

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ

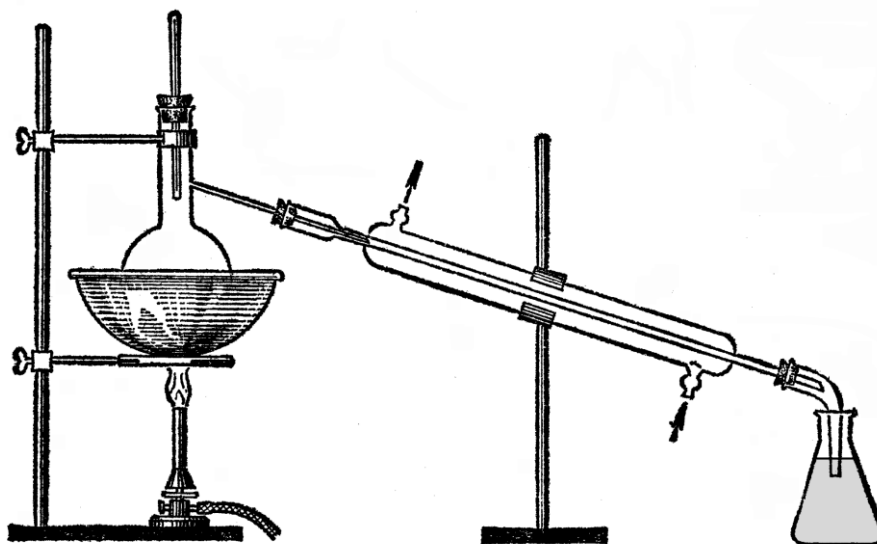


Н. Ф. Федько, В. В. Ведута

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Методичні вказівки до лабораторного практикуму
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти
за спеціальностями

091 Біологія; 162 Біотехнології та біоінженерія



ОДЕСА
ОНУ
2021

УДК 547(075.8)
Ф352

Рекомендовано вченою радою
факультету хімії та фармації ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 10 від 11 травня 2021 р.

Рецензенти:

Ю. В. Ішков – доктор хімічних наук, завідувач кафедри органічної та фармацевтичної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

Н. В. Шматкова – кандидат хімічних наук, доцент кафедри прикладної хімії та хімічної освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Федько Н. Ф.

Ф352

Органічна хімія : метод. вказівки до лабораторного практикуму для здобувачів першого (бакалавр.) рівня освіти за спец. 091 Біологія; 162 Біотехнології та біоінженерія / Н. Ф. Федько, В. В. Ведута. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2021. – 56 с.

Методичні вказівки складені відповідно до програми курсу «Органічна хімія» та містять лабораторні роботи, які включені в практикум з органічної хімії для студентів біологічного факультету. До кожного лабораторного заняття додається робочий план, який показує, які розділи теоретичного матеріалу необхідно вивчити, комплексні вправи для самостійної роботи, а також приблизні варіанти модульного контролю.

Рекомендований для студентів спеціальностей 091 Біологія та 162 Біотехнології та біоінженерія.

УДК 547(075.8)

© Федько Н. Ф., Ведута В. В., 2021
© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Основні правила техніки безпеки в лабораторії органічної хімії	4
Перша допомога при нещасних випадках	6
 ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 1.	
Теоретичні уявлення в органічній хімії	7
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 2.	
Вуглеводні: алкани, алкени, алкіни	12
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 3.	
Вуглеводні: алкадієни, арени	16
<i>Варіант модульного контролю № 1</i>	19
 ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 4.	
Галогенопохідні вуглеводнів	20
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 5.	
Сполуки, які містять гідроксильну групу: спирти та феноли	23
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 6.	
Карбонільні сполуки: альдегіди, кетони	28
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 7.	
Карбонові кислоти та їх похідні	33
<i>Варіант модульного контролю № 2</i>	37
 ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 8.	
Аміни та діазосполуки	38
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 9.	
Амінокислоти, білки	43
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 10.	
Гідроксикислоти та вуглеводи	46
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 11.	
Гетероциклічні сполуки	51
<i>Варіант модульного контролю № 3</i>	55

ВСТУП

Лабораторний практикум з органічної хімії для студентів біологічного факультету спеціальностей 091 “Біологія” та 162 “Біотехнології та біоінженерія” складено на основі сучасних уявлень про будову органічних сполук, їх хімічної активності, про механізми хімічних реакцій. Перед кожним лабораторним заняттям студентам пропонується робочий план, який показує, що саме з програмного матеріалу необхідно опрацювати. Оскільки в лекціях будуть висвітлені тільки основні питання курсу, студентам необхідно багато часу працювати самостійно. Студент повинен добре засвоїти основні теоретичні положення органічної хімії, зокрема теорію хімічної будови О. М. Бутлерова та питання подальшого її розвитку. До вивчення кожного наступного класу сполук необхідно приступати тільки після міцного засвоєння попереднього матеріалу. Слід пам'ятати, що органічна хімія є наукою, окремі частини якої тісно пов'язані між собою. Студент, який з самого початку серйозно береться за вивчення цього курсу, поступово розуміє його організованість, генетичний зв'язок між класами органічних сполук. Наведені після роботи контрольні запитання, відповіді на які повинен дати студент, допоможуть самостійно підготуватися до лабораторної роботи і глибше зрозуміти сутність хімічних перетворень, які відбуваються.

Основні правила техніки безпеки в лабораторії органічної хімії

Виконання лабораторних робіт з органічної хімії вимагає великої уваги й обережності експериментатора. Більшість речовин, які використовують в органічній хімії, є або легкозаймистими або токсичними, або тими й іншими одночасно. З такими речовинами можна працювати безпечно лише при дотриманні запобіжних заходів.

- У хімічній лабораторії в доступному місці повинні бути різні захисні засоби: вогнегасник, ковдра із вовни, ящик з піском, аптечка першої допомоги; студент зобов'язаний вміти ними користуватися.

- В лабораторії необхідно знаходитися в лабораторному халаті зі стійкого до загоряння матеріалу.

- Приймати їжу, пити і палити в лабораторії категорично забороняється!

- Кожний студент повинен працювати на закріпленому за ним робочому місці. Під час роботи не можна залишати працюючий прилад без нагляду.

- Не дозволяється нагрівати, змішувати та збовтувати реактиви поблизу від обличчя. Отвір посудини повинен завжди бути направленим від себе.

- Забороняється засмоктувати рідину в піпетку ротом, для цього користуються гумовою грушею або спеціальним дозатором.

- Будьте обережні з сильними кислотами або лугами, особливо при нагріванні. Забороняється нагрівати закупорені пробірки чи колби.

- Не можна додавати воду до концентрованих кислот або лугів! При змішуванні двох рідин необхідно дотримуватись правила: рідину з більшою густиною вливають у рідину з меншою густиною.

- Посуд з реактивами слід брати двома руками, причому однією за горловину, а другою підтримувати за дно.

- З речовинами, що виділяють шкідливі пари, з їдкими або токсичними матеріалами треба працювати тільки у витяжній шафі, надягаючи захисні рукавички. До таких речовин відносяться галогеніди фосфору, бром, усі хлорангідриди кислот, оцтовий ангідрид, нітратна кислота, концентрований розчин амоніаку, аміни.

- Під час роботи з леткими та вибухонебезпечними речовинами надягають захисні окуляри, операції проводять у витяжній шафі.

- При проведенні процесів у вакуумі обов'язково надягти захисні окуляри, користуватися захисними екранами.

- Шматочки натрію не можна залишати на робочому столі, викидати у раковину або у ящик для сміття. Залишки натрію одразу ж після розрізання кладуть у посуд з гасом і закупорюють. Маленькі шматочки натрію (обрізки) на фільтрувальному папері або залишки натрію в реакторі після реакції знищують розчиненням у великій кількості метилового чи етилового спирту (обов'язково у відкритому посуді). При загорянні натрію місце горіння засипають сухим піском.

- Газові пальники не варто залишати запаленими без потреби, забороняється виконувати біля відкритого вогню інші операції, не пов'язані з нагріванням.

- Легкозаймисті речовини (ацетон, гексан, діетиловий етер, спирт, бензен та ін.) не можна нагрівати на відкритому вогні. Для цього використовують водяну або масляну баню або електроплитку з закритою спіраллю.

- Забороняється збереження великих кількостей легкозаймистих розчинників і інших реактивів на робочих столах.

Перша допомога при нещасних випадках

Про будь-який, навіть незначний на перший погляд, випадок негайно повідомити викладача!

