реагує з HNO_2 з утворенням продукту $C_8H_{10}N_2O$. Остання сполука внаслідок нагрівання з лугом розкладається з утворенням диметиламіну та *p*-нітрозоефіролу.

Напишіть схеми реакцій взаємодії та назвіть продукти реакцій.

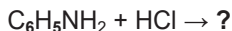
Експериментальна частина

АНІЛІН. ОСНОВНІСТЬ І ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

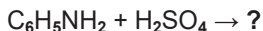
Дослід 1. Взаємодія аніліну з мінеральними кислотами

Реактиви: анілін, 10 % хлоридна кислота, 10 % сульфатна кислота.

У дві пробірки наливають по 1 мл аніліну. В одну пробірку додають 10 мл 10 % хлоридної кислоти, у другу – 5 мл 10 % сульфатної кислоти. У першій пробірці утворюється прозорий розчин (чому?). Отриманий розчин зберігайте для виконання дослідів № 5.



У другій пробірці випадає білий осад (?):



Дослід 2. Реакція аніліну з хлорним вапном

Реактиви: водний розчин аніліну, водний розчин кальцій хлориду (хлорне вапно).

У пробірку до 0,5–1 мл водного розчину аніліну додають 2–3 краплі профільтованого водного розчину хлорного вапна. Спостерігається поява фіолетового забарвлення. Це доволі чутлива реакція, притаманна водним розчинам вільного аніліну, але не його солям.

Дослід 3. Реакція аніліну з хромовою сумішшю

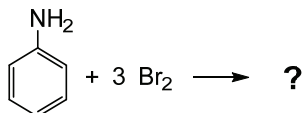
Реактиви: водний розчин аніліну, хромова суміш.

У пробірку до 0,5–1 мл водного розчину аніліну додають 2–3 краплі хромової суміші. Внаслідок реакції окиснення з'являється синьо-чорне або зелено-чорне забарвлення, яке переходить у чорне. При цьому утворюється аніліновий чорний барвник.

Дослід 4. Взаємодія аніліну з бромною водою

Реактиви: водний розчин аніліну, бромна вода.

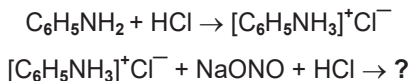
У пробірку наливають 1–1,5 мл водного розчину аніліну та додають по краплинах (!!!) бромну воду. Спостерігають, як зникає забарвлення бромної води й утворюється осад нерозчинної у воді речовини (?):



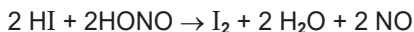
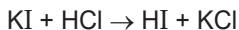
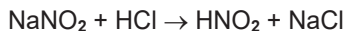
Дослід 5. Реакція діазотування

Реактиви: розчин аніліній хлориду (див. дослід 1), 10 % хлоридна кислота, 30 % розчин натрій нітриту, йодкрохмальний папір.

У невеликій конічній колбі готують розчин аніліній хлориду з 1 мл аніліну та 10 мл 10 % хлоридної кислоти до повного розчинення аніліну (розчин з дослід 1). Розчин охолоджують у кристалізаторі сумішшю води зі снігом або товченим льодом до температури 5 °С. Не виймаючи колби з охолодженої суміші, додають по краплинах (!!!), постійно перемішуючи, із крапельної лійки 2–2,5 мл 30 % розчину натрій нітриту.



Завершення реакції визначають за посинінням йодкрохмального папірця, на який наносять скляною паличкою краплю реакційної суміші. Завдяки надлишку нітритної кислоти виділяється вільний йод, унаслідок чого крохмаль забарвлюється в синій колір. Одержаний внаслідок діазотування розчин зберігати для наступних дослідів.



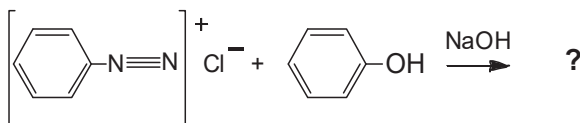
Дослід 6. Одержання анілінового жовтогарячого з фенолу і β -нафтолу

Реактиви: 10 % розчин натрій гідроксиду, фенол, β -нафтол, розчин фенілдіазоній хлориду (дослід 5).

У двох пробірках у 1–2 мл 10 % розчину натрій гідроксиду окремо розчиняють по 0,2 г фенолу і β -нафтолу.

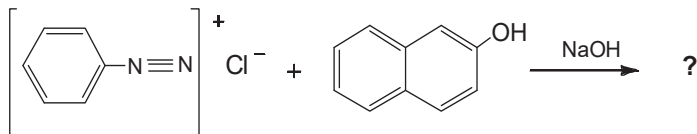
У пробірку з розчином фенолу додають 1–2 мл розчину фенілдіазоній хлориду (дослід 5).

Фенол у поєднанні з фенілдіазонієм утворює *п*-окси-азобензен (?) жовтогарячого (помаранчевого) кольору.



У пробірку з розчином β -нафтолу також додають 1–2 мл розчину фенілдіазоній хлориду (дослід 5).

β -Нафтол під час взаємодії з фенілдіазоній хлоридом утворює α -фенілазо- β -нафтол (?) – барвник «Судан 1» у вигляді жовтогарячого (помаранчевого) осаду:

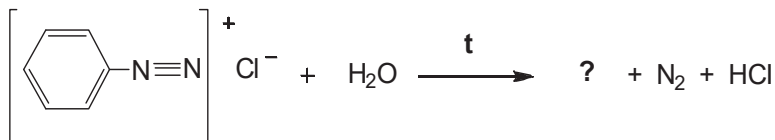


Дослід 7. Взаємодія солі фенілдіазонію з водою

Реактиви: розчин фенілдіазоній хлориду (дослід 5).

У пробірку наливають 2–3 мл розчину фенілдіазоній хлориду, одержаного в досліді 5, і обережно підігрівують до початку виділення бульбашок азоту. Бурхливе виділення азоту триває без подальшого нагрівання.

Яка речовина утворюється у вигляді темних олієподібних крапель (?). Її наявність легко встановити за характерним запахом.



Після виконання дослідів **1–7** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та заповніть прогалини в схемах реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

ГІДРОКСИЛЗАМІЩЕНІ ВУГЛЕВОДНІВ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура: загальна характеристика спиртів і фенолів як похідних вуглеводнів, що містять функціональну групу –ОН.

Будова гідроксильної групи: полярність зв'язку О–Н, водневі зв'язки, вплив на фізичні та хімічні властивості.

Систематична (IUPAC) номенклатура: правила утворення назв спиртів, фенолів, багатофункціональних сполук.

Ізомерія гідроксилзаміщених вуглеводнів: структурна (розташування гідроксильної групи, будова вуглецевого скелета), міжкласова (з етерами), просторова.

Класифікація гідроксилзаміщених вуглеводнів:

- первинні, вторинні, третинні спирти;
- двоатомні (гліколі), триатомні (гліцерол) та поліатомні спирти;
- ненасичені спирти (аліловий, пропаргіловий);
- ароматичні спирти (бензиловий спирт);
- феноли: одно- та багатоатомні.

Лабораторні та промислові методи добування гідроксилзаміщених вуглеводнів: гідроліз галогеналканів; гідратація алкенів (каталітична, за правилом Марковникова); відновлення карбонільних сполук; взаємодія з реактивами Гріньяра.

Методи одержання ненасичених спиртів: алілового, пропаргілового; отримання спиртів (гідратація етилену), гліколів (окиснення етилену), гліцеролу (гідроліз жирів), фенолу (куменовий метод, гідроліз хлорбензену).

Хімічні властивості:

- **Кисотно-основні властивості:** спирти (слабкі кислоти, утворення алкоголятів), феноли (більш виражена кислотність, утворення фенолятів).
- **Взаємодія з кислотами:** утворення естерів з органічними кислотами; реакції з мінеральними кислотами.
- **Дегідратація:** спиртів ($\rightarrow$ алкени), гліколів і гліцеролу ($\rightarrow$ альдегіди, кетони).
- **Заміщення оксигрупи:** утворення галогенопохідних.

- **Окиснення:** спиртів (первинні $\rightarrow$ альдегіди, кислоти; вторинні $\rightarrow$ кетони; третинні – окиснення з руйнуванням ланцюга); фенолів (до хінонів та інших продуктів).
- **Феноли:** алкілювання та ацилювання гідроксильної групи. Реакції електрофільного заміщення в ароматичному ядрі: галогенування, нітрування, сульфонування, алкілювання, ацилювання, нітрузування, азосполучення. Каталітичне гідрування фенолу. Окиснення фенолів: утворення забарвлених продуктів (аналітичні реакції).
- **Ароматичні спирти:** особливості реакційної здатності α - та β -ароматичних спиртів (схильність до окиснення, перегрупування).

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть структурні формули таких сполук:
діізопропілкарбінол, гексан-1,2,3-тріол, гераніол (3,7-диметилוקта-2,6-дієн-1-ол), метилвінілізобутилкарбінол, цитронелол (3,7-диметилукт-7-ен-1-ол), етилфенілкарбінол, *n*-бромобензиловий спирт.
2. Напишіть структурні формули всіх ізомерних гліколів $C_6H_{10}O_2$, які містять один потрібний зв'язок. Назвіть їх.
3. Які карбонільні сполуки необхідні для синтезу:
1) диметилетилкарбінолу,
2) метилдиетилкарбінолу,
3) фенілетилкарбінолу,
якщо як другий реагент реакції використано етилмагнійбромід?
Напишіть схеми реакцій, назвіть усі сполуки за міжнародною номенклатурою.
4. Напишіть схеми добування:
1) етиленгліколю з етилену;
2) гліцеролу з пропілену;
3) бутиндіолу з ацетилену;
4) фенолу з бензену.
5. Наведіть атомно-орбітальну модель молекул метанолу та фенолу. Охарактеризуйте полярність зв'язків C-O та O-H, кислотно-основні властивості, можливості реакційної здатності.
6. Напишіть схеми реакцій пропанолу та *трет*-бутанолу з бромідною кислотою. Наведіть механізми цих реакцій, поясніть відмінності. Запропонуйте методи одержання цих спиртів.
7. Порівняйте кислотно-основні властивості етанолу, етан-1,2-діолу та пропан-1,2,3-тріолу. Напишіть реакції їх взаємодії з такими реагентами:
1) Na; 2) CuO; 3) HBr; 4) HNO_3 ; 5) H_2SO_4 , $[t]$; 6) CH_3COOH , $[H^+]$; 7) HIO_4 .

8. Напишіть схеми реакцій міжмолекулярної та внутрішньомолекулярної дегідратації етанолу в присутності сульфатної кислоти. Вкажіть необхідні умови. Назвіть продукти реакцій.
9. Порівняйте хімічні властивості фенолу та бензилового спирту. Як взаємодіють ці сполуки з такими реагентами:
1) Na; 2) NaOH, $[H_2O]$; 3) CH_3COOH , $[H_2SO_4]$;
4) PCl_5 ; 5) $CH_3C(O)Cl$; 6) $FeCl_3$.
10. Напишіть реакції взаємодії калій феноляту з такими сполуками:
1) метилйодидом; 2) ізоамілбромідом; 3) бромбенzenом (нагрівання в присутності мідного порошку); 4) алілбромідом, 5) хлорангідридом пропіонової кислоти; 6) діоксидом карбону.
Напишіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.
11. Сполука $C_5H_{12}O$ може бути одержана з ізопропілйодиду та відповідної карбонільної сполуки за реакцією Грін'єра. У результаті внутрішньомолекулярної дегідратації сполуки $C_5H_{12}O$ одержують алкен, окиснення якого приводить до утворення ацетону та оцтового альдегіду. Внаслідок окиснення початкової сполуки $C_5H_{12}O$ утворюється метилізопропілкетон. Визначте структуру початкової сполуки. Напишіть схеми та умови всіх наведених реакцій.
12. Визначте структурну формулу сполуки $C_6H_5O_3N$, якщо ця речовина в результаті відновлення утворює сполуку C_6H_7ON , а внаслідок бромовання – монобромпохідну. Напишіть схеми та умови всіх наведених реакцій.

Експериментальна частина

ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОКСИЛЗАМІЩЕНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

Дослід 1. Виявлення присутності води у спирті

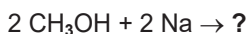
Реактиви: мідний купорос, етанол.

Сині кристали мідного купоросу $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ нагрівають у фарфоровому тиглі доти, доки вони не перетворюються на білий порошок і не припиняться виділення води. Після охолодження до білого зневодненого порошку купрум(II) сульфату $CuSO_4$ додають ~10–15 мл звичайного етанолу. Якщо спирт містить воду, то купрум(II) сульфат знову забарвлюється в синій колір, тобто знову утворює кристалогідрат мідного купоросу: 1 г $CuSO_4$ – 2–3 мл C_2H_5OH .