- При попаданні хімічних реактивів на шкіру терміново і інтенсивно промити уражені місця під струменем води.

- При термічних опіках I ступеня (почервоніння, незначна припухлість) уражене місце протирають ваткою, змоченою етиловим спиртом. При опіках II-III ступеня треба накласти спиртовий компрес або стерильну пов'язку.

- При хімічних опіках уражене місце треба промити великою кількістю води, а потім нейтралізувати реактив: якщо опік причинив реактив кислотної природи – 3%-м розчином соди (гідрокарбонату натрію), а якщо луг – 3%-м розчином борної або оцтової кислоти.

- При опіках бромом промивання водою неефективне: треба промити уражене місце етиловим спиртом або 10%-м розчином натрій гідросульфїту. Якщо бром не нейтралізувати, він залишає рани, що довго не загоюються.

- У випадку попадання парів броду до дихальних шляхів треба негайно вийти на свіже повітря і вдихати спиртово-амоніачний розчин.

- При порізах склом насамперед слід видалити з рани великі уламки скла і краї рани продезінфікувати 3%-м розчином йоду, а потім накласти стерильну пов'язку. При сильних кровотечах вище рани перетягнути джгутом, прикріпивши записку з точно вказаним часом накладення.

У всіх випадках після надання першої допомоги потерпілого необхідно направити в медпункт або в поліклініку.

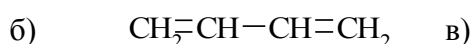
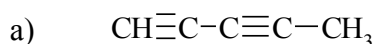
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 1

Теоретичні уявлення в органічній хімії

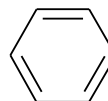
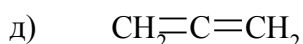
Короткі відомості про розвиток теоретичних уявлень в органічній хімії. Теорія О. М. Бутлерова про будову органічних сполук. Природа зв'язків в органічних сполуках. Типи гібридизації атомних орбіталей атома карбону. Електронні ефекти в молекулах органічних сполук. Класифікація реакцій органічних сполук за напрямком реакції та за механізмом.

Питання для самостійної роботи

1. Що є предметом вивчення органічної хімії? Які причини відокремлення органічної хімії в самостійну наукову дисципліну? У чому причина різноманіття органічних речовин?
2. Основні положення теорії хімічної будови органічних сполук О.М. Бутлерова, її значення для розвитку органічної хімії.
3. Які типи гібридизації зазнають атомні орбіталі в атомі карбону в органічних сполуках? Охарактеризуйте форму і просторову направленість атомних орбіталей в молекулах етану, етилену, ацетилену.
4. Дайте визначення σ - та π -зв'язкам. Наведіть приклади органічних сполук, молекули яких містять тільки σ -зв'язки, σ - та π -зв'язки.
5. Основні типи хімічного зв'язку. Охарактеризуйте хімічні зв'язки в молекулах F_2 , CH_4 , HBr , CH_3Cl , CH_3NO_2 , NH_4Cl , CH_3COONa .
6. Визначте, молекули яких з наведених сполук містять атоми карбону в sp -гібризованому стані. Вкажіть ці атоми карбону.



в)



7. Вкажіть, в якій гібридизації знаходиться кожен атом вуглецю в наступних сполуках: а) $CH_2 = CH - CH_2CH_2CH_2 - C \equiv N$; б) $CH_3 - O - CH(CH_3)_2$.
8. Розкрийте сутність понять "довжина зв'язку", "енергія зв'язку", "полярність" та "здатність до поляризації" зв'язку. Якими особливостями зв'язку обумовлений його розрив за гомолітичним чи гетеролітичним механізмом?
9. Що таке "ізомерія"? Які види ізомерії характерні для алканів? Наведіть всі можливі ізомери сполук складу C_6H_{14} , назвіть їх відповідно до замісничкової номенклатури IUPAC.

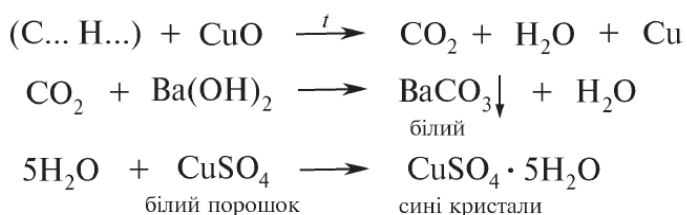
10. Поясніть поняття "індуктивний" і "мезомерний" ефект на прикладі таких молекул: а) хлороетан; б) хлоретилен; в) етанол; г) фенол.
11. Класифікація органічних сполук за будовою карбонового ланцюга і за природою функціональної групи.
12. Класифікація органічних реакцій і реагентів.
13. Розкрийте сутність понять "нуклеофіл", "електрофіл", "карбокатион", "карбаніон".
14. Охарактеризуйте поняття "радикал". Поясніть, який з радикалів: *трет*-бутил, *н*-бутил, *втор*-бутил є найбільш стабільним і чому?
15. Розрахуйте масову частку (%) елементів, що входять до складу молекул: C_4H_8O , C_3H_9N .
16. Виведіть молекулярну формулу органічної речовини, якщо при згорянні його масою 13.8 г одержали CO_2 масою 26.4 г і H_2O масою 16.2 г. Густина парів речовини за повітрям – 1.59.

Лабораторна робота № 1

Якісний елементний аналіз органічних сполук

1. Виявлення карбону і гідрогену в органічних сполуках

Метод ґрунтується на реакції окиснення органічної речовини порошком купруму (II) оксиду. В результаті окиснення карбон, що входить до складу аналізованої речовини, утворює карбону (IV) оксид, а гідроген – воду. Якісно карбон визначають за утворенням білого осаду барію карбонату чи кальцію карбонату при взаємодії карбону (IV) оксиду з баритовою чи вапняною водою. Гідроген виявляють за утворенням кристалогідрату $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ синього кольору.



Методика виконання. Приблизно 0.2 г досліджуваної речовини ретельно змішують з 1 г порошку міді. Суміш вміщують у суху пробірку з щільною пробкою з газовідвідною трубкою. У верхню частину пробірки поміщають невеликий шматочок вати, на яку тонким шаром насипають білий порошок безводного купруму (II) сульфату. Кінець газовідвідної трубки вводять у пробірку з прозорою вапняною чи баритовою водою таким чином, щоб кінець трубки був занурений у рідину. Суміш обережно нагрівають. Випадіння білого

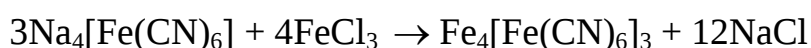
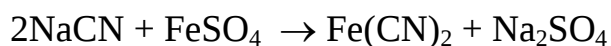
осаду карбонату кальцію чи барію вказує на наявність карбону в досліджуваній речовині. Пробірку з досліджуваною речовиною продовжують нагрівати доти, поки пари води не досягнуть безводного купрум (II) сульфату. Зміна забарвлення кристалів з білого на синій вказує на наявність в досліджуваній суміші гідрогену.

2.Виявлення нітрогену та сульфуру в органічних сполуках

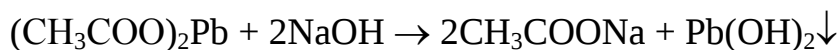
Метод ґрунтується на сплавленні органічної речовини з металічним натрієм. При сплавленні нітроген переходить у натрію ціанід, сульфур – у натрію сульфід.



Натрію ціанід визначають, перетворюючи його на берлінську лазур (синє забарвлення).



Сульфур при сплавленні з натрієм утворює сульфід, який визначають за допомогою плюмбум (II) ацетату чи плюмбум (II) нітрату. Утворюється чорний осад плюмбум (II) сульфід:



На наявність натрію сульфід вказує також кольорова реакція з натрію нітропрусидом:



натрію нітропрусид

комплекс червоно-фіолетового кольору

Методика виконання. Близько 2 г досліджуваної органічної речовини, яка містить нітроген та сульфур, вміщують у суху пробірку, тримаючи її похило, і кладуть туди ж (трохи вище) шматочок металевого натрію, висушеного фільтрувальним папером та очищеного від окисної плівки. Тримаючи пробірку майже горизонтально, спочатку нагрівають натрій до його плавлення, а потім повертають пробірку вертикально, щоб крапля натрію впала на речовину. Після цього пробірку нагрівають до червоного розпикання і швидко опускають у ступку з 5-6 мл дистильованої води так, щоб пробірка розтріскалася. Цей дослід

потрібно проводити за склом витяжної шафи, або працювати у захисних окулярах.