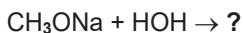
Дослід 2. Утворення натрій алкоголятів та їх гідроліз

Реактиви: метанол, етанол, металічний натрій, фенолфталеїн.

У пробірку наливають 1–2 мл метанолу або етанолу. Потім додають шматочок очищеного металічного натрію, попередньо висушивши його від гасу за допомогою фільтрувального паперу. При цьому відбувається взаємодія металічного натрію зі спиртом з утворенням натрій алкоголяту і водню. Реакція супроводжується виділенням тепла.



Швидкість утворення алкоголятів зі збільшенням молекулярної ваги спирту поступово зменшується. Після повного розчинення металічного натрію утворений алкоголят розкладають водою:



Розчин випробовують фенолфталеїном (характерне забарвлення малинового кольору в лужному середовищі).

Дослід 3. Окиснення етанолу калій перманганатом

Реактиви: етанол, розчин калій перманганату, концентрована сульфатна кислота.

У пробірку наливають 1–2 мл етанолу, додають 1 мл водного розчину перманганату калію і нагрівають. При цьому утворюється речовина, яку можна виявити за характерним запахом, а розчин калій перманганату знебарвлюється і випадає бурий осад (?).



Якщо використати надлишок калій перманганату, то альдегід, що утворився, окиснюється далі до кислоти.

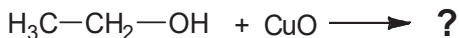
Доволі енергійно відбувається реакція етанолу з твердим калій перманганатом у присутності концентрованої сульфатної кислоти. У фарфорову чашку поміщають 2–3 г твердого калій перманганату і туди ж додають 1–2 мл концентрованої сульфатної кислоти до утворення кашіці. Якщо тепер додати 0,5–1 мл етанолу, то реакція відбувається настільки бурхливо, що спирт самозаймається і горить ледь блакитним полум'ям. Дослід потрібно проводити дуже обережно, тому що можливе розбризкування суміші.

Дослід 4. Окиснення спиртів купрум(II) оксидом

Реактиви: метанол (або етанол, пропанол, бутанол), мідний дріт, фуксиносульфітна кислота.

У пробірку наливають 2–3 мл одного з таких спиртів: метанолу, етанолу, пропанолу або бутан-1-олу. З мідного дроту виготовляють спіраль, яку вносять у полум'я пальника і нагрівають до червоного жару. При цьому мідь окиснюється до купрум(II) оксиду. Розжарену окиснену спіраль занурюють у пробірку зі спиртом.

Спостерігається окиснення спирту і відновлення купрум(II) оксиду до вільної міді червоного кольору:



Операцію повторюють 3–4 рази. Утворення продукту окиснення виявляють додаванням до охолодженого розчину декількох крапель безбарвної фуксиносульфітної кислоти. У разі присутності альдегідів з'являється червоно-фіолетове забарвлення.

Дослід 5. Окиснення гліцеролу хромовою сумішшю

Реактиви: гліцерол, 10 % розчин дикалій дихромат(VI), 10 % розчин сульфатної кислоти, розчин фуксинсульфітної кислоти.

У пробірку наливають 1 мл 10 % розчину дикалій дихромату(VI), 1 мл 10 % розчину сульфатної кислоти та 1 мл гліцеролу. Суміш збовтують, пробірку закривають корком із вигнутою газовідвідною трубкою та нагрівають.

Для визначення продукту окиснення одержані пари пропускають крізь розчин фуксинсульфітної кислоти:



Дослід 6. Утворення естерів

а) утворення етилбензоату

(етилового естеру бензойної кислоти)

Реактиви: етанол, бензойна кислота, концентрована сульфатна кислота.

У пробірку поміщають 0,5 г бензойної кислоти, 1 мл етанолу та 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти, додають кілька шматочків

пемзи (кип'ятильники). Суміш обережно нагрівають до кипіння, весь час збовтуючи, протягом 2–3 хвилин.

Потім реакційну суміш виливають у стакан із холодною водою. Шар олієподібної речовини, що вплив на поверхню, є етиловим естером бензойної кислоти з характерним запахом.



**б) утворення етилбутаноату
(етилового естеру масляної кислоти)**

Реактиви: етанол, бутанова (масляна) кислота, концентрована сульфатна кислота.

У пробірку поміщають 1 мл бутанової (масляної) кислоти, 1 мл етанолу та 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти, додають кілька шматочків пемзи (кип'ятильники). Суміш обережно нагрівають до кипіння та кип'ятять 2–4 хвилини.

Вміст пробірки виливають у стакан із холодною водою. Олієподібні краплі, що утворились на поверхні води, є етиловим естером бутанової кислоти з приємним ананасним запахом.



Дослід 7. Взаємодія з лугом

Реактиви: бутанол або пентан-2-ол (ізоаміловий спирт), фенол, 5 % розчин натрій гідроксиду.

В одну пробірку додають кілька кристаликів фенолу, у другу – 0,2–0,3 мл бутанолу або пентан-2-олу (ізоамілового спирту). Потім, постійно збовтуючи, в обидві пробірки додають по краплинах 5 % розчин натрій гідроксиду. Як проходить взаємодія?



Дослід 8. Реакція фенолів із ферум(III) хлоридом

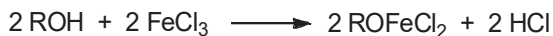
Реактиви: фенол, β -нафтол, гідрохінон, пірокатехін, резорцин, метанол, бутанол, 3 % розчин ферум(III) хлориду.

У сім пробірок додають по 0,5 мл спиртів: метанолу (1), бутанолу (2); та по 2–3 кристалики фенолів: фенолу (3), гідрохінону (4), пірокатехіну (5), резорцину (6) та β -нафтолу (7) відповідно.

У перші п'ять пробірок наливають по 1–2 мл води, у шосту та сьому – по 1 мл води та 1 мл спирту.

До отриманих розчинів додають по 1–3 краплі 3 % розчину ферум(III) хлориду. З'являється характерне кольорове забарвлення розчинів: фіолетове (3), жовте (4), зелене, яке переходить унаслідок додавання соди в червоне (5), синє (6), зелене (7) відповідно).

Забарвлення зумовлене утворенням сполук ROFeCl_2 , які утворюють забарвлені йони ROFe^{2+} :



Чи відрізняється взаємодія фенолів від взаємодії спиртів із розчином ферум(III) хлориду FeCl_3 ? Занотуйте спостереження.

Отримайте набір пробірок із п'яти невідомих розчинів спиртів і фенолів та за допомогою реакції з розчином ферум(III) хлориду визначте їх. Занотуйте спостереження.

Після виконання дослідів 1–8 занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та напишіть схеми всіх реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

КАРБОНІЛЬНІ ПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура: загальна характеристика альдегідів і кетонів як карбонільних сполук. Будова карбонільної групи: полярність зв'язку $C=O$, sp^2 -гібридизація атома Карбону, планарна будова, електрофільні властивості карбонільного атома.

Систематична (IUPAC) номенклатура: правила утворення назв альдегідів (суфікс -аль) і кетонів (суфікс -он).

Ізомерія: структурна (положення карбонільної групи, розгалуження ланцюга), функціональна (альдегіди $\leftrightarrow$ кетони), просторова (оптична у випадку асиметричного Карбону).

Ароматичні альдегіди та кетони: особливості будови та реакційної здатності.

Лабораторні та промислові методи добування карбонільних похідних вуглеводнів: окиснення спиртів; окиснення алканів та алкенів; озоноліз алкенів; оксосинтез; гідроліз гемінальних дигалогенідів; реакція Кучерова; піроліз солей карбонових кислот (реакція Дюма).

Одержання ароматичних альдегідів і кетонів: окиснення ароматичних вуглеводнів; реакція Гаттермана – Коха; ацилювання за реакцією Фріделя – Крафтса; реакція Тімана – Реймера (одержання саліцилового альдегіду).

Хімічні властивості:

- **Реакції нуклеофільного приєднання до карбонільної групи:** утворення гідратів, ацеталей, напівацеталей; утворення бісультфінних сполук; утворення ціангідринів; взаємодія з реактивами Грін'єра та ацетиленідами.
- **Нітрогенпохідні:** утворення оксимів, гідразонів, семікарбазонів.
- **Відновлення:** реакція Кіжнера – Вольфа (відновлення альдегідів і кетонів до алканів).
- **Реакційна здатність α -метиленових груп (єнольна таутомерія):** взаємодія з галогенами (кисле та лужне середовище); реакції конденсації (альдольна, бензоїнова, реакція Перкіна).
- **Окиснення:** реакції з реактивами Толленса та Фелінга; особливості окиснення кетонів.

- Полімеризація альдегідів.
- Реакції ароматичних альдегідів: взаємодія з фенолами та ароматичними амінами (конденсація).

α,β -Ненасичені альдегіди та кетони (акролеїн, кротоновий альдегід, вінілметилкетон): електрофільні та нуклеофільні приєднання, особливості реакційної здатності.

Кетени: будова, реакції приєднання та полімеризації.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть структурні формули ізомерних альдегідів і кетонів загальної формули $C_5H_{10}O$; карбонільних сполук C_8H_8O . Назвіть їх.
2. Які карбонільні сполуки утворюються внаслідок піролізу змішаних кальцієвих солей таких кислот: 1) фенілоцтової та мурашиної; 2) бензойної та оцтової; 3) бензойної та масляної; 4) ізовалеріанової та пропіонової; 5) *n*-толуїлової та бензойної; 6) масляної та мурашиної. Напишіть схеми реакцій їх взаємодії з такими реагентами: а) натрій гідросульфідом; б) гіdraзином; в) етилмагніййодидом; г) йодом у лужному середовищі; г') ціанідною кислотою.
Напишіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.
3. Із продуктами озонування 2-метилбут-2-ену напишіть схему альдольної конденсації та подальшої дегідратації добутого альдолю. Напишіть схему взаємодії отриманого продукту з бромоводнем.
4. Як можна скористатися реакціями окиснення кетонів для встановлення їхньої структури? Наведіть приклади та схеми цих реакцій.
5. Яка сполука утворюється в результаті піролізу ацетону? Наведіть для неї реакції з водою, спиртом, оцтовою кислотою, хлороводнем, амоніаком. Напишіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.
6. Які з вказаних альдегідів здатні до реакції Канніццаро:
1) оцтовий; 2) мурашиний; 3) ізомасляний; 4) триметилоцтовий; 5) гліоксаль? Напишіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.
7. Наведіть схеми одержання бензальдегіду з: а) бензену; б) толуену; в) бензилового спирту; г) бензойної кислоти; г') бензиліденхлориду.
8. Напишіть схеми синтезу ацетофенону:
а) окисненням відповідного вуглеводню; б) окисненням спирту; в) гідролізом дигалогенопохідної; г) ацилуванням за реакцією Фріделя – Крафтса; г') за реакцією Грін'єра.
9. Що утвориться з *m*-бромбензальдегідом унаслідок дії на нього:
1) концентрованого розчину KOH; 2) спиртового розчину KCN?
Напишіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.

10. Визначте будову речовини $C_5H_{10}O$, яка реагує з натрій гідросульфідом і фенілгідазином; не дає реакції «срібного дзеркала», а головними продуктами її окиснення є оцтова кислота та ацетон. Напишіть схеми вказаних реакцій, назвіть продукти реакції.
11. Визначте будову речовини C_8H_8O , якщо відомо, що вона реагує з фенілгідазином і гідроксиламіном; не вступає в бензоїнову конденсацію; у результаті окиснення хромовою сумішшю утворює кислоту $C_7H_6O_2$. Напишіть схеми вказаних реакцій, назвіть продукти реакції.

Експериментальна частина

ВЛАСТИВОСТІ АЛЬДЕГІДІВ І КЕТОНІВ

Дослід 1. Окиснення етилового спирту

Реактиви: етанол, хромово суміш, дистильована вода.

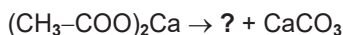
У пробірку до 3–4 мл хромової суміші додають 1 мл етанолу і вкидають кілька шматочків пемзи для рівномірного кипіння. Пробірку закривають корком із вигнутою газовідвідною трубкою та обережно нагрівають. Кінець газовідвідної трубки опускають у пробірку з водою. Продукт реакції, що утворився, відганяється в пробірку з водою. Якщо додати фуксинсульфітну кислоту, його можна впізнати за характерним запахом і появою забарвлення.



Дослід 2. Піроліз кальцій етаноату

Реактиви: кальцій етаноат (ацетат кальцію), розчин йоду в калій йодиді, дистильована вода, 10 % розчин калій гідроксиду.

Піроліз кальцій етаноату (ацетату кальцію) відбувається за схемою:



У суху пробірку поміщають 1–2 г збезводненого кальцій етаноату (ацетату кальцію). Пробірку закривають корком із газовідвідною трубкою і, злегка нахиливши, закріплюють її в затискачі штатива (рис. 8). В іншу пробірку-приймач наливають 1–2 мл холодної дистильованої води та охолоджують її водою з льодом.

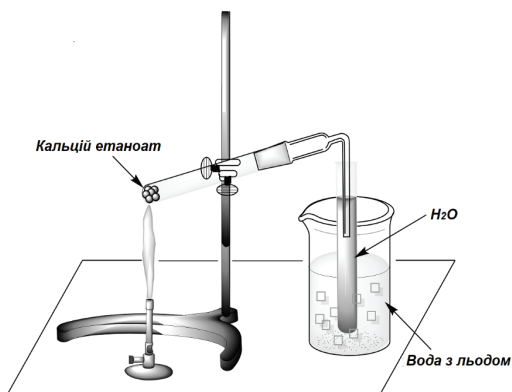


Рис. 8. Добування кетону

Спочатку обережно прогріваять полум'ям пальника всю пробірку, а потім сильно нагрівають суміш, починаючи з дна пробірки, і доводять до червоного жару. При цьому кальцій етаноат розкладається й утворює леткі продукти, що розчиняються у воді пробірки-приймача. Сіль частково обвуглюється і темніє. Через декілька хвилин, коли об'єм рідини в пробірці-приймачі збільшується приблизно вдвічі, нагрівання припиняють. Відгін має різкий запах і жовте забарвлення.

Для виявлення продукту реакції в розчині можна використати його властивість утворювати йодоформ. До 2 мл одержаного дистилляту додають рівну кількість розчину йоду в калій йодиді, а потім краплями – розчин калій гідроксиду до зникнення бурого забарвлення.

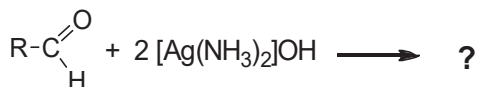
За наявності кетону утворюється жовтий осад йодоформу, який має характерний запах. Йодоформна проба дуже чутлива і дає змогу виявити наявність у розчині 0,04 % кетону.

Дослід 3. Реакція «срібного дзеркала» на альдегіди

Реактиви: 10 % розчин калій гідроксиду, 1 % розчин нітрату аргентуму, 5 % розчин амоніаку, формалін, розчин етаналю (ацетальдегіду) або 3-метилбутаналю (ізовалеріанового альдегіду).

Прогріваять пробірку з 10 % лугом та ополіскують дистильованою водою. У підготовану таким способом пробірку наливають 1–1,5 мл 1 % розчину аргентум(I) нітрату і додають по краплинах 5 % розчин амоніаку в такій кількості, щоб утворений спочатку осад знову розчинився. Багато амоніаку додавати не потрібно.

До одержаного амоніачного розчину аргентум(I) оксиду $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ додають 0,25–0,5 мл альдегіду (формалін, розчин ацетальдегіду або ізовалеріанового альдегіду) і суміш обережно нагрівають на водяній бані за 60–70 °С. Через декілька хвилин поступово на стінках пробірки виділяється шар срібла у вигляді дзеркала або з'являється чорний осад металічного срібла, тому що альдегіди мають властивість окиснюватися до кислот і є сильними відновниками.

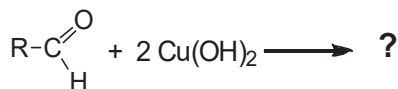


Дослід 4. Реакція відновлення альдегідами купрум(II) гідроксиду

Реактиви: формалін, ацетальдегід, 10 % розчин натрій гідроксиду, 2 % розчин мідного купоросу, етанол, концентрована сульфатна кислота.

У пробірку наливають 0,5 мл формаліну або ацетальдегіду, 2–3 мл 10 % розчину натрій гідроксиду (їдкого натру) і додають по краплинах 2 % розчин мідного купоросу до появи каламуті.

Після нагрівання верхньої частини вмісту пробірки спостерігається поява осаду жовтого кольору, який змінюється в червоний колір купрум(I) оксиду.



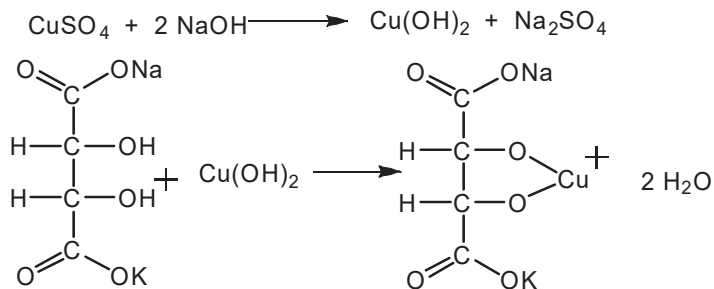
Формальдегід, на відміну від інших альдегідів, відновлює купрум(II) оксид та купрум(I) оксид з утворенням «мідного дзеркала».

Дослід 5. Реакція відновлення альдегідами фелінгової рідини

Реактиви: формалін або ацетальдегід, розчин купрум(II) сульфату (розчин № 1), лужний розчин сегнетової солі (розчин № 2).

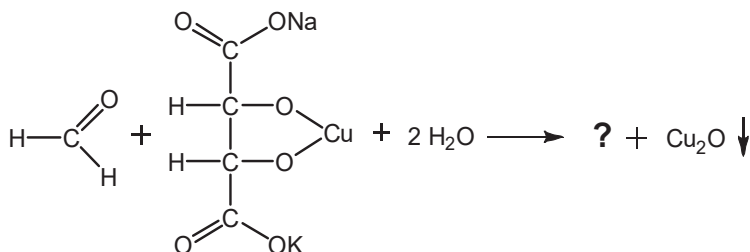
а) одержання реактиву Фелінга

Для одержання реактиву Фелінга змішують рівні об'єми розчину № 1 та розчину № 2. При цьому з'являється характерне синє забарвлення.



б) відновлення

У пробірку наливають 1,5–2 мл свіжовиготовленого реактиву Фелінга і додають 0,25–0,5 мл формаліну або ацетальдегіду. Реакційну суміш нагрівають. Спочатку розчин забарвлюється в зелений, а потім у жовтий колір, і, нарешті, випадає в осад купрум(І) оксид червоного кольору.



Дослід 6. Взаємодія альдегідів із лугами

Реактиви: формалін, етаналь (ацетальдегід) або 3-метилбутаналь (ізовалеріановий альдегід), 10–20 % розчин натрій гідроксиду.

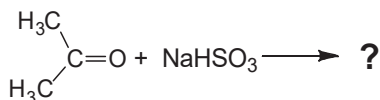
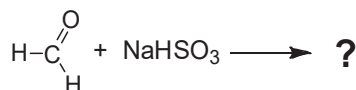
До 2–3 мл 10–20 % розчину натрій гідроксиду додають 0,5–1 мл формаліну, етаналю (ацетальдегіду) або 3-метилбутаналю (ізовалеріанового альдегіду) і реакційну суміш нагрівають. У випадку ацетальдегіду та ізовалеріанового альдегіду відбувається осмолення, рідина жовтіє, набуває бурого забарвлення, і через деякий час утворюється забарвлена альдегідна смола. Формальдегід за цих умов смоли не утворює.

Дослід 7. Утворення альдегідами і кетонами бісульфітних сполук

Реактиви: формалін, етаналь, ізовалеріановий альдегід або ацетон, розчин натрій бісульфіту.

У пробірку до 1–2 мл насиченого розчину натрій бісульфіту додають рівний об'єм формаліну, ацетальдегіду, ізовалеріанового альдегіду або ацетону і суміш енергійно збовтують.

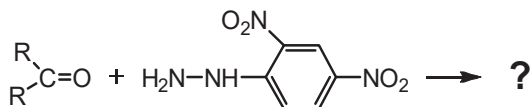
За потреби реакційну суміш охолоджують у льодяній воді і потирають скляною паличкою стінки пробірки. При цьому випадає кристалічний осад бісульфітної сполуки:



Дослід 8. Утворення гіdraзонів

Реактиви: формалін, ацетальдегід (20 % водний розчин), ацетон (20 % водний розчин), розчин 2,4-динітрофенілгідразину в концентрованій сульфатній кислоті.

У три пробірки наливають по 1 мл свіжовиготовленого розчину 2,4-динітрофенілгідразину в концентрованій сульфатній кислоті. У кожену пробірку додають по 1 мл водних розчинів формальдегіду, ацетальдегіду та ацетону. Реакційні суміші перемішують і залишають стояти. Через декілька хвилин спостерігають за утворенням жовтих осадів відповідних гіdraзонів:



R=H, Alk, Ar

Після виконання дослідів 1–8 занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та напишіть схеми всіх реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

КАРБОНОВІ КИСЛОТИ ТА ЇХ ПОХІДНІ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура: загальна характеристика монокарбонових кислот як похідних вуглеводнів із функціональною групою —COOH . Будова карбоксильної групи: полярність зв'язків C=O та O—H , резонансна стабілізація, плоска конфігурація групи, кислотні властивості.

Систематична (IUPAC) номенклатура: правила утворення назв аліфатичних та ароматичних моно- та дикарбонових кислот.

Ізомерія: структурна (положення карбоксильної групи, розгалуження ланцюга), функціональна (гідроксикислоти, галогенокарбонові кислоти, оксокислоти), просторові особливості.

Лабораторні та промислові методи добування карбонових кислот: окиснення алканів і алкенів; оксосинтез; окиснення первинних спиртів, альдегідів і кетонів; гідроліз тригалогенопохідних та нітрilів; синтез за допомогою реактивів Гріньяра.

Одержання ароматичних карбонових кислот: ацилювання аренів за реакцією Фріделя – Крафтса.

Хімічні властивості:

- **Нуклеофільне заміщення:** утворення естерів, галоїдангідридів, ангідридів, амідів карбонових кислот.
- **Заміщення атомів Гідрогену в α -позиції:** альфа-галогенування, реакції конденсації (альдольна, бензоїнова, Перкіна).
- **Окиснення, відновлення та декарбоксилювання:** перетворення кислот в альдегіди, кетони, алкани та алкени.
- **Електрофільне заміщення бензенового ядра ароматичних карбонових кислот:** нітрування, галогенування, сульфування, алкілювання, ацилювання.

α,β -Ненасичені карбонові кислоти: реакційна здатність подвійного зв'язку, кон'юговані системи.

Дикарбонові кислоти: синтези на основі малонового естеру; реакції конденсації, поліестеризації, декарбоксилювання.

Ацетооцтовий естер: добування, кето-енольна таутомерія, синтези на його основі (конденсації, алкілювання, циклізації).

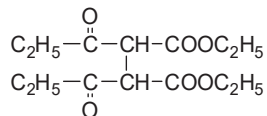
Гетерофункціональні карбонові кислоти:

- **Галогенокарбонові кислоти:** методи одержання, кислотні властивості, реакції заміщення.

- Гідроксикислоти: утворення естерів, полімеризація, кислотні властивості.
- Оксокислоти: утворення кетонів, кислотна поведінка, реакційна здатність замісників.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть формули та назвіть усі можливі структурні ізомери
1) карбонових кислот $C_5H_8O_2$; 2) аренкарбонових кислот $C_8H_8O_2$;
3) моноклорбутанових кислот; 4) моногідроксипентанових кислот.
2. Синтезуйте бутилпропіонат, використавши як початкову речовину ацетилен. Наведіть схеми вказаних перетворень, назвіть продукти.
3. Складіть схему синтезу маленової кислоти з оцтової кислоти. Чим зумовлена легкість декарбоксилювання маленової та алкілмаленових кислот?
4. Як за допомогою маленового естеру добути 2-етаноїлбутанову кислоту? Наведіть схеми вказаних перетворень, назвіть продукти реакції.
5. Наведіть схему добування з бензену саліцилової кислоти та її похідних: аспірину (ацетилсаліцилової кислоти) та салолу (фенілового естеру саліцилової кислоти).
6. Порівняйте відношення до нагрівання α -, β - та γ -заміщених карбонових кислот (замісники Cl, OH). Назвіть продукти реакцій. Напишіть по п'ять реакцій з різними реагентами для однієї кислоти з ряду Cl-, OH- та C=O-вмісних кислот. Наведіть схеми вказаних перетворень, назвіть продукти реакцій.
7. Синтезуйте ацетооцтовий естер з етилацетату. Напишіть умови та схему перетворень, наведіть механізм цієї реакції.
8. Напишіть кетонну та енольну форми ацетооцтового естеру (АОЕ). Наведіть по три приклади реакцій кожної з таутомерних форм АОЕ. Напишіть схеми вказаних перетворень, назвіть продукти реакцій.
9. Які сполуки утворюються з дипропанойлбурштинового естеру



а) внаслідок кислотного розщеплення;

б) внаслідок кетонного розщеплення?