Чорні кусочки плаву роздрібнюють товкачиком та відфільтровують одержану лужну рідину крізь складчастий фільтр. Фільтрат використовують для визначення нітрогену та сульфуру.

Проба на нітроген

До частини фільтрату додають кристалик ферум (II) сульфату, кип'ятять суміш 1-2 хв, охолоджують, залишаючи на повітрі 3-5 хв, та підкислюють розведеною хлоридною кислотою. Утворення синього осаду берлінської лазурі вказує на те, що вихідна речовина містить нітроген. Якщо вміст нітрогену у речовині незначний, то розчин після окиснення забарвлюється у зелений колір, а синій осад випадає лише через деякий час.

Проби на сульфур

а) До 1 мл плюмбум (II) ацетату чи нітрату приливають концентрований розчин натрію гідроксиду до розчинення білого осаду плюмбум (II) гідроксиду, який утворюється спочатку. Потім додають декілька крапель досліджуваної речовини. Появлення коричневого забарвлення або чорного осаду плюмбум (II) сульфідів свідчать про наявність сульфуру в вихідній речовині.

б) До 1 мл досліджуваної рідини додають декілька крапель розчину натрію нітропрусиду. У присутності сульфуру розчин відразу ж або поступово набуває червоно-фіолетового забарвлення.

3. Виявлення галогенів в органічній сполуці за допомогою проби

Бейльштейна

Метод виявлення атомів хлору, брому і йоду в органічних сполуках ґрунтується на здатності купрум (II) оксиду при високій температурі розкладати галогеновмісні органічні сполуки з утворенням купрум (II) галогенідів.



За наявності галогенів в органічній речовині купрум (II) галогеніди, що утворюються, відновлюються до купрум (I) галогенідів, які, випаровуючись, забарвлюють полум'я в синьо-зелений (CuCl, CuBr) чи зелений (CuI) колір. Флуорорганічні сполуки не забарвлюють полум'я, тому що купрум (I) фторид нелеткий.

При прожарюванні органічної речовини, яка містить галогени, у присутності купрум (II) оксиду утворюються леткі солі речовини з міддю, пари яких забарвлюють полум'я у зелений колір.

Методика виконання. Для досліду беруть мідний дротик, довжиною приблизно 10 см, один кінець якого загинають у петлю, а другий вставляють у невеличкий корок. Тримавши за корок, прожарюють петлю дротика у полум'ї пальника до зникнення побічного забарвлення полум'я. На петлю, яка остигла і покрилася чорним нальотом купрум (II) оксиду, поміщають досліджувану речовину і вносять її у полум'я пальника. Відразу ж з'являється характерне яскраво-зелене забарвлення полум'я внаслідок утворення леткої сполуки купруму з галогеном.

Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Яким методом користуються для аналізу речовини на вміст карбону? Яку якісну реакцію при цьому здійснюють?
2. Як визначають присутність атомів гідрогену в органічній речовині? Наявність якої речовини в продуктах мінералізації доводить присутність атомів гідрогену?
3. Наведіть приклади інших речовин, що можуть бути використані як "індикатори" на присутність води замість безводного купрум (II) сульфату?
4. Яка якісна реакція підтверджує наявність атомів сульфуру в органічній сполуці?
5. У вигляді яких йонів визначається присутність атомів нітрогену в органічних сполуках?
6. Що таке проба Бейльштейна, як її здійснюють?
7. Чи можна якісно підтвердити присутність кисню в органічних речовинах загальними методами?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 2

Вуглеводні: алкани, алкени, алкіни

Гомологічний ряд алканів. Ізомерія, номенклатура алканів. σ -зв'язок в алканах, його довжина, енергія. Основні способи отримання алканів, їх хімічні властивості. Поняття про вільні радикали. Механізм реакції радикального заміщення (S_R).

Гомологічний ряд алкенів. Ізомерія алкенів: структурна, просторова. Номенклатура алкенів. Природа зв'язків в етилені, sp^2 -гібридизація, довжина та енергія $C=C$ зв'язку. Основні способи отримання алкенів, їх хімічні властивості. Механізм реакцій електрофільного та радикального приєднання (A_E та A_R). Правило Марковникова та його сучасне обґрунтування. Перекисний ефект Караша. Загальне поняття про високомолекулярні сполуки. Алкіни: ізомерія та номенклатура; sp -гібридизація. Способи отримання ацетилену і його гомологів, їх хімічні властивості.

Питання для самостійної роботи

1. Які види ізомерії характерні для алканів? Яка різниця між поняттями "гомологія" та "ізомерія"? Наведіть структурні формули ізопентану, 2,3-диметилбутану. Сформулюйте правила побудови назв алканів за замісничковою номенклатурою IUPAC. Скільки ізомерних алканів існує для молекулярної формули C_6H_{14} ? Назвіть їх.
2. Наведіть структурні формули наступних алканів: а) 2-етилгептан; б) 2-метил-4-етилгексан; в) 2,2,6-триметил-3,5-діетилгептан; г) 2,4,4-триметилпентан; д) 2,5,6,6-тетраметил-5-етилоктан. Чи правильно названі ці речовини?
3. Які вуглеводні утворюються: а) при нагріванні з гідроксидом натрію солей CH_3CH_2COONa , $(CH_3)_2CHCH_2COONa$; б) при електролізі цих солей? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
4. Перетворіть 2-бромобутан в алкан: а) з тією ж кількістю вуглецевих атомів; б) з подвоєною кількістю вуглецевих атомів.
5. Отримайте за допомогою реакції Вюрца і реакції Кольбе: бутан, 2,3-диметилбутан. Які алкани доцільно отримувати цими методами?
6. На 2-метилбутан подійте еквівалентним кількістю хлору, а на отриману речовину – металічним натрієм. Назвіть продукти реакцій.
7. Розгляньте механізм бромовання пропану на світлі.

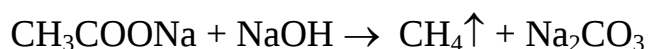
8. Яка структурна формула вуглеводню C_5H_{12} , якщо при його бромованні утворюється третинне бромпохідне, а при нітруванні – третинна нітросполука? Чому заміщення найбільш легко проходить при третинному атомі карбону?
9. Вкажіть, які з перерахованих алкенів можуть існувати у вигляді геометричних (*цис*- та *транс*-) ізомерів: а) 1-бутен; б) 2-бутен; в) 2-етил-1-пентен; г) 2,4-диметил-3-гексен.
10. Який вуглеводень можна отримати дією спиртового розчину NaOH на: а) 2-йодо-2-метилбутан; б) 3-бromo-2-метилпентан. Сформулюйте правило Зайцева.
11. Які диалогенопохідні треба взяти, щоб при відщепленні двох молекул галогеноводню отримати: 2-бутин, 4-метил-2-пентин?
12. Заповніть схему: вкажіть реагенти, назвіть продукти реакції:
 $CH_3CH_2CHBrCH_3 \rightarrow CH_3-CH=CH-CH_3 \rightarrow CH_3CHBrCHBrCH_3 \rightarrow$ 2-бутин.
13. Напишіть структурні формули наступних речовин: а) 4,4-диметил-2-пентин; б) 3,3-диметил-1-пентин; в) 3,5,5-триметил-3-етил-1-гексин.
14. Які сполуки утворюються при дії на 1-бутен і 2-метил-2-пентен бромоводню (HBr): а) у відсутності пероксиду; б) в присутності пероксиду?
15. Підтвердьте хімічними реакціями активність атома гідрогену в ацетилені. Як можна хімічним шляхом розрізнити пропан, пропен і пропін?
16. Як відносяться пропен і пропін до впливу наступних реагентів: а) H_2 (кат.); б) H_2O (H^+); в) H_2O (Hg^{2+}); г) Br_2 ; д) HBr; е) $NaNH_2$; ж) $Ag[(NH_3)_2]OH$? Розгляньте механізм реакції пропена з HCl.

Лабораторна робота № 2

Отримання метану, етилену, ацетилену та дослідження їх властивостей

1. Синтез метану та вивчення його властивостей

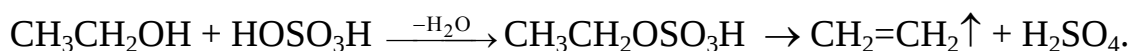
Синтез метану в лабораторних умовах найбільш просто здійснити за методом Дюма. Для цього у суху пробірку з газовідводною трубкою вміщують суміш з 1 частини безводного ацетату натрію і двох частин попередньо прожареного натронного вапна ($NaOH + Ca(OH)_2$). Нагрівають пробірку, тримаючи її з невеликим нахилом. З газовідвідної трубки починає виділятися метан.