Наведіть схеми вказаних перетворень, назвіть продукти реакції.

10. Нейтральна сполука реагує з металічним натрієм із виділенням водню та утворенням продукту $C_7H_{11}O_4Na$. Остання сполука в результаті взаємодії з пропілйодидом та подальшого гідролізу утворює валеріанову кислоту. Якою є структурна формула вихідної речовини $C_7H_{12}O_4$? Наведіть схеми всіх вказаних перетворень, назвіть продукти реакції.
11. Сполука $C_9H_{14}O_2$ знебарвлює бромну воду. Внаслідок послідовної взаємодії з натрій гідроксидом (при нагріванні) та охолодженням розчином калій перманганату утворює 4-етилциклогексан-1,2-діол. Визначте будову сполуки $C_9H_{14}O_2$. Запропонуйте її добування з етилакрилату. Наведіть схеми всіх вказаних перетворень, назвіть продукти реакції.

Експериментальна частина

ВЛАСТИВОСТІ МОНО- ТА БАГАТООСНОВНИХ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ ТА ЇХ ПОХІДНИХ

Дослід 1. Виявлення карбонових кислот за допомогою індикаторів

Реактиви: мурашина (або оцтова, щавлева, молочна) кислота, водний розчин лакмусу або універсальний індикаторний папір.

У пробірку поміщають невелику кількість однієї з таких кислот: метанової (мурашиної), етанової (оцтової), етандіової (щавлевої) або 2-гідроксипропанової (молочної). Додають 2–3 мл води і збовтують. Краплю одержаної суміші додають до універсального індикаторного папірця (або розчину лакмусу). Спостерігають зміну його кольору на червоний, що вказує на дисоціацію карбонових кислот у водних розчинах:



Яка з цих кислот виявляє найсильніші кислотні властивості?

Дослід 2. Утворення солей карбонових кислот

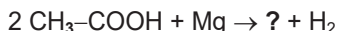
а) взаємодія кислот із металами

Реактиви: 50 % розчин етанової кислоти, стружка магнію, цинк.

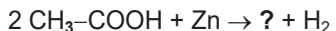
У дві пробірки наливають по 1,5–2 мл 50 % етанової кислоти. В одну додають стружку магнію, в іншу – шматочки цинку. Спостерігають

взаємодію етанової кислоти з магнієм і цинком. При цьому виділяється водень і утворюються солі.

У першому випадку утворюється магній етаноат:



У другому – цинк етаноат:

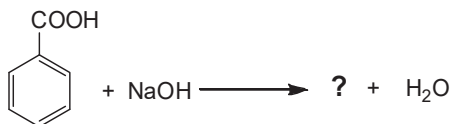


Якщо з цинком реакція проходить повільно, то реакційну суміш нагрівають.

б) взаємодія нерозчинних у воді карбонових кислот із лугами

Реактиви: бензойна кислота, 10 % розчин натрій гідроксиду, 20 % розчин сульфатної кислоти, 2 % розчин ферум(III) хлориду.

У пробірку засипають кілька кришталіків бензойної кислоти і додають 3–4 мл води. Пробірку енергійно збовтують. Розчинення кислоти не спостерігається (?). Туди ж по краплинах додають 10 % розчин натрій гідроксиду. При цьому бензойна кислота розчиняється (чому?).



Розчин у пробірці розподіляють на дві частини.

В одну пробірку додають кілька крапель 20 % розчину сульфатної кислоти і спостерігають утворення осаду (?).

До розчину в другій пробірці додають 2 % розчин ферум(III) хлориду. Відразу ж утворюється об'ємний бурий осад (чого?).



в) утворення солей дикарбонових кислот

Реактиви: 2 н розчин щавлевої кислоти, 2 н розчин винної кислоти, 2 н розчин калій гідроксиду, 5 % розчин кальцій хлориду.

У дві пробірки наливають по 1 мл 2 н розчинів щавлевої та винної кислот, додають у кожну по 0,5 мл 2 н розчину калій гідроксиду. Утворюються осади нерозчинних у воді кислих солей (яких?):



Якщо осад випадає повільно, треба потерти стінки пробірки скляною паличкою.

Внаслідок подальшого додавання по краплинах розчину лугу осад розчиняється з утворенням розчинних у воді солей (напишіть схеми цих реакцій).

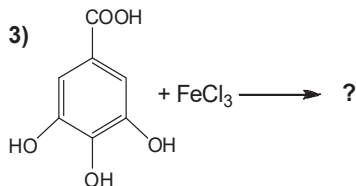
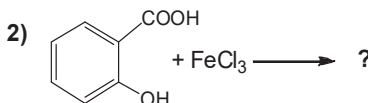
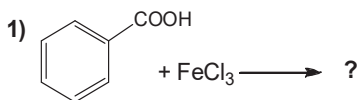
У пробірку до отриманого розчину калій етандіоату (щавлевокислого калію) додають стільки ж 5 % розчину кальцій хлориду. Відразу випадає осад (який?), нерозчинний у мінеральних кислотах:



г) взаємодія ароматичних кислот із розчином ферум(III) хлориду

Реактиви: бензойна, саліцилова та галова кислоти,
2 % розчин ферум(III) хлориду, етанол.

У трьох пробірках готують розчини бензойної, саліцилової та галової кислот у 1 мл етанолу, потім додають у кожен по 0,5 мл 2 % розчину ферум(III) хлориду. Що спостерігається? Поясніть ці зміни.



Дослід 3. Гідроліз солей вищих карбонових кислот

Реактиви: спиртовий розчин мила, 1 % розчин фенолфталеїну.

У суху пробірку наливають приблизно 1 мл спиртового розчину мила і додають декілька крапель 1 % розчину фенолфталеїну. До одержаної суміші поступово доливають дистильовану воду. З'являється характерне малинове забарвлення, що вказує на лужне середовище розчину.



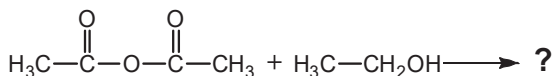
Лужне середовище зумовлене реакцією гідролізу мила у водному розчині.

Дослід 4. Реакція ацилування

а) взаємодія ангідриду етанової кислоти (оцтового ангідриду) з етанолом

Реактиви: етанол, ангідрид етанової кислоти (оцтовий ангідрид).

У пробірку наливають 1 мл етанолу, 0,5 мл ангідриду етанової кислоти (оцтового ангідриду). Розчин нагрівають декілька хвилин на водяній бані за 60–70 °С. Після цього суміш виливають у рівний об'єм води (1,5 мл) і нейтралізують розчином соди. Речовина (?), що утворилася, відділяється у верхньому шарі. Її можна розпізнати за характерним запахом.



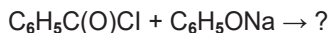
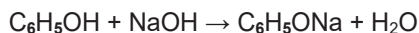
б) взаємодія хлорангідриду бензойної кислоти (бензоїлхлориду) із фенолом

Реактиви: фенол, 10 % розчин натрій гідроксиду, бензоїлхлорид.

У пробірку наливають 2 мл 10 % розчину натрій гідроксиду (мірний циліндр!!!) та розчиняють у ньому 0,1–0,15 г фенолу.

За допомогою мірної піпетки відмірюють 0,2 мл бензоїлхлориду та невеличкими порціями додають до розчину в пробірці, постійно збовтуючи її вміст.

Після додавання бензоїлхлориду суміш енергійно перемішують до зникнення запаху бензоїлхлориду (приблизно 5 хвилин) та осадження продукту реакції ацилування.



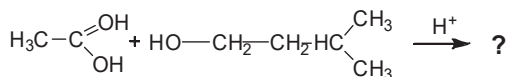
Дослід 5. Утворення естеру (реакція естерифікації)

Реактиви: льодяна етанова кислота (льодяна оцтова кислота), ізоаміловий спирт, концентрована сульфатна кислота.

У пробірці змішують 1 мл льодяної етанової кислоти (льодяної оцтової кислоти), 1 мл ізоамілового спирту (3-метилбутан-1-олу) та 0,2 мл (1–2 краплі) концентрованої сульфатної кислоти. Суміш перемішують

та обережно нагрівають на водяній бані, постійно збовтуючи. Реакційну суміш виливають у пробірку з холодною водою.

Естер, що утворився (?), спливає на поверхню води. Він пахне грушевою есенцією.

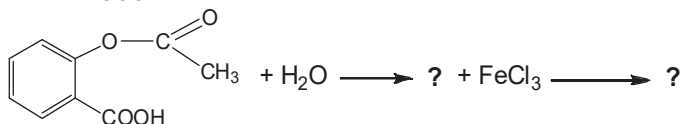
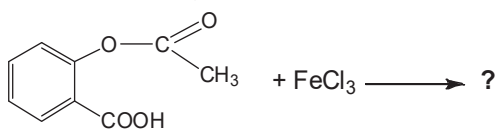


Дослід 6. Гідроліз естерів

Реактиви: ацетилсаліцилова кислота (аспірін),
2 % розчин ферум(III) хлориду, дистильована вода.

У пробірці в 1–2 мл води розчиняють кілька кристаликів ацетилсаліцилової кислоти (аспірину). Одержаний розчин розділяють на дві частини. До однієї частини розчину додають 1–2 краплі 2 % розчину ферум(III) хлориду; а до другої після кип'ятіння протягом 2 хвилин теж додають 1–2 краплі 2 % розчину ферум(III) хлориду.

Чим пояснити зміни, що спостерігаються?



Дослід 7. Властивості ненасичених карбонових кислот

а) взаємодія олеїнової кислоти з бромом

Реактиви: олеїнова кислота, бромна вода.

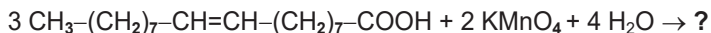
У пробірку наливають 0,5–1 мл олеїнової кислоти, додають 2–3 мл бромної води і сильно збовтують. Спостерігається знебарвлення бромної води (внаслідок чого?):



б) окиснення олеїнової кислоти калій перманганатом

Реактиви: олеїнова кислота, 0,1 % розчин калій перманганату, розчин соди.

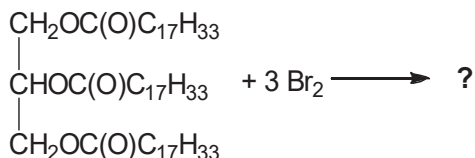
У пробірку наливають 0,5–1 мл олеїнової кислоти, додають 2–3 мл 0,1 % розчину калій перманганату, підлученого розчином соди, і сильно збовтують. Відбувається знебарвлення розчину калій перманганату та виділяється оксид мангану(IV):



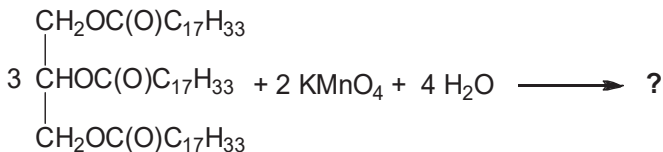
в) виявлення ненасичених кислот у жирах

Реактиви: рослинна олія, бромна вода, 0,1 % розчин калій перманганату, розчин соди.

У пробірку наливають 1–2 мл бромної води, додають 0,25 мл рослинної олії та збовтують (що спостерігається?):



В іншу пробірку наливають 1–2 мл підлученого содою розчину калій перманганату, додають 0,25 мл рослинної олії та енергійно збовтують (що спостерігаємо?):



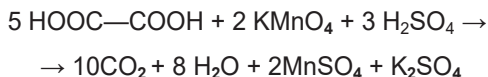
Дослід 8. Властивості дикарбонових кислот

а) окиснення щавлевої кислоти

Реактиви: насичений розчин щавлевої кислоти, 1 % розчин калій перманганату, 10 % сульфатна кислота, баритова вода.

У пробірку наливають 1–2 мл 1 % розчину калій перманганату, підкислюють 10 % сульфатною кислотою і додають 1 мл насиченого розчину щавлевої кислоти.

Реакційну суміш обережно нагрівають над газовим пальником. Щавлева кислота при цьому окиснюється до діоксиду Карбону та води:

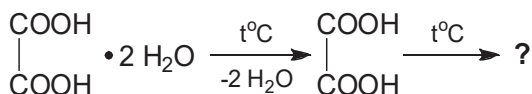


Якщо пропустити діоксид Карбону, що виділився, у пробірку з баритовою водою, то утворюється барій карбонату.

б) розклад щавлевої кислоти під час нагрівання

Реактиви: щавлева кислота, баритова вода.

У суху пробірку поміщають 1 г кристалічної щавлевої кислоти. Пробірку закривають корком із газовідвідною трубкою, кінець якої занурюють у пробірку з 2 мл баритової води. Нагрівають щавлеву кислоту в пробірці в полум'ї пальника. Щавлева кислота спочатку плавиться, а потім відбувається помутніння баритової води (чому?):

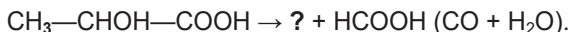


Дослід 9. Розкладання α-оксикислот унаслідок нагрівання з сульфатною кислотою

Реактиви: молочна кислота, концентрована сульфатна кислота.

У пробірку наливають 1 мл молочної кислоти та 1,5 мл концентрованої сульфатної кислоти, додають кілька шматочків пемзи (кип'ятильники). Пробірку закривають корком із газовідвідною трубкою. Реакційну суміш нагрівають до кипіння.

Молочна кислота при цьому розкладається на альдегід (який?) та мурашину кислоту, яка, своєю чергою, розкладається на оксид Карбону і воду:



Якщо піднести вогонь до кінця газовідвідної трубки, то оксид Карбону горить блакитним полум'ям.

Дослід 10. Кето-енольна таутомерія ацетооцтового естеру

Реактиви: ацетооцтовий естер, 2 % розчин ферум(III) хлориду, бромна вода.

У пробірці розчиняють 1–2 краплі ацетооцтового естеру в 1–2 мл води та додають 1–2 краплі розчину ферум(III) хлориду. Поступово з'являється фіолетове забарвлення (внаслідок чого?). Потім додають кілька крапель бромної води – забарвлення зникає, через деякий час знову з'являється.

Поясніть ці зміни та напишіть схему реакції вказаної взаємодії ацетооцтового естеру з бромом.

Після виконання дослідів **1–10** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та напишіть рівняння всіх реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Будова та номенклатура: загальна характеристика гетероциклічних сполук як циклічних органічних сполук, що містять один або кілька атомів, відмінних від Карбону (гетероатомів – N, O, S). Будова: особливості будови тричленних, п'ятичленних та шестичленних гетероциклів з одним гетероатомом. Систематична (IUPAC) номенклатура та правила позначення гетероатомів у кільці.

Ізомерія: структурна (розташування гетероатома / гетероатомів), функціональна (кислотні, основні, ароматичні похідні), просторові особливості.

П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом: пірол, фуран, тіофен: будова, електронна конфігурація, ароматичність.

Лабораторні та промислові методи добування п'ятичленних гетероциклічних сполук: цикл Юр'єва; циклізація 1,4-дикарбонільних сполук; декарбонільовання фурфуролу, декарбоксилювання пірослизової кислоти; аміноліз ацетилену або 4-бутин-1,4-діолу; парофазна циклізація бутану з сіркою або ацетилену з дигідроген сульфідом.

Хімічні властивості:

- взаємодія з мінеральними кислотами;
- електрофільне заміщення: галогенування, нітрування, сульфуровання, ацилювання;
- окиснення та відновлення.
- реакції солей піролу.

Важливі похідні: фурфурол, пролін.

П'ятичленні гетероцикли з двома гетероатомами: імідазол, піразол, тіазол. Додаткові сполуки: індол, індиго.

Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом: піридин: будова, електронна конфігурація, ароматичність.

Лабораторні та промислові методи добування шестичленних гетероциклічних сполук: прямий синтез піридину, добування піколінів.

Хімічні властивості:

- Основні властивості (взаємодія з кислотами).
- Реакції електрофільного та нуклеофільного заміщення в гетероциклічному ядрі та за атомом Нітрогену.

- Реакції окиснення та відновлення.
- Добування похідних за допомогою N-оксиду піридину.

Похідні піридину: піколіни, піридинкарбонові кислоти, амінопіридини, оксипіридини.

Шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами: хінолін, ізохінолін, піридазин, піримідин.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Назвіть за міжнародною номенклатурою такі гетероциклічні сполуки: α -карбметоксифуран, пірол, β -формілтіофен, фурфурол, тетрагідрофуран, тетрагідропірол, піридин, піримідин, піридазин, β -піридилетилловий спирт, ізонікотинова кислота, α -піколін.
2. Напишіть схему добування β , β' -диметилфурану з відповідної 1,4-дикарбонільної сполуки. Які продукти утворюються внаслідок сульфування, нітрування та хлорування сульфурилхлоридом добутого β , β' -диметилфурану? Напишіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.
3. У бензені, що одержують із кам'яного вугілля, як домішка міститься тіофен. Напишіть схему реакції, на якій ґрунтується хімічне очищення бензену від тіофену. Напишіть схеми добування з тіофену: 1) α -тіофенкарбонової кислоти з використанням реактиву Гріньяра; 2) етил-2-тієнілкетону. Назвіть продукти всіх вказаних перетворень.
4. Напишіть схему промислового методу одержання: 1) тіофену; 2) фурфуролу; 3) β -піколіну.
5. Напишіть схеми одержання з фурфуролу таких сполук: 1) етиловий естер пірослизивої кислоти; 2) тетрагідрофуран; 3) фурилакрилова кислота; 4) 2,2'-фууроїн; 5) фурфуриловий спирт.
6. Напишіть схеми одержання вказаних сполук з індолу: 1) β -хлоріндол; 2) 3-фенілазоіндол; 3) N-ацетиліндол; 4) 3-ацетиліндол.
7. Синтезуйте індол-3-карбальдегід з аніліну, піровиноградної (2-оксопропанової) кислоти та будь-яких неорганічних реагентів. Напишіть схему цих перетворень, назвіть продукти реакцій.
8. Напишіть схеми одержання з піридину 2-оксипіридину та 3-оксипіридину. Які продукти утворюються під час взаємодії цих сполук із метилйодидом? Напишіть схеми цих перетворень.
9. Синтезуйте всі ізомерні амінопіридини. Наведіть схеми цих перетворень. Напишіть схеми реакцій одержаних ізомерних амінопиридинів із нітритною кислотою.

10. Здійснить добування нікотинамід (вітамін РР) за такою схемою: хінолін $\rightarrow$ 2,3-піридинкарбонова кислота $\rightarrow$ динатрієва сіль 2,3-піридинкарбонової кислоти $\rightarrow$ натрієва сіль нікотинової кислоти $\rightarrow$ нікотинова кислота $\rightarrow$ хлорангідрид нікотинової кислоти $\rightarrow$ нікотинамід. Які реагенти можна застосувати в наведеній схемі перетворень? Напишіть формули всіх вказаних сполук.
11. Напишіть схему одержання хіноліну та 8-метилхіноліну за допомогою синтезу Скраупа, а з хіноліну – α -оксихіноліну та хінолінової кислоти. Назвіть продукти всіх перетворень.

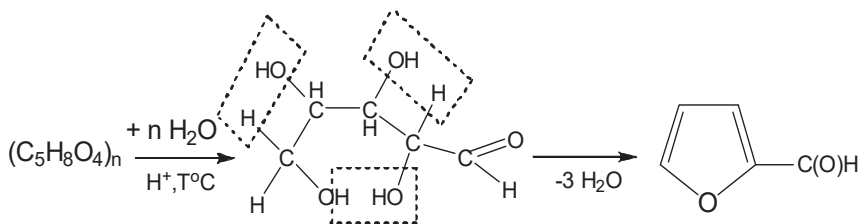
Експериментальна частина

ВЛАСТИВОСТІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ СПОЛУК

Дослід 1. Добування фурфуролу

Реактиви: тирса (соняшникове лушпиння, висівки), концентрована хлоридна кислота, розчин аніліній етанату (оцтовокислого аніліну), фільтрувальний папір.

У пробірку поміщають тирсу і додають хлоридну кислоту (розведену у співвідношенні 1 : 1), щоб вона змочила тирсу (1–2 мл). Суміш кип'ятять протягом 2–3 хвилин. Фурфурол, що при цьому утворився, можна виявити за реакцією з аніліном, який утворює при цьому барвник яскраво-червоного кольору. Для цього у випари фурфуролу вносять смужку фільтрувального паперу, змоченого розчином аніліній етанату, і папір забарвлюється в червоний колір.



Реакція дуже чутлива і дає змогу визначити 0,05 мл/л фурфуролу.

Дослід 2. Розчинність індиго

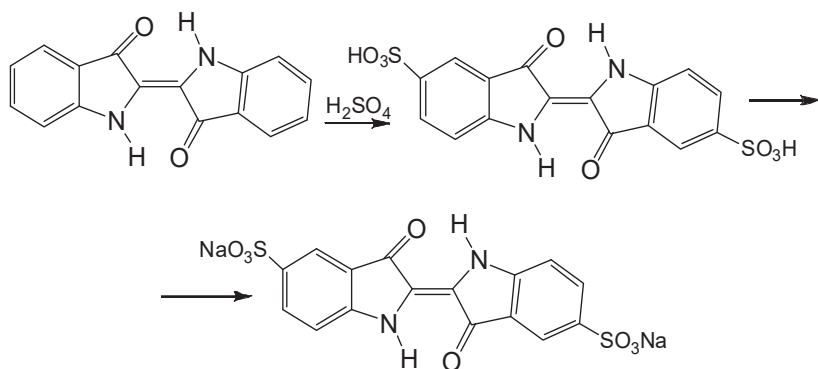
Реактиви: індиго, 1 % розчин натрій гідроксиду, анілін.

У три пробірки поміщають по кристалику індиго або невеличку кількість його порошку. Додають в одну пробірку 5 мл води, у другу – 5 мл 1 % розчину натрій гідроксиду, у третю – 1–2 мл аніліну. Вміст пробірок нагрівають на киплячій водяній бані. Занотовують спостереження.

Дослід 3. Сульфування індиго (одержання індигокарміну)

Реактиви: індиго, концентрована сульфатна кислота, 10 % розчин натрій бікарбонату.

У суху пробірку поміщають кілька кристалів індиго (0,05 г) та додають (надіти захисні окуляри!!!) 1 мл концентрованої сульфатної кислоти. Суміш нагрівають до одержання розчину, після охолодження реакційну суміш обережно виливають у стакан із 10 мл 10 % розчину натрій бікарбонату.

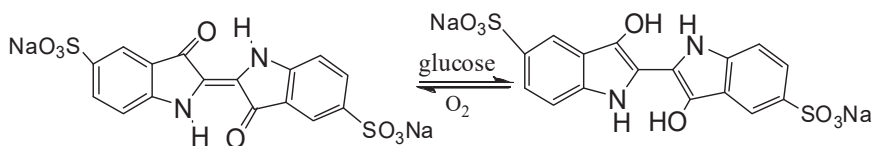


У результаті сульфування індиго концентрованою сульфатною кислотою утворюється індиго-5,5'-дисульфо кислота. Її динатрієва сіль відома під назвою «індигокармін», що є харчовим барвником та відомим окисно-відновним індикатором, активним за рН 11,7–14.

Дослід 4. Відновлення індиго (кубове фарбування індигокарміном)

Реактиви: 10 % розчин індигокарміну (див. дослід 3),
5 % розчин глюкози, фільтрувальний папір.

У дві пробірки наливають по 2 мл 5 % розчину глюкози, потім додають 0,25 мл 10 % розчину індигокарміну (див. дослід 3) та шматочок пемзи. Вміст кожної пробірки нагрівають до кипіння (спостерігають за зміною забарвлення).



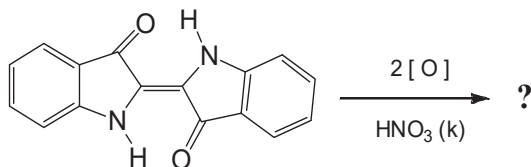
В одну пробірку занурюють смужку фільтрувального паперу та вивішують її на повітрі. Поступово забарвлення паперу змінюється на синє (чому?).

Вміст другої пробірки з розчином білого індиго виливають у порцелянову чашку. Спостерігають за зміною забарвлення.

Дослід 5. Окиснення індиго

Реактиви: 1 % водний розчин індиго (див. дослід 1),
концентрована нітратна кислота.

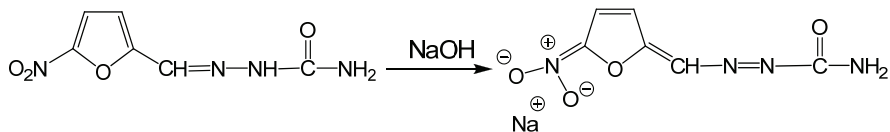
У пробірку до 2–3 мл 1 % водного розчину індиго додають 1–2 мл концентрованої нітратної кислоти і суміш нагрівають. Спостерігають за зміною забарвлення (буро-жовте забарвлення з'являється внаслідок утворення ізатину).