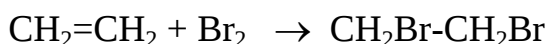
Отриманий метан пропускають через розчини калію перманганату та бромної води. Забарвлення розчинів не змінюється. Підпалюють метан і в його полум'я вносять фарфорову пластинку. На ній не утворюється чорної плями.

2. Синтез етилену та вивчення його властивостей

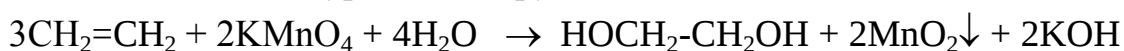
У пробірку з газовідвідною трубкою вливають 5-6 мл суміші однієї частини етанолу та трьох частин конц. сульфатної кислоти, вміщують кип'ятильники та обережно нагрівають.



Етилен, що виділяється, пропускають у пробірки з бромною водою та розчином калію перманганату. Бромна вода знебарвлюється внаслідок приєднання броду до подвійного зв'язку:



При взаємодії етилену з калію перманганатом забарвлення розчину зникає і утворюються осад MnO_2 бурого кольору:



На фарфоровій пластинці, яку вносять в полум'я етилену, з'являється пляма сажі.

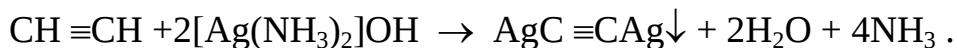
3. Синтез ацетилену та вивчення його властивостей

В колбу Вюрца вміщують декілька кусочків кальцію карбіді і закривають пробкою з крапельною лійкою, яка наповнена водою. Відвідну трубку колби з'єднують з газовідвідною трубкою. По каплях починають приливати до карбіді воду.



З ацетиленом здійснюють досліди, які описані для етилену. При приєднанні броду до ацетилену спочатку утворюється дибромоетилен $\text{CHBr}=\text{CHBr}$, а далі – тетрабромоетан $\text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2$. При окисненні розчином калію перманганату у кислому та нейтральному середовищах утворюється CO_2 і мурашина кислота, а у лужному – спочатку гліколевий альдегід $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CHO}$, а далі – щавлева кислота $\text{HOOC}-\text{COOH}$.

Утворення аргентум (I) ацетиленіду. У пробірку вміщують 3-4 мл розчину $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}]$ і пропускають ацетилен. Утворюється осад аргентум (I) ацетиленіду:



Ацетиленіди – вибухові речовини. При вибуху утворюються вуглець і метал у вільному стані.

Після досліду знищують залишки ацетиленіду срібла, розкладаючи його розведеною соляною кислотою.

Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Який загальний метод добування насичених вуглеводнів використовується в лабораторії для добування метану? Чиє ім'я носить ця реакція?
2. Які хімічні властивості характерні для насичених вуглеводнів? За якими механізмами протікають реакції галогенування і нітрування алканів?
3. Якими реакціями користуються для якісного виявлення ненасичених вуглеводнів?
4. Порівняйте характер полум'я при горінні метану, етилену й ацетилену. Поясніть розходження.
5. Які хімічні властивості відрізняють ацетилен від етилену? Поясніть причину цих розходжень. Підтвердіть рівняннями хімічних реакцій рухливість атома Гідрогену в ацетилені.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 3

Вуглеводні: алкадієни, арени

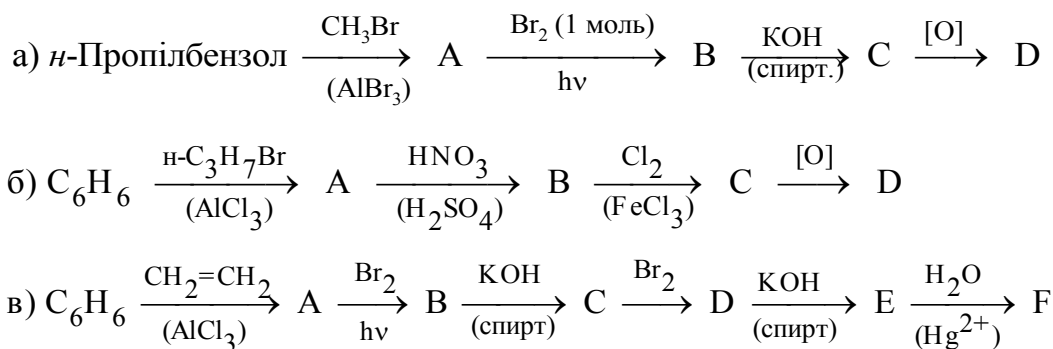
Алкадієни: типи дієнів, номенклатура. Природа кон'югації. Основні способи отримання та хімічні властивості. Механізм реакції приєднання до кон'югованих дієнів (1,2- та 1,4-приєднання). Дієновий синтез. Полімеризація дієнів. Натуральний і синтетичний каучук.

Арени. Поняття ароматичності. Гомологічний ряд бензену, номенклатура, ізомерія. Методи отримання бензену та його гомологів. Фізичні та хімічні властивості бензену та його гомологів. Реакції електрофільного заміщення (S_E), їх механізм: реакції алкілювання, ацилювання, нітрування, галогенування, сульфування. Реакції приєднання, окислення. Вплив електронодонорних та електроноакцепторних замісників на напрям і швидкість реакцій електрофільного заміщення в ароматичному ядрі.

Питання для самостійної роботи

1. Наведіть структурні формули дієнових вуглеводнів складу C_5H_8 . Назвіть їх. До якого типу дієнів належить кожен із них?
2. Отримайте дієни з: а) 1,3-бутандіолу; б) 2,3-дибромпропану; в) 3,4-дибром-1-гексена; г) 2-метил-1,3-дихлоробутану.
3. Які продукти утворюються при взаємодії 1,3-бутадієну з 1 молем бромом:
а) при нагріванні ($40^\circ C$); б) при низькій ($-80^\circ C$) температурі?
4. Сформулюйте правило Хюккеля. Наведіть приклади небензоїдних ароматичних сполук.
5. Напишіть структурні формули сполук: а) *n*-ксилен; б) 3-ізобутил-метилбензен; в) *n*-діізопропілбензен; г) 1,2,3-триметилбензен; д) стирен; е) 1,5-диметилнафтален.
6. За допомогою реакції Вюрца-Фіттіга отримаєте: а) ізопропілбензен; б) *m*-диметилбензен. Напишіть реакції металічного натрію з сумішшю *n*-бромотолуєну і хлоретану.
7. На прикладі реакцій етилену і бензену з бромом порівняйте механізм A_E з S_E . На якій стадії реакції спостерігається відмінність і чому?
8. Напишіть рівняння реакцій нітрування наступних сполук: а) етилбензену; б) фенолу; в) нітробензену; г) хлоробензену; д) бензойної кислоти. Які з них нітруються легше, а які важче, ніж бензен? Чому?

9. Узгоджена орієнтація спостерігається, коли обидва замісники сприяють входженню третього в одні і ті ж місця бензенового кільця. Визначте орієнтацію для входження метильної групи в сполуках: а) *m*-динітробензен; б) *n*-сульфофенол; в) *o*-нітротолуен; г) *o*-амінотолуен.
10. Напишіть рівняння хімічних реакцій, за допомогою яких можна розрізнити сполуки: а) стирен і етилбензен; б) стирен і фенілацетилен; в) бензен і толуен.
11. Здійсніть перетворення: бензен $\rightarrow$ етилбензен $\rightarrow$ *n*-хлороетилбензен $\rightarrow$ *n*-хлоробензойна кислота.
12. Проведіть реакцію бромовання етилбензену: а) в присутності каталізатора; б) при нагріванні. Поясніть хід реакцій. Напишіть рівняння реакції окислення.
13. Здійсніть перетворення:

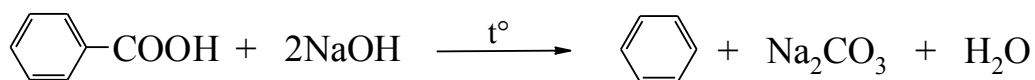


Лабораторна робота № 3

Отримання та дослідження властивостей бензену та його похідних

1. Синтез бензену за способом Дюма

У фарфоровій ступці розтирають 2-3 г бензойної кислоти з 4-5 г попередньо прожареного натронного вапна. Суміш вміщують у пробірку з газовідвідною трубкою та обережно нагрівають. Кінець трубки опускають у пробірку-приймач, яка занурена у стакан з холодною водою. Бензен, який утворюється, легко впізнати по запаху:

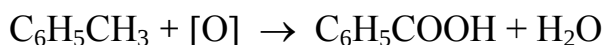


В повітрі бензен горить кіптявим полум'ям.

2. Здатність до окиснення ароматичних вуглеводнів

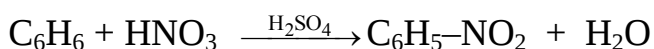
Вміщують у дві пробірки по 1 мл розчину калію перманганату і по 1 мл розведеної сульфатної кислоти. Додають в одну пробірку кілька крапель

бензену, а в другу – таку ж кількість толуену. Одна суміш швидко змінює забарвлення, що насамперед видно на поверхні розподілу. Забарвлення іншої суміші не змінюється, що вказує на стійкість бензену до окиснення. Толуен окислюється до бензойної кислоти:



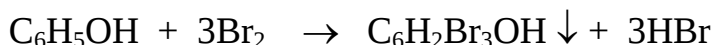
3. Нітрування бензену

У пробірку до охолодженої нітруючої суміші приливають по краплях при постійному збовтуванні 1 мл бензену. Вміст пробірки виливають у 10-15 мл води. Нітробензен падає на дно стакану у вигляді важких маслянистих крапель. Він має своєрідний запах гіркого мигдалю:



4. Взаємодія фенолу з бромною водою

У пробірку наливають 2-3 мл 2%-ного розчину фенолу і, струшуючи пробірку, поступово додають бромну воду. Рідина мутніє внаслідок утворення осаду 2,4,6-трибромфенолу:



Ця реакція використовується для кількісного визначення фенолу.

5. Взаємодія фенолу з хлоридом феруму (III)

У пробірку наливають 2-3 мл 2%-ного розчину фенолу і додають 2-3 краплі 2%-ного розчину FeCl_3 . З'являється фіолетове забарвлення внаслідок утворення сильно дисоційованих комплексних ферум (III) фенолятів:

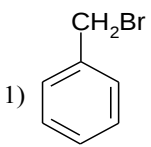
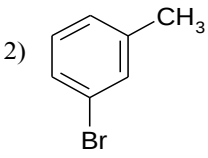
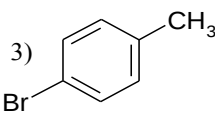
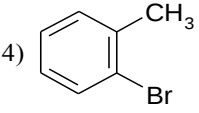


Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. В яких умовах перебігає реакція нітрування бензену, опишіть її механізм. Поясніть каталітичну дію сульфатної кислоти.
2. Порівняйте умови нітрування бензену, толуену та нітробензену. Чим вони обумовлені?
3. Поясніть причину різного відношення бензену і толуену до калій перманганату. Які особливості реакцій окиснення гомологів бензену калій перманганатом?
4. Як розрізнити між собою наступні речовини: а) бензен і толуен; б) толуен і стирен; в) толуен і фенол?

Варіант модульного контролю № 1

Тема “Будова, номенклатура, методи отримання та хімічні властивості вуглеводнів: алканів, алкенів, алкінів, алкадієнів, аренів”

№	Питання	Кількість балів
1.	Оберіть вірну назву для молекули: $ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \quad \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \quad \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array} $ а) 2,2,5,5-тетраметилгепт-3-ин; б) 5-етил-2,2,3-триметилгекс-3-ин; в) 2,2,5,5-тетраметилгепт-3-ен; г) 2,2-диметил-5-метил-5-етилгепт-3-ин.	4
2.	Які з ізомерів гексану можна отримати відносно чистими та з достатнім виходом за реакцією Кольбе: <i>n</i>-гексан, 2,2-диметилбутан, 2,3-диметилбутан, 2-метилпентан? Напишіть відповідні рівняння реакцій.	4
3.	Який продукт утворюється при гідратації бут-2-ину в кислому середовищі в присутності солей Hg^{2+}: а) бутан-1-ол; б) бутан-2-ол; в) бутанон; г) бутаналь? Напишіть рівняння реакції.	4
4.	За допомогою яких реагентів можна відрізнити бут-2-ен від бутану? а) KMnO_4, OH^-; б) Br_2 (H_2O); в) NaOH (H_2O); г) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Напишіть відповідні рівняння реакцій.	4
5.	Який продукт (продукти) утворюється при монобромованні толуєну при опроміненні ультрафіолетовим світлом? 1)  2)  3)  4)  Напишіть рівняння реакції та відмітьте механізм.	4
Всього, бали		20

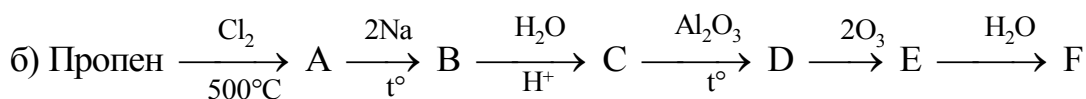
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 4

Галогенопохідні вуглеводнів

Галогенопохідні алканів. Моногалогенопохідні, ізомерія, номенклатура. Первинні, вторинні, третинні галогенопохідні. Способи отримання: з алканів, алкенів, спиртів. Хімічні властивості. Поняття про механізми реакції нуклеофільного заміщення (S_N1 і S_N2). Відщеплення галогеноводнів (правило Зайцева). Полігалогенопохідні: хлороформ, тетрахлорометан, фреони. Галогенопохідні алкенів та аренів. Залежність реакційної здатності атома галогену від його положення по відношенню до подвійного зв'язку або ароматичного кільця: вінілхлорид, алілхлорид, хлоробензол, бензилхлорид.

Питання для самостійної роботи

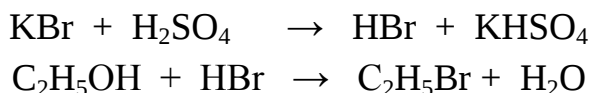
1. Порівняйте рухливість галогену біля sp^3 - і sp^2 -гібридного атома карбону. В якій зі сполук – етилхлориді, вінілхлориді, алілхлориді – зв'язок C-Cl в реакції гідролізу стійкіший і чому?
2. Скільки вторинних хлороалканів відповідає загальній формулі $C_6H_{13}Cl$? Наведіть їх структурні формули, дайте назви.
3. За яких умов при бромованні толуену утворюються а) бензилбромід; б) *o*-бромотолуен та *n*-бромотолуен? В якій сполуці – бензилброміді чи *n*-бромотолуені – розщеплення зв'язку C-Br відбувається легше і чому?
4. Використовуючи в якості вихідного продукту 1-бутен, запропонуйте схеми синтезу: а) 1-бромобутану, б) 2-бромобутану, в) 3-хлоро-1-бутену, г) 1,2-дибромобутану, д) 2,2-дибромобутану.
5. Напишіть реакції C_2H_5I з реагентами: а) Na (мет.), б) Mg (етер), в) HI (конц.), г) NaOH (H_2O), д) KOH (спирт), е) KCN, ж) CH_3COONa (t°).
6. Напишіть схеми реакцій дегідрогалогенування сполук: а) 2-бromo-2-метилбутану, б) 2-бромопентану, в) 3-хлоро-2-метилпентану, г) 3-хлоропентану. Сформулюйте правило Зайцева.
7. Здійсніть перетворення:
а) Бутан $\rightarrow$ 2-хлоробутан $\rightarrow$ 3,4-диметилгексан



Лабораторна робота № 4

Отримання бромоетану

Найзручнішим способом отримання галогенопохідних вуглеводнів є заміщення гідроксильної групи спирту R-OH на галоген.