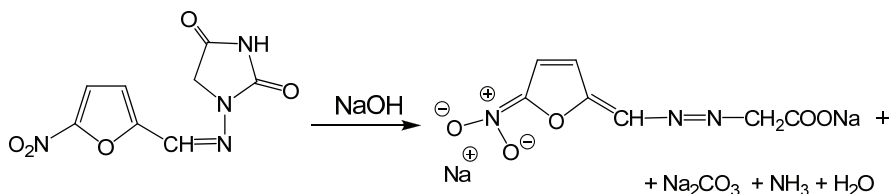
Дослід 6. Реакції сполук групи 5-нітрофурану з натрій гідроксидом

Реактиви: фурацилін (або фуразолідон, або фурадонін),
10 % розчин натрій гідроксиду, 30 % розчин натрій гідроксиду,
1 М розчин калій гідроксиду в 50 % спирті.

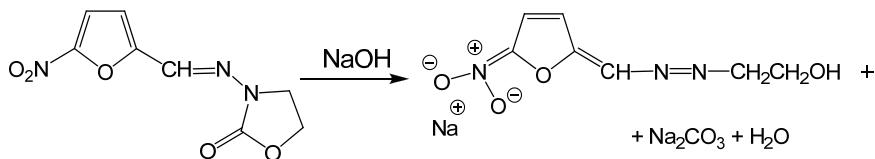
1) До 1 мл 2 % водного розчину фурациліну додають 2–3 краплі 10 % розчину натрій гідроксиду; з'являється помаранчево-червоне забарвлення внаслідок утворення сполуки з хіноїдною структурою:



2) До 1 мл 2 % водного розчину фурадоніну додають 2–3 краплі 30 % розчину натрій гідроксиду; з'являється темно-червоне забарвлення:



3) Водний розчин фуразолідону (1 мл 2 % розчину) нагрівають на водяній бані до часткового розчинення, потім до гарячого розчину додають 2–3 краплі 30 % розчину натрій гідроксиду; спостерігається перехід жовтого забарвлення розчину в темно-брунатне (буре):



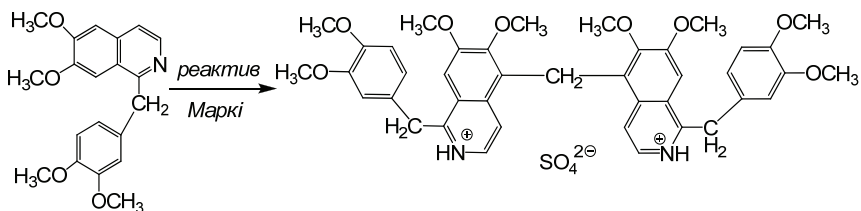
4) До 1 мл водного розчину сполуки групи 5-нітрофурану додають 1 мл диметилформаміду. Потім нагрівають на водяній бані до розчинення, охолоджують і додають до цього розчину 2 краплі 1 М розчину калій гідроксиду в 50 % спирті, при цьому з'являється жовте забарвлення.

Дослід 7. Реакції похідних ізохіноліну

Реактиви: 2 % водний розчин папаверин хлориду, натрій етаноат (ацетат натрію), реактив Маркі, бромна вода, амоніак, етанол, концентрована нітратна кислота, аргентум(I) нітрат.

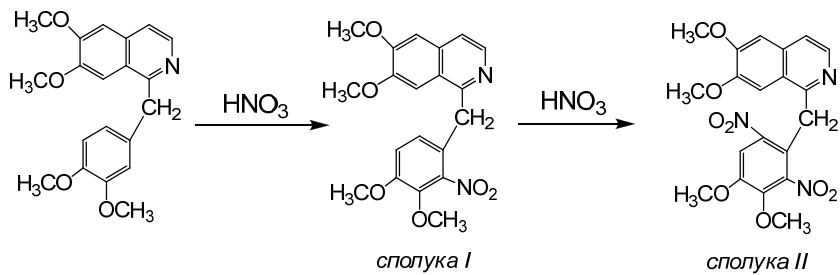
1) Для осадження папаверин-основи з розчину солі в пробірку наливають 1 мл 2 % водного розчину гідрогенхлориду папаверину та нагрівають до 60 °С, потім додають 2–3 краплі насиченого розчину натрій етаноату (ацетат натрію) і залишають до одержання кристалів папаверин-основи.

2) У пробірку із суспензією папаверин-основи (див. дослід 7.1) додають по краплях реактив Маркі (готують його безпосередньо перед дослідом із 0,5 мл розчину *Маркі I* та 2,5 мл розчину *Маркі II*). Під час взаємодії з'являється червоне забарвлення, яке переходить у жовте, а потім у яскраво-помаранчеве (характерна реакція на папаверин).



3) У пробірку наливають 0,25 мл 2 % розчину гідрогенхлориду папаверину і додають по 2–3 краплі розчинів нітратної кислоти та аргентум(I) нітрату, при цьому утворюється білий осад аргентум(I) хлориду.

4) У пробірку наливають 0,25 мл 2 % розчину гідрогенхлориду папаверину, додають 1 мл дистильованої води і нагрівають на водяній бані 2–3 хвилини. До гарячого розчину додають 2 краплі концентрованої нітратної кислоти – з'являється спочатку жовте (сполука I) забарвлення, яке переходить у помаранчеве (сполука II).



Після виконання дослідів **1–7** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та напишіть схеми всіх реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 13

АМІНОКИСЛОТИ. ВУГЛЕВОДИ

Теоретичні питання для самостійного опрацювання теми

Амінокислоти

Будова та номенклатура: загальна характеристика амінокислот як похідних карбонових кислот із функціональною аміногрупою $-\text{NH}_2$. Систематична (IUPAC) номенклатура, тривіальні назви. Ізомерія: структурна (положення аміногрупи), стереоізомерія (D- та L-форма), просторове розташування α -, β -, γ - та δ -амінокислот.

Лабораторні та промислові методи добування амінокислот: аміноліз галогензаміщених кислот; метод Штрекера (синтез α -амінокислот із альдегідів / кетонів); метод Зелінського; одержання β -амінокислот за Родіоновим; відновлення нітробензойних кислот.

Хімічні властивості:

- Реакції за участю карбоксильної групи (утворення естерів, амідів, сольових форм).
- Реакції за участю аміногрупи (ацилування, алкілування, утворення солей).
- Вплив нагрівання: α -, β -, γ - та δ -амінокислоти.

Будова та синтез пептидів: захист карбоксильної та аміної груп під час синтезу; методи формування пептидного зв'язку.

Структура білків: первинна, вторинна, третинна та четвертинна.

Вуглеводи. Моносахариди

Класифікація та номенклатура (альдози, кетози, тріози, тетрози, пентози, гексози).

Будова: формули Фішера, Коллі – Толленса, Хеуорса. Цикло-ланцюгова таутомерія, мутаротація.

Лабораторні та промислові методи добування моносахаридів: гідроліз природних ди- та полісахаридів; ціангідриновий синтез; розпад за Руффом.

Хімічні властивості:

- **Реакції за участю відкритих форм:** відновлення (утворення альдитів); окиснення (утворення кислот); утворення озазонів; взаємодія з гідроксиламіном.

- **Реакції за участю циклічних форм:** утворення глікозидів; алкілювання та ацилювання гідроксильних груп.

Дисахариди: відновні та невідновні. Структура та властивості основних дисахаридів: сахароза, мальтоза, лактоза.

Полісахариди

- **Крохмаль:** будова, амілоза та амілопектин, властивості, гідроліз.
- **Целюлоза:** будова, властивості, промислове значення.

Завдання для самостійної підготовки до лабораторної роботи

1. Напишіть структурні формули та назвіть за міжнародною номенклатурою такі сполуки: 1) гліцин; 2) аланін; 3) валін; 4) серин; 5) феніл-аланін; 6) триптофан; 7) лейцин.
2. Які α -амінокислоти можна синтезувати за методом Штрекера з: 1) оцтового альдегіду; 2) ізомасляного альдегіду? Які продукти утворюються внаслідок нагрівання цих амінокислот? Напишіть схеми реакцій вказаних перетворень.
3. Які β -амінокислоти можна добути за реакцією Родіонова взаємодією оцтового або диметилоцтового альдегідів із малоновою кислотою? Які продукти утворюються в результаті нагрівання добутих амінокислот? Напишіть схеми реакцій вказаних перетворень. Назвіть їх.
4. Діючи амоніаком на галогензаміщені кислоти, отримайте: 1) аланін, 2) валін.
Як перетворити ці амінокислоти у відповідні гідроксикислоти? Напишіть умови та схеми цих реакцій, назвіть продукти.
5. Визначте будову дипептидів, які після нагрівання з 2,4-динітрофлуоробензеном і подальшого гідролізу утворюють: 1) N-(2,4-динітрофеніл)гліцин і аланін; 2) N-(2,4-динітро-феніл)серин і фенілаланін.
Напишіть схеми вказаних перетворень. Назвіть визначені дипептиди.
6. Напишіть структурні формули таких пептидів: 1) аланілгліцин; 2) тирозиллейцин; 3) валілсерилізолейцин.
Позначте N- та C-амінокислоти у структурі цих пептидів.
7. Напишіть схеми утворення α - та β -циклічних піранозних форм D-манози, D-галактози; α - та β -фуранозних форм D-ксилози, D-фруктози, D-рибози (формули Хеуорса). Назвіть їх.
8. Синтезуйте кетогексозу з альдопентози за допомогою ціангідринового синтезу та утворення озазону альдогексози. Напишіть схеми вказаних перетворень. Назвіть продукти цих реакцій.

9. Яка речовина утвориться після взаємодії β -D-глюкопіранози з диметилсульфатом у лужному середовищі та подальшому обробленні одержаної сполуки розведеною хлоридною кислотою? Напишіть схеми вказаних перетворень. Назвіть продукти цих реакцій.
10. Перетворіть альдогексозу в альдопентозу за допомогою: а) розпаду за Руффом; б) через утворення оксиму альдогексози (на прикладі D-галактози). Назвіть усі сполуки.
11. Як можна здійснити перехід від D-глюкози до D-фруктози через утворення озазону (напишіть схему цих перетворень)? Наведіть схему утворення продуктів D-фруктози ацилуванням надлишком оцтового ангідриду. Назвіть усі сполуки.
12. Внаслідок відновлення двох альдотетроз, які є оптичними антиподами, утворюється чотириатомний спирт, що є оптично неактивним унаслідок внутрішньомолекулярної компенсації. Яким проєкційним формулам відповідають ці тетрази?

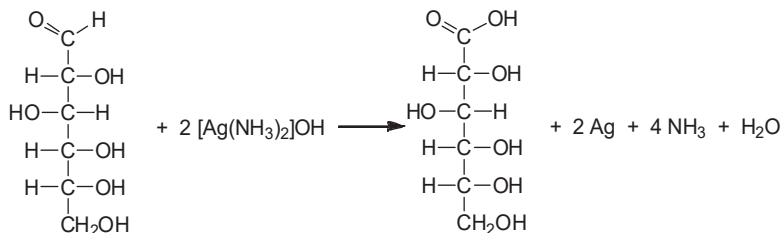
Експериментальна частина

ВЛАСТИВОСТІ ГЛЮКОЗИ ТА ГЛІЦИНУ. ГІДРОЛІЗ ДИСАХАРИДІВ. БІЛКИ

Дослід 1. Утворення срібного дзеркала

Реактиви: 1 % розчин глюкози, 1 % розчин аргентум(I) нітрату, 10 % розчин натрій гідроксиду, 5 % розчин амоніаку, дистильована вода.

У чисту пробірку, попередньо вимиту гарячим лугом і промиту дистильованою водою, наливають 1–2 мл 1 % розчину аргентум(I) нітрату. Потім додають по краплинах 5 % розчин амоніаку доти, доки утворений на початку осад повністю розчиниться. Після цього додають 1 мл 1 % розчину глюкози. Пробірку поміщають на кілька хвилин у воду, нагріту до 70–80 °C. Металічне срібло, що виділяється в результаті окиснення глюкози, осаджується на стінках пробірки у вигляді блискучого дзеркала.

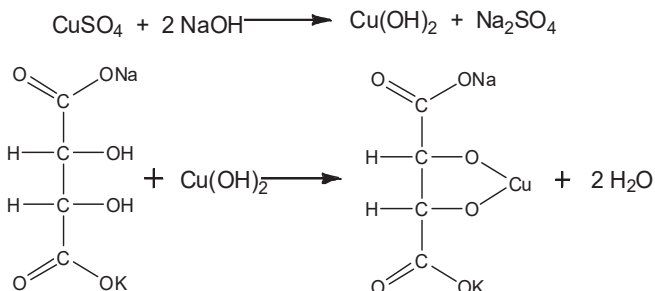


Дослід 2. Реакція глюкози з реактивом Фелінга

Реактиви: 1 % розчин глюкози, розчин купрум(II) сульфату (розчин № 1), лужний розчин сегнетової солі (розчин № 2).