Етанол ($\rho = 0,8$).....4 г (5 мл)
Бромід калію7,5 г
Сульфатна кислота ($\rho = 1,84$).....17 г (9 мл)

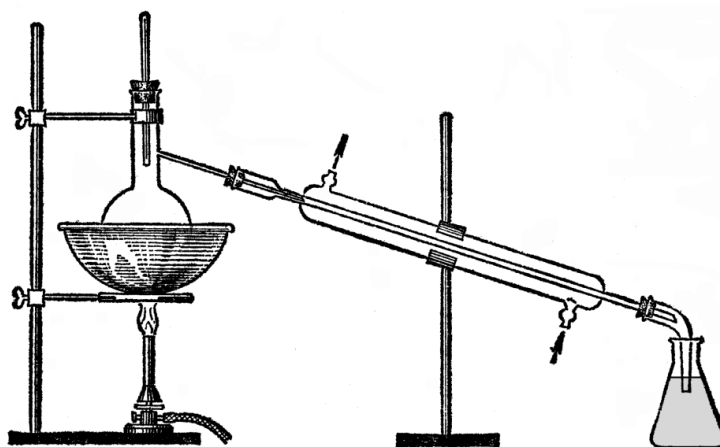


Рис. 1. Прилад для отримання бромоетану

У колбу Вюрца вливають спирт, 5 мл води і при постійному помішуванні і охолодженні поступово додають концентровану сульфатну кислоту. Охолоджують суміш і присипають тонко розтертий бромід калію. Колбу з'єднують з холодильником. Оскільки бромоетан надзвичайно леткий (т. кип. 38°C), його збирають в холодну воду. Реакційну суміш нагрівають до тих пір, поки в приймальну колбу не перестануть надходити маслянисті краплі, які опускаються на дно. Після закінчення реакції ділильною лійкою відокремлюють бромоетан від води, сушать прокаленим хлоридом кальцію та переганяють на водяній бані. Підраховують вихід продукту (теоретичний і практичний). З отриманим продуктом проводять пробу Бейльштейна.

Т.кип. $38-39^\circ\text{C}$; n_D^{20} 1,4239.

Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Чому бромоетан має значно меншу температуру кипіння, ніж етанол (78 °C), хоча молярна маса брометану значно більша, ніж етанолу?
2. Які побічні процеси можуть проходити при синтезі бромоетану? Які продукти, як домішки, присутні у перегнаному бромоетані?
3. При отриманні бромоетану він завжди має значні домішки діетилового етеру та етанолу (їх температури кипіння 36 °C та 78 °C відповідно). Запропонуйте, як очистити отриманий продукт від цих домішок.
4. Чому в ході синтезу бромоетану береться значний надлишок сульфатної кислоти (згідно рівняння, необхідно брати кількість H_2SO_4 , еквімолярну KBr , але реагенти беруть у співвідношенні $\text{KBr}:\text{H}_2\text{SO}_4 = 1:2,8$)?
5. Поясніть, чому спирт при синтезі етилброміду взаємодією з HBr береться в значному надлишку (на 0.1 моль HBr - 1,4 моль $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).
6. Яким чином якісно довести присутність атомів броду в отриманому бромоетані?

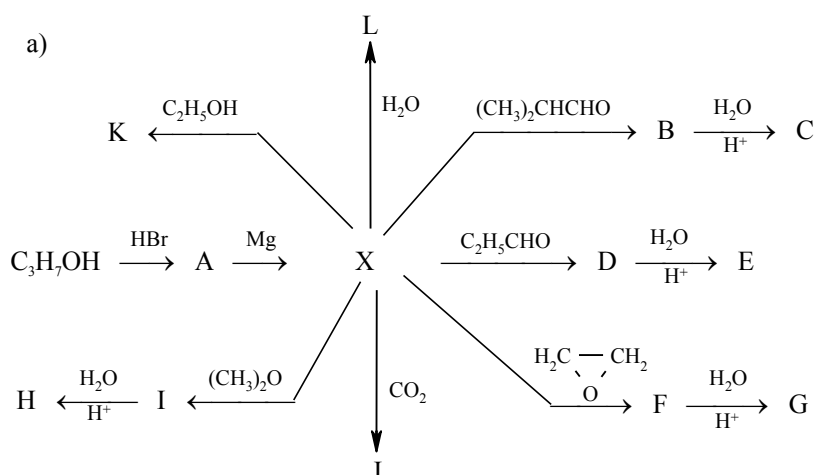
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 5

Сполуки, які містять гідроксильну групу: спирти та феноли

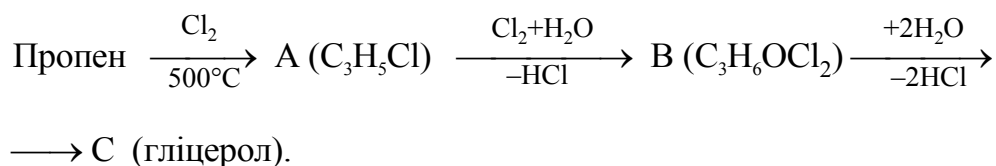
Одноатомні спирти. Гомологічний ряд. Класифікація. Ізомерія. Номенклатура. Способи отримання (в лабораторії, в промисловості). Водневий зв'язок. Хімічні властивості і механізм найважливіших перетворень. Ненасичені спирти: аліловий, пропаргіловий. Ароматичні спирти: бензиловий спирт. Багатоатомні спирти. Класифікація, ізомерія, номенклатура. Гліколі. Гліцерол, отримання з жирів. Застосування гліцеролу в промисловості. Феноли. Порівняльна характеристика зі спиртами. Фенол, реакції алкілювання, ацилювання. Використання фенолів, їх кислотні властивості.

Питання для самостійної роботи

1. Порівняйте кислотні властивості метанолу, етанолу, ізопропанолу, *трет*-бутанолу. Поясніть відмінності в їх кислотних властивостях за допомогою електронних уявлень.
2. Чим обумовлені кислотні властивості фенолу? Напишіть рівняння реакцій, в яких фенол виявляє кислотні властивості.
3. Які спирти утворюються при взаємодії CH_3MgI з сполуками (з подальшим гідролізом): а) метаналь; б) пропаналь; в) ізомасляний альдегід; г) метилетилкетон?
4. Здійсніть перетворення:
а) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH} \longrightarrow (\text{CH}_3)_3\text{COH}$; б) 1,1-дибромобутан $\longrightarrow$ 2-бутанол.
5. Запропонуйте, як хімічним шляхом можна відрізнити сполуки в парах: а) 1-пропанол і пропан; б) 1-пропанол і пропен; в) пропін і 1-пропанол; г) етанол і фенол; д) етанол і гліцерин; е) 1-пропанол і аліловий спирт; є) пропан-1,2-діол і пропан-1,3-діол.
6. Порівняйте хімічні властивості бензилового спирту і фенолу. Як ставляться ці сполуки до дії реагентів: а) Na , б) PCl_5 , в) SOCl_2 , г) CH_3MgI , д) HBr , е) NaOH (H_2O), ж) CH_3COOH (H^+), з) KMnO_4 (розчин)?
7. Використовуючи реакцію Вагнера, отримайте з відповідного алкена бутан-2,3-діол. Напишіть рівняння реакції утворення з нього гліколяту міді.
8. Напишіть реакції гліцеролу з а) PBr_3 , б) HNO_3 , в) CH_3COOH .
9. Здійсніть перетворення:



10. В 1939 році був розроблений спосіб отримання гліцеролу з пропену:



Наведіть структурні формули сполук А-С.

Лабораторна робота № 5

Властивості спиртів та фенолів

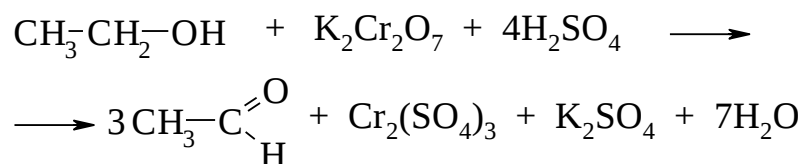
1. Окиснення спиртів

А. Перманганатом калію. Змішують у пробірці 2 краплі етанолу, 2 краплі розчину KMnO_4 і нагрівають суміш. Перебіг реакції окислення виявляється в зміні забарвлення розчину і за характерним запахом ацетальдегіду, що утворився при цьому:



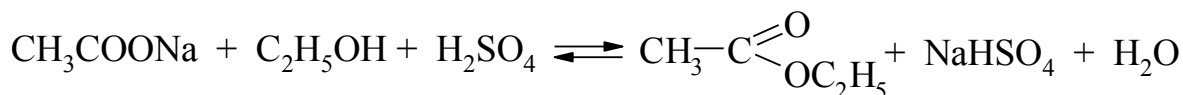
Якщо перманганат калію взятий в надлишку, то оцтовий альдегід, який утворюється, окислюється до оцтової кислоти. Дуже енергійно проходить реакція окислення етанолу твердим KMnO_4 у присутності концентрованої сульфатної кислоти – спирт samozапалюється.

Б. Хромовою сумішшю. У пробірку вміщують 0,5 мл конц. сульфатної кислоти, 0,5 мл етанолу та 2 г роздібненого $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Суміш перемішують, додають 2 мл води і обережно нагрівають. Спостерігається зміна забарвлення розчину (помаранчевий колір розчину переходить на зелений, що вказує на відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+}), відчувається характерний запах ацетальдегіду:



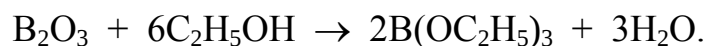
2. Етерифікація спиртів

У суху пробірку вміщують 0,1-0,2 г ацетату натрію та 3-5 крапель етанолу. Додають 2 краплі конц. H_2SO_4 та нагрівають. З'являється приємний запах етилового естеру оцтової кислоти:



3. Отримання етилового етеру борної кислоти

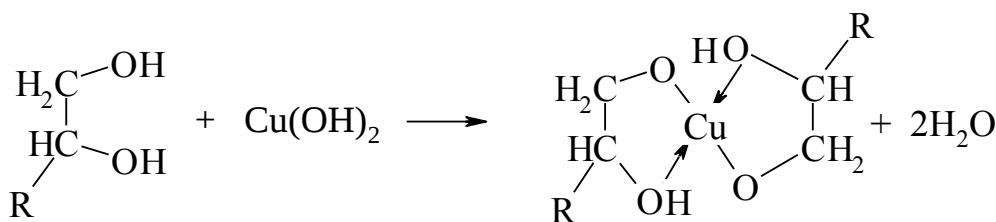
Розплавляють в пробірці 1,5-2,0 г борної кислоти. Охолоджують пробірку на повітрі, плав твердне, частково розтріскуючись. Додають 3 мл етанолу, 2 мл конц. H_2SO_4 і вносять кип'ятільний камінець. Пробірку закривають пробкою з газовідвідною трубкою і нагрівають суміш. Підпалюють біля виходу газовідвідної трубки естер борної кислоти – його полум'я має яскраво-зелене забарвлення. Борна кислота H_3BO_3 при нагріванні дегідратується, утворюючи метаборну кислоту HBO_2 , тетраборну кислоту $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ і, нарешті, борний ангідрид B_2O_3 . У кислому середовищі спирти взаємодіють з B_2O_3 , утворюючи леткі етери борної кислоти:



4. Взаємодія багатоатомних спиртів з купрум (II) гідроксидом

Поліатомні спирти, які мають гідроксигрупи на сусідніх атомах Карбону, утворюють купрум (II) гліколяти, які розчиняються у воді. Такий розчин має яскраво-синій колір. Гліколяти є стійкими у лужному середовищі, у кислому – розкладаються на вихідні сполуки.

У пробірку вміщують 3 краплі розчину купрум (II) сульфату, 3 краплі 10%-ного розчину NaOH , збовтують, додають 3 краплі гліцеролу. Блакитний осад свіжоосадженого купрум (II) гідроксиду розчиняється і розчин набуває інтенсивно синього кольору.



5. Взаємодія фенолу з бромною водою

У пробірку наливають 2-3 мл 2%-ного розчину фенолу і, струшуючи її, поступово додають бромну воду. Рідина мутніє внаслідок утворення осаду 2,4,6-трибромофенолу:



Ця реакція використовується для кількісного визначення фенолу.

6. Взаємодія фенолу з хлоридом феруму (III)

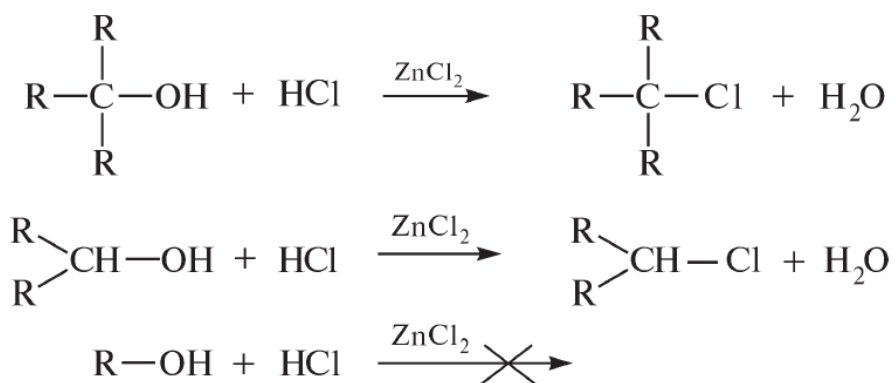
У пробірку наливають 2-3 мл 2%-ного розчину фенолу і додають 2-3 краплі 2%-ного розчину FeCl_3 . З'являється фіолетове забарвлення внаслідок утворення сильно дисоційованих комплексних ферум (III) фенолятів:



7. Проба Лукаса

У три пробірки окремо вміщують по 3-4 краплі етилового, ізопропілового і *трет*-бутилового спирту, додають по 6 крапель реактиву Лукаса (розчин цинку хлориду в концентрованій хлоридній кислоті). Вміст пробірок збовтують і спостерігають за змінами, що відбуваються в пробірках протягом 5 хв.

Первинні, вторинні і третинні спирти, що містять менше 6 атомів карбону, з різними швидкостями утворюють з реактивом Лукаса хлоралкани. Цю особливість використовують для ідентифікації спиртів. Третинні спирти реагують майже відразу ж з виділенням шару хлоралкану, що не змішується з водою. Вторинні спирти – повільніше, приблизно через 5 хв, з виділенням крапель хлоралкану і помутнінням розчину. Первинні спирти, за винятком алілового і бензилового, при кімнатній температурі не взаємодіють з реактивом Лукаса:



Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Як ставляться первинні, вторинні і третинні спирти до дії окисників (наприклад, KMnO_4 у кислому середовищі)? Які продукти при цьому утворюються?
2. Що таке проба Лукаса, для чого вона використовується? Напишіть рівняння реакцій наступних спиртів з хлороводнем: а) етанол; б) ізопропанол; в) *трет*-бутанол. У якому випадку реакція буде йти швидше всього, а в якому – повільніше, чому?
3. Що таке реакція естерифікації? Напишіть рівняння реакції естерифікації оцтової кислоти з метанолом, етанолом, бутан-2-олом.
4. Наведіть приклади багатоатомних спиртів. Які їхні відмінності від одноатомних? За допомогою яких реакцій можна розрізнити одно- та багатоатомні спирти?
5. Запропонуйте, за допомогою яких хімічних проб можна відрізнити наступні сполуки: а) циклогексанол і циклогексан; б) пропан-1-ол і 2-пропен-1-ол (аліловий спирт); в) пропан-1,2-діол і пропан-1,3-діол; г) *трет*-бутанол і ізобутанол; д) етанол і гліцерол.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 6

Карбонільні сполуки: альдегіди, кетони

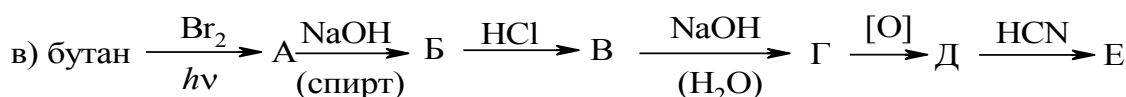
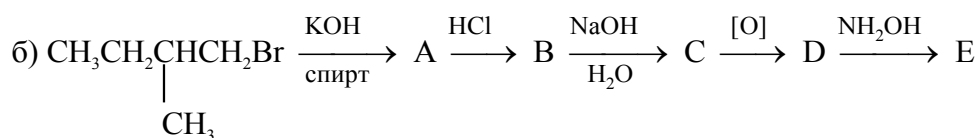
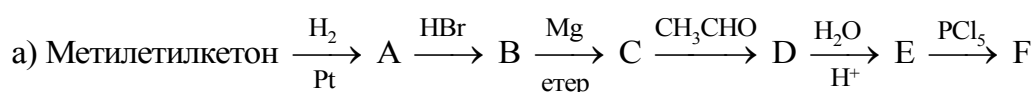
Будова, ізомерія і номенклатура альдегідів і кетонів. Природа карбонільної групи. Отримання альдегідів і кетонів: окисленням спиртів, піролізом солей карбонових кислот, гідролізом дигалогенопохідних, реакцією Кучерова. Оксосинтез. Фізичні властивості. Хімічні властивості. Реакції з нуклеофільними реагентами, їх механізм. Альдольна і кротонова конденсація. Якісні реакції альдегідів та кетонів. Особливості хімічних властивостей формальдегіду, реакції конденсації. Особливості реакцій приєднання до ненасичених альдегідів і кетонів.