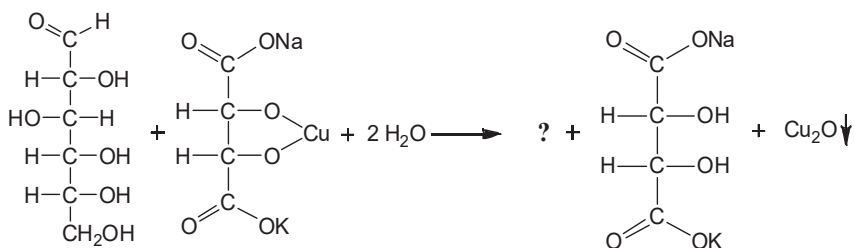
а) одержання реактиву Фелінга

Для одержання реактиву Фелінга змішують рівні об'єми розчину № 1 та розчину № 2. При цьому з'являється характерне синє забарвлення.



б) відновлення

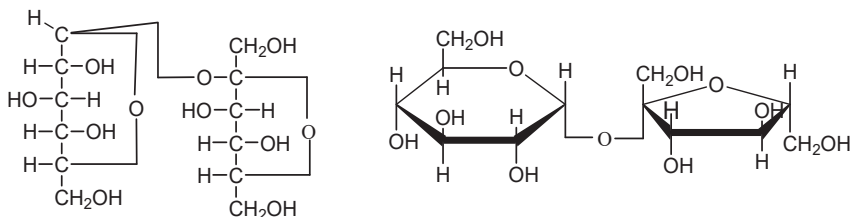
У пробірку наливають 1–2 мл реактиву Фелінга та додають 2 мл 1 % розчину глюкози. Пробірку поміщають у полум'я пальника та обережно нагрівають. Спостерігають зміну забарвлення через випадання жовтогарячого осаду купрум(I) гідроксиду, що перетворюється на червоний купрум(I) оксид. Глюкоза при цьому окиснюється в глюконову кислоту:



Дослід 3. Взаємодія сахарози з реактивом Фелінга

Реактиви: 2 % розчин сахарози, реактив Фелінга (див. дослід 2).

У пробірку наливають 1 мл реактиву Фелінга і додають такий самий об'єм 2 % розчину сахарози. У процесі нагрівання реакційної суміші в теплому водогрії не спостерігають жодних змін. Сахароза не відновлює рідину Фелінга (чому?):

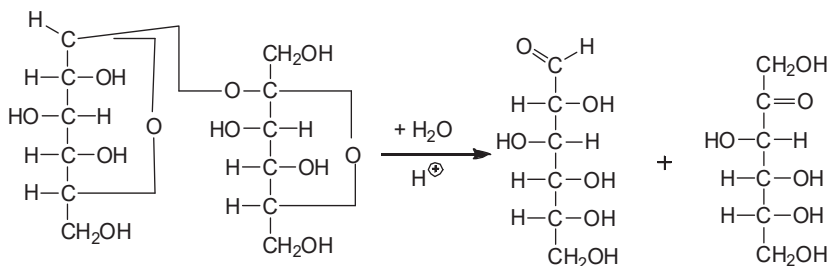


Сахароза

Дослід 4. Гідроліз сахарози

Реактиви: 2 % розчин сахарози, сульфатна кислота, 10 % розчин натрій гідроксиду, реактив Фелінга.

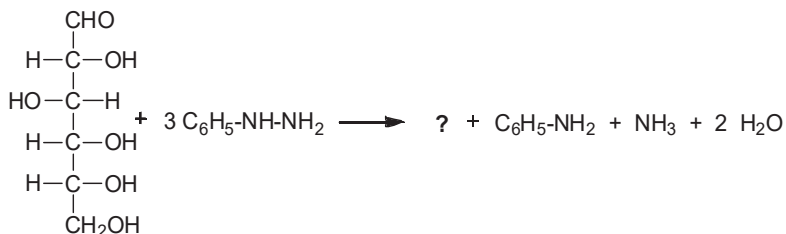
Додають у пробірку 2 мл 2 % розчину сахарози, кілька крапель концентрованої сульфатної кислоти, шматочок пемзи і кип'ятять протягом 3–5 хвилин. Реакційну суміш охолоджують і нейтралізують розчином натрій гідроксиду до слабколужної реакції за універсальним індикаторним папірцем. Потім додають 2 мл реактиву Фелінга (випадає червоний осад купрум(І) оксиду, тобто відновлювальна здатність з'явилася). Поясніть ці зміни.



Дослід 5. Утворення озону глюкози

Реактиви: глюкоза, натрій етаноат (ацетат натрію), гідрогенхлорид фенілгідазину, дистильована вода.

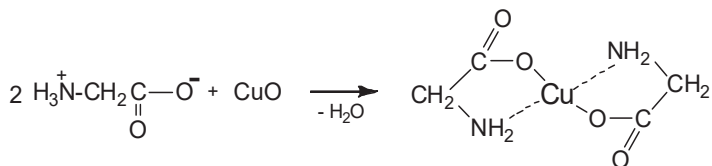
У пробірці розчиняють 0,1 г глюкози у 2 мл дистильованої води. Додають ~0,5 г попередньо приготовленої та розтертої у ступці суміші із 0,4 г гідрогенхлориду фенілгідазину та 0,6 г натрій етаноату. Вміст пробірки нагрівають 5–10 хвилин на киплячій водяній бані, постійно збовтуючи. Коли з'являться перші жовті кристали озону, пробірку ставлять у штатив та дають їй охолонути. Поступово утворюються жовті голки озону глюкози (?):



Дослід 6. Утворення комплексної мідної солі гліцину

Реактиви: 2 % розчин 2-аміноетанової кислоти (амінооцтової кислоти, гліцину), 10 % розчин натрій гідроксиду, 5 % розчин купрум(II) сульфату.

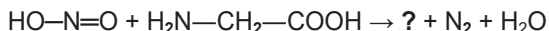
Для одержання купрум(II) гідроксиду в пробірку додають 0,5 мл 5 % розчину купрум(II) сульфату та 1–2 мл 10 % розчину натрій гідроксиду. Потім у цю пробірку додають 2 % розчин амінооцтової кислоти (гліцину). У процесі перемішування реакційної суміші осад купрум(II) гідроксиду поступово розчиняється. Розчин стає прозорим і забарвлюється в темно-синій колір.



Дослід 7. Взаємодія гліцину з нітритною кислотою

Реактиви: 2 % розчину амінооцтової кислоти (гліцину), льодяна етанова (оцтова) кислота, 10 % розчин натрій нітриту.

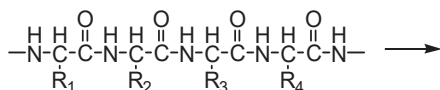
У пробірці змішують 2 мл 2 % розчину гліцину з 0,5 мл льодяної етанової (оцтової) кислоти. До одержаної реакційної суміші краплями додають 0,5 мл 10 % розчину натрій нітриту. Вміст пробірки обережно перемішують. Спостерігають за інтенсивним виділенням бульбашок газу (азоту). До отвору підносять тліючу скалку. Вона гасне.



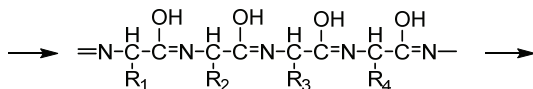
Дослід 8. Біуретова реакція пептидного зв'язку білків

Реактиви: 1 % розчин яєчного білка, 1 % розчин желатину, 10 % розчин натрій гідроксиду, 10 % розчин купрум(II) сульфату.

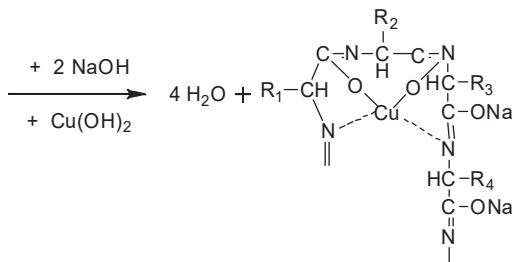
В одну пробірку наливають 0,25 мл 1 % розчину яєчного білка, у другу – 0,25 мл 1 % розчину желатину. У кожен пробірку додають по 0,5–1 мл 10 % розчину натрій гідроксиду та по 0,1 мл 1 % розчину купрум(II) сульфату. В обох пробірках з'являється червоно-фіолетове (або синьо-фіолетове) забарвлення утвореного біуретового комплексу:



поліпептид



енольна форма поліпептиду



Дослід 9. Ксантопротейнова реакція на білки

Реактиви: 1 % розчин яєчного білка, концентрована нітратна кислота, амоніак.

У пробірку наливають 1–2 мл 1 % розчину яєчного білка та нагрівають із 0,5–1 мл концентрованої нітратної кислоти. При цьому випадає осад жовтого кольору. Жовте забарвлення зумовлене нітруванням ароматичних груп білкових молекул.

Після додавання амоніаку до охолодженого розчину жовтий колір переходить у помаранчевий. Ксантопротейнова реакція зумовлена наявністю в білкових залишках таких ароматичних амінокислот, як фенілаланін, тирозин, триптофан.

Дослід 10. Розчинення клітковини в мідно-амонійному розчині реактиву Швейцера

Реактиви: мідно-амонійний розчин реактиву Швейцера, фільтрувальний папір або шматочок вати, 20 % хлоридна кислота.

Наливають у пробірку 4–5 мл розчину мідно-амонійного комплексу $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ та занурюють у розчин смужку фільтрувального паперу або шматочок вати, перемішують скляною паличкою. Внаслідок розчинення клітковини утворюється в'язкий розчин.

Виливають частину отриманого розчину в стакан із 10 мл 20 % хлоридної кислоти, спостерігають за виділенням клітковини у вигляді білих пластівців.

Дослід 11. Одержання рослинного пергаменту

Реактиви: 80 % сульфатна кислота, смужка фільтрувального паперу.

Смужку фільтрувального паперу занурюють на кілька секунд у холодну 80 % сульфатну кислоту в порцеляновій чашці. Папір швидко промивають водопровідною водою та висушують.

Спостерігають за появою глянцевого блиску, прозорості та особливої міцності, що є характерною для пергаментного паперу.

Після виконання дослідів **1–11** занотуйте в лабораторний журнал свої спостереження та напишіть схеми всіх реакцій.

ДОДАТКИ

Додаток А

МЕТОДИКА

ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ І ХІМІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

1. Амоніачний розчин купрум(II) оксиду

До розчину 1 г купрум(II) сульфату (мідного купоросу) в 50 мл дистильованої води додають 4 мл концентрованого розчину амоніаку, потім додають розчин 3 г гідрогенхлориду гідроксиламіну в 50 мл дистильованої води та енергійно збовтують. Синє забарвлення купрум(II) сульфату зникає, розчин стає безбарвним. Одержаний розчин можна зберігати кілька днів у щільно закупореній темній склянці. Строк зберігання можна подовжити, додавши в розчин мідних ошурок.

2. Амоніачний розчин аргентум(I) оксиду

До 30 % розчину аргентум(I) нітрату додають концентрований розчин амоніаку до розчинення осаду. Розчин зберігають у темній склянці не більше ніж 1 місяць.

3. Анілін

Для очищення переганяють (температура кипіння 184 °C) з повітряним холодильником із колби Вюрца, в яку додають 0,5–1 г цинкового пилю. Одержану безбарвну рідину зі слабким запахом зберігають у щільно закупореній склянці (додавання невеликої кількості цинкового пилю стабілізує анілін).

4. Анілінова вода

Розчиняють анілін у воді в об'ємному співвідношенні 1 : 100.

5. Баритова вода

Розчиняють 70 г кристалічного барій гідроксиду $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ внаслідок кип'ятіння у 200 мл води, потім розводять водою до 1000 мл, дають відстоятися. Через кілька годин прозорий розчин фільтрують.

6. Бром, розчин у хлороформі або тетрахлориді карбону

У склянку з притертим корком наливають 5 мл бром (під витяжною шафою!!!) та обережно додають 95 мл розчинника.

7. Бромна вода

Для отримання насиченого розчину бром у воді в склянку з притертим корком місткістю 1000 мл наливають 6 мл бром, додають 500 мл води та енергійно збовтують. Невелика кількість бром залишається нерозчиненою (за тривалого зберігання зникає).

Для дослідів використовують розчин, розведений водою (1 : 2).

8. Вапно натронне

Насичений розчин натрій гідроксиду перемішують із негашеним вапном (масове відношення 2 : 1), випаровують досуха в залізному посуді, потім прожарюють за температури 500 °С та подрібнюють. Препарат зберігають у щільно закупорених склянках. Перед використанням натронне вапно висушують за температури 110–115 °С.

9. Глюкоза, 1 % розчин

Готують не менш ніж за 12 годин до початку роботи з розчином. Розчин потрібно прокип'ятити.

10. 2,4-Динітрофенілгідразин (розчин у концентрованій сульфатній кислоті)

До 0,4 г 2,4-динітрофенілгідразину додають 2 мл концентрованої сульфатної кислоти, потім, перемішуючи, краплями 3 мл води. У теплий розчин додають 10 мл 96 % етанолу. Розчин охолоджують і фільтрують.

11. Етанова (оцтова) кислота, 2 н розчин

Розчиняють 116 мл льодяної етанової (оцтової) кислоти водою до 1000 мл.

12. Йоду розчин у калій йодиді

Розчиняють 6 г калій йодиду в 6 мл води, потім додають, перемішуючи, 2 г йоду та розчиняють водою до 100 мл.

13. Йодкрохмальний папір

Крохмаль (0,5 г) перемішують із 10 мл води. Одержану суміш виливають у 100 мл киплячої води та кип'ятять до отримання клейстеру. Після охолодження додають 0,5 г калій йодиду та 0,5 г кристалічного натрій карбонату, розчинених у невеликій кількості води. Отриманим розчином просочують фільтрувальний папір і сушать його на повітрі, запобігаючи потраплянню сонячних променів. Висушений папір розрізають на смужки та зберігають у щільно закупорених склянках.

14. Купрум(І) хлорид

До насиченого розчину купрум(ІІ) хлориду додають шматочки міді. У склянці, яку залишають щільно закупореною на кілька днів, поступово випадає білий осад. Металічну мідь видаляють пластмасовим пінцетом, а з осаду зливають воду та кілька разів промивають (декантацією) 2 н розчином хлоридної (хлороводневої) кислоти до зникнення сульфат-йона (проба з барій хлоридом), потім спиртом. Сіль висушують за 100–110 °С і зберігають у щільно закупорених склянках. Препарат дуже чутливий до окиснення. Препарат, що має зелене забарвлення (тобто містить солі купруму(ІІ)), знову освітлюється після промивання 0,2 н розчином хлоридної (хлороводневої) кислоти.

15. Маркі реактив

Готують: реактив Маркі І – концентрована сульфатна кислота;
реактив Маркі ІІ – формалін.

Реактив Маркі виготовляють безпосередньо перед використанням, для чого змішують 25 об'ємів концентрованої сульфатної кислоти (реактив Маркі І) та 1 об'єм формаліну (реактив Маркі ІІ) або змішують 1 мл концентрованої сульфатної кислоти та 1 краплю формаліну. Розчин охолоджують.

16. Нітрувальна суміш

Змішують 2 об'єми концентрованої нітратної кислоти (ρ 1,42 г/см³) із 3 об'ємами концентрованої сульфатної кислоти (ρ 1,84 г/см³), повільно додаючи сульфатну кислоту до нітратної, охолоджуючи та перемішуючи.

17. Сахароза, 2 % розчин

Розчиняють 20 г сахарози (або цукру) в 1000 мл води, фільтрують і кип'ятять декілька хвилин.

18. Сульфатна кислота, 2 н розчин

Концентровану сульфатну кислоту (56 мл, ρ 1,84 г/см³) повільно додають до 944 мл води.

19. Фелінга реактив

Готують два розчини.

Розчин І. 20 г купрум(ІІ) сульфату розчиняють у 500 мл води.

Розчин ІІ. Розчиняють 100 г сегнетової солі (тарtrat калію-натрію) та 75 г натрій гідроксиду в 500 мл води.

Перед використанням змішують рівні об'єми розчинів.

20. Ферум(III) хлорид, 0,1 н розчин

Розчиняють 9 г ферум(III) хлориду ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) в 1000 мл води (для зникнення каламуті додають кілька крапель концентрованої хлоридної (хлороводневої) кислоти).

21. Фуксинсульфітна кислота, розчин (реактив Шиффа)

До 20 мл насиченого розчину NaHSO_3 додають до 500 мл 0,1 % розчину основного хімічно чистого фуксину. Через 1 годину додають 10 мл концентрованої хлоридної (хлороводневої) кислоти.

Розчин зберігають у склянці з темного скла з притертим корком. Розчин повинен бути безбарвним або жовтуватого кольору.

22. Хромова суміш (суміш Бекмана)

У 100 мл води розчиняють 20 г дикалій дихромату(VI) (дихромату калію) та додають 10 мл концентрованої сульфатної кислоти. Хромова суміш (суміш Бекмана) призначена для окиснення спиртів та аніліну (але не для миття посуду).

23. Швейцера реактив

До розчину 10 г мідного купоросу в 100–200 мл води додають 100 мл 2 н розчину натрій гідроксиду. Осад, що утворився, відфільтровують, промивають кілька разів водою до негативної реакції на сульфат-йон та розчиняють у мінімальній кількості 25 % розчину амоніаку. Частина купрум гідроксиду при цьому має залишитися нерозчиненою. Розчину дають відстоятися та відокремлюють декантацією.

Додаток Б

РЕАКТИВИ І МАТЕРІАЛИ

ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторне заняття № 2. Алкани

Натрій етаноат (ацетат натрію), кальцій гідроксид, натрій гідроксид, бромна вода, калій перманганат, пентан, гексан, пент-1-ен (амілен), скипидар, дистильована вода.

Лабораторне заняття № 3. Алкени

Пент-1-ен (амілен), бромна вода, калій перманганат, етанол, концентрована сульфатна кислота, дистильована вода, пемза.

Лабораторне заняття № 4. Алкіни

Карбід кальцію, бромна вода, калій перманганат, аргентум(I) нітрат, амоніак, купрум(I) хлорид (CuCl), концентрована хлоридна кислота, дистильована вода.

Лабораторне заняття № 5. Арени

Бензен, толуен, *о*-ксилен, бромна вода, калій перманганат, залізни ошурки, тетрахлорид карбону, концентрована сульфатна кислота, натрій хлорид, універсальний індикаторний папір.

Лабораторне заняття № 6. Галогенопохідні вуглеводнів

Етанол, хлороформ, *п*-ксилен, бромбензен, *н*-бутилбромід, децилхлорид, *н*-бутильодид, алілбромід, бензилхлорид, бромна вода, тетрахлорид карбону, натрій гідроксид, аргентум(I) нітрат, натрій хлорид, нітратна кислота, йод, калій йодид, універсальний індикаторний папір.

Лабораторне заняття № 7. Нітропохідні вуглеводнів

Бензен, концентрована сульфатна кислота ($\rho=1,83$), концентрована нітратна кислота ($\rho=1,4$).

Лабораторне заняття № 8. Амінопохідні вуглеводнів

Анілін, β -нафтол, фенол, концентрована хлоридна кислота, концентрована сульфатна кислота, калій дихромат, бромна вода, натрій нітрит, кальцій хлорид, натрій гідроксид.

Лабораторне заняття № 9. Гідроксилзаміщені вуглеводнів

Метанол, етанол, пропанол, бутан-1-ол, пентан-2-ол (ізоаміловий спирт), гліцерол, фенол, β -нафтол, гідрохінон, пірокатехін, резорцин,

бензойна кислота, бутанова (масляна) кислота, фенолфталеїн, купрум(II) сульфат-вода (1/5) (мідний купорос), калій перманганат, калій дихромат, ферум(III) хлорид, концентрована сульфатна кислота, фуксинсульфітна кислота, металічний натрій, мідний дріт.

Лабораторне заняття № 10. Карбонільні похідні вуглеводнів

Метанол, етанол, формалін (40 % розчин формальдегіду), етаналь, 3-метилбутаналь (ізовалеріановий альдегід), сегнетова сіль, ацетон, 2,4-динітрофенілгідразин, фуксинсульфітна кислота, кальцій етаноат (ацетат кальцію), калій гідроксид, натрій гідроксид, аргентум(I) нітрат, калій дихромат, концентрована сульфатна кислота, амоніак, йод, калій йодид, мідний купорос, натрій гідросульфід, дистильована вода, пемза.

Лабораторне заняття № 11. Карбонові кислоти та їх похідні

Дистильована вода, метанова (мурашина) кислота, етанова (оцтова) кислота, бензойна кислота, октадек-9-енова (олеїнова) кислота, 3,4,5-тригідроксибензойна (галова) кислота, етандіова (щавлева) кислота, 2-гідроксибензойна (саліцилова) кислота, 2,3-дигідроксибутандіова (винна) кислота, ацетилсаліцилова кислота (аспірин), 2-гідроксипропанова (молочна) кислота, ангідрид етанової кислоти (оцтовий ангідрид), фенол, бензоїлхлорид, етанол, 3-метилбутан-1-ол (ізоаміловий спирт), етил-3-оксобутаноат (ацетооцтовий естер), мило, рослинна олія, бромна вода, концентрована сульфатна кислота, ферум(III) хлорид, натрій гідроксид, калій гідроксид, кальцій хлорид, калій перманганат, натрій гідрокарбонат, стружка магнію, цинк, індикаторний папір.

Лабораторне заняття № 12. Гетероциклічні сполуки

Індиго, анілін, глюкоза, етанова (оцтова) кислота, натрій гідроксид, концентрована хлоридна кислота, концентрована сульфатна кислота, концентрована нітратна кислота, натрій гідрокарбонат, калій гідроксид, етанол, натрій етаноат (ацетат натрію), бром, амоніак, аргентум(I) нітрат, фільтрувальний папір.

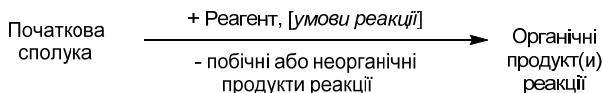
Лабораторне заняття № 13. Амінокислоти. Вуглеводи

Глюкоза, сахароза, гліцин, фенілгідразину гідрогенхлорид, етанова (льодяна оцтова) кислота, яєчний білок, желатин, купрум(II) сульфат, сегнетова сіль, натрій гідроксид, амоніак, концентрована сульфатна кислота, концентрована нітратна кислота, концентрована хлоридна кислота, аргентум(I) нітрат, натрій нітрит, фільтрувальний папір.

Додаток В

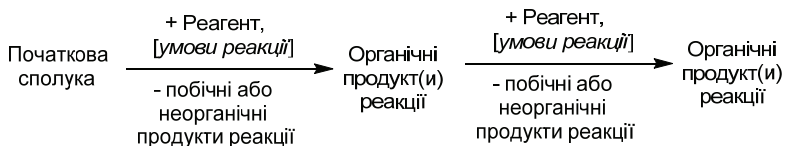
ПРАВИЛА ЗАПИСУ СХЕМ РЕАКЦІЙ ТА ЇХ МЕХАНІЗМІВ

Приклад написання схеми органічної реакції:



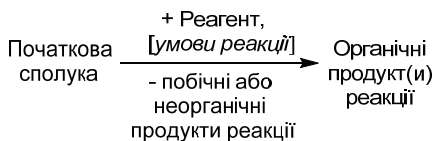
де умови реакції = температура (t або T),
тиск (p), каталізатор тощо

Приклад написання схеми перетворень:



Приклад написання схеми реакції та її механізму:

1. Схема реакції:



2. Механізм цієї реакції (постадійно!):

– радикальний механізм (3 стадії):

стадія 1:

стадія 2:

стадія 3.

АБО механізм електрофільного приєднання (2 стадії):

стадія 1:

стадія 2.

АБО механізм електрофільного заміщення (2 стадії):

стадія 1:

стадія 2.

ВИКОРИСТАНІ ТА РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ластухін Ю. О. Органічна хімія : підручник для вищих навч. закладів / Ю. О. Ластухін, С. А. Воронов. Львів : Центр Європи, 2006. 864 с.
2. Органічна хімія. Програма, робочий план і методичні вказівки з теоретичного курсу і лабораторно-практичних занять. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1972.
3. Черних В. П. Органічна хімія : підручник для студентів вищих навч. закладів / В. П. Черних, Б. С. Зіменковський, І. С. Гриценко. 2-ге вид., випр. і допов. Харків : Вид-во НФаУ, 2008. 752 с.
4. Moore J. T., Langley R. H. Organic Chemistry II For Dummies. John Wiley & Sons, 2010. 384 p.
5. Terney A. Contemporary Organic Chemistry. Philadelphia : W.B. Saunders Co., 1976. 1277 p.
6. Winter A. Organic Chemistry I For Dummies. John Wiley & Sons, 2016. 384 p.

Навчальне видання

**ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
З КУРСУ «ОРГАНІЧНА ХІМІЯ»**

*Методичні вказівки до виконання
для здобувачів вищої освіти*

Укладачі

**ЖАЛНІНА Галина Геннадіївна
СІКАЧ Аліна Вячеславівна**

Коректорка *Наталія Мінько*
Макетування *Андрія Шмаркатука*

Підписано до друку 24.04.2026.
Формат 60×90/16. Гарнітура Arial.
Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 5,88.
Наклад 50 пр.

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

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

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