Питання для самостійної роботи

1. Поясніть, чому знижується реакційна здатність в реакціях з нуклеофільними реагентами в наступному ряду: $\text{O}_2\text{NCH}_2\text{CHO} > \text{ClCH}_2\text{CHO} > \text{CH}_3\text{CHO} > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} > \text{CH}_3\text{COCH}_3$.
2. Напишіть структурні формули сполук: а) ізомасляний альдегід, б) 3-хлоропропаналь, в) 2,3-диметилбутаналь, г) 2-метилпент-3-еналь, д) метилетилкетон, е) бутилізобутилкетон, ж) 2,2,4-триметил-3-пентанон.
3. Користуючись реакцією Кучерова, отримайте з відповідних алкінів: а) пропанон, б) 3-метил-2-бутанон.
4. Запропонуйте схеми одержання: а) пропіонового альдегіду з пропену; б) ацетону з 2,2-дихлоропропану; в) пропіонового альдегіду з 1-бромпропану; г) бутанону з 1-хлоробутану.
5. Отримайте 3-пентанон: а) окисленням відповідного спирту; б) гідролізом дигалогеноалкана; в) реакцією Кучерова; г) піролізом кальцієвої солі карбонової кислоти.
6. Які магнійорганічні сполуки потрібно використовувати, щоб за допомогою синтезу Грин'єра отримати: а) 2-метил-2-пропанол з ацетону; б) 1-бутанол з формальдегіду? Наведіть відповідне рівняння реакції, вкажіть механізм.
7. Отримайте двома способами 2-метилпропаналь і напишіть для нього рівняння реакцій з такими сполуками: а) NaHSO_3 ; б) HCN ; в) CH_3OH ; г) NH_2OH ; д) PCl_5 ; е) $(\text{CH}_3)_2\text{CHMgI}$, потім H_2O , H^+ .
8. Які продукти утворюються при окисленні речовин: а) мурашиного альдегіда, б) метилізопропілкетону, в) ізомасляного альдегіду, г) метилбутилкетону. Які з них окислюються легко? Напишіть структурну формулу кетону, при

окисленні якого утворюється суміш оцтової, пропіонової, валеріанової та масляної кислот.

9. Розгляньте взаємодію акролеїну $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ з реагентами: а) Br_2 (CCl_4), б) HBr , в) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (H^+), г) HCN (OH^-), д) CH_3MgI , е) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, ж) NH_2OH , з) KMnO_4 (розчин, 20°C). Наведіть механізми реакцій акролеїну з HCN і NH_2OH .
10. У ефірних маслах цитрусових міститься запашна речовина цитраль, що має формулу $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCHO}$. Назвіть її за замісничковою номенклатурою IUPAC; наведіть для неї рівняння реакцій з а) HBr , б) H_2O (H^+), в) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$.
11. Які з наведених альдегідів і кетонів вступають в реакцію альдольно-кетонової конденсації а) мурашиний альдегід; б) ацетон; в) пропаналь; г) 2-метилпропаналь; д) 3-метилбутаналь. Напишіть відповідні рівняння реакцій. Що таке метиленова і карбонільна компоненти?
12. Які з наведених альдегідів вступають в реакцію Канніццаро а) бензальдегід; б) оцтовий альдегід; в) пропаналь; г) 2,2-диметилпропаналь; д) мурашиний альдегід. Напишіть відповідні рівняння реакцій.
13. Заповніть схеми:

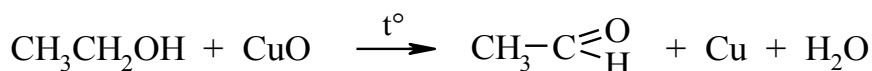


Лабораторна робота № 6

Отримання та властивості альдегідів та кетонів

1. Отримання альдегіду окисненням спирту

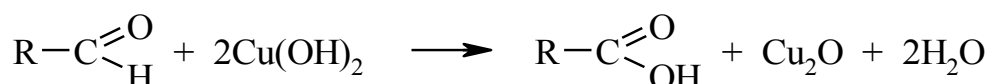
У пробірку наливають 2-3 мл етанолу. З мідного дроту роблять спіраль і нагрівають її у полум'ї газового пальника до червоного розпінання (мідь окислюється до купрум (II) оксиду). Розжарену спіраль занурюють у пробірку зі спиртом, яку нещільно прикривають пробкою. Відбувається окислення спирту до альдегіду та відновлення купрум (II) оксиду до вільної міді.



Утворення альдегіду визначають за запахом чи забарвленням безбарвного розчину за допомогою фуксиносультфитної кислоти. При цьому розчин забарвлюється у червоно-фіолетовий колір.

2. Окиснення альдегіду до кислоти

а) Купрум (II) гідроксидом у лужному розчині. У пробірку наливають 2-3 мл розчину оцтового альдегіду, стільки ж 10%-ного розчину NaOH і додають по краплях 2%-ний розчин купрум (II) сульфату до появи муті. Суміш нагрівають. З'являється осад купрум (I) оксиду червоного кольору:



Мурашиний альдегід відновлює купрум (I) оксид до металічної міді, утворюючи мідне дзеркало.

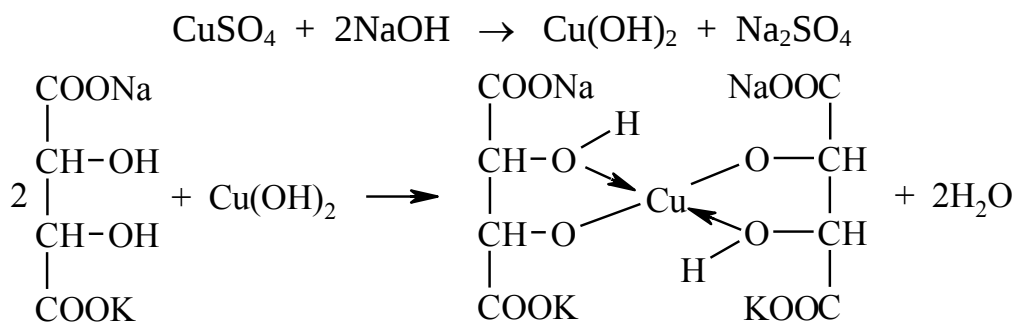
б) Амоніачним розчином аргентум (I) оксиду (реакція Толенса). Амоніачний розчин аргентум (I) оксиду окислює альдегід до кислоти. Металічне срібло, яке утворюється при цьому, осідає на стінках посудини у вигляді дзеркального шару (реакція “срібного дзеркала”):

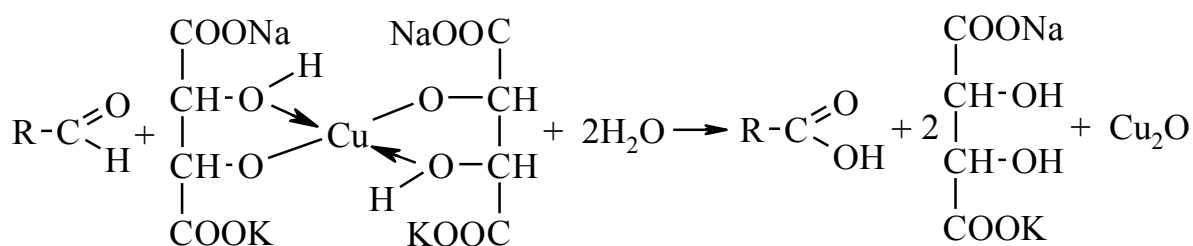


До 1 мл амоніачного розчину аргентум (I) оксиду додають декілька крапель ацетальдегіду і обережно нагрівають на водяній бані при 60-70°C.

в) Фелінговою рідиною. Приготування реактиву Фелінга: осаджують у пробірці блакитний купрум (II) гідроксид, діючи на розчин купрум (II) сульфату надлишком розведеного розчину NaOH. Після цього додають розчин натрію-калію тартрату. Гідроксид купруму (II) розчиняється, утворюючи темно-синю рідину.

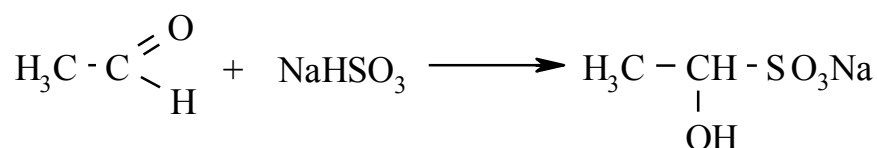
У пробірку вливають 3-4 мл свіжевикотовленого реактиву Фелінга і додають 1 мл оцтового альдегіду. Реакційну суміш нагрівають. Одразу розчин забарвлюється у зелений, а потім у жовтий колір і, нарешті, випадає купрум (I) оксид червоного кольору.





3. Утворення гідросульфїтних похідних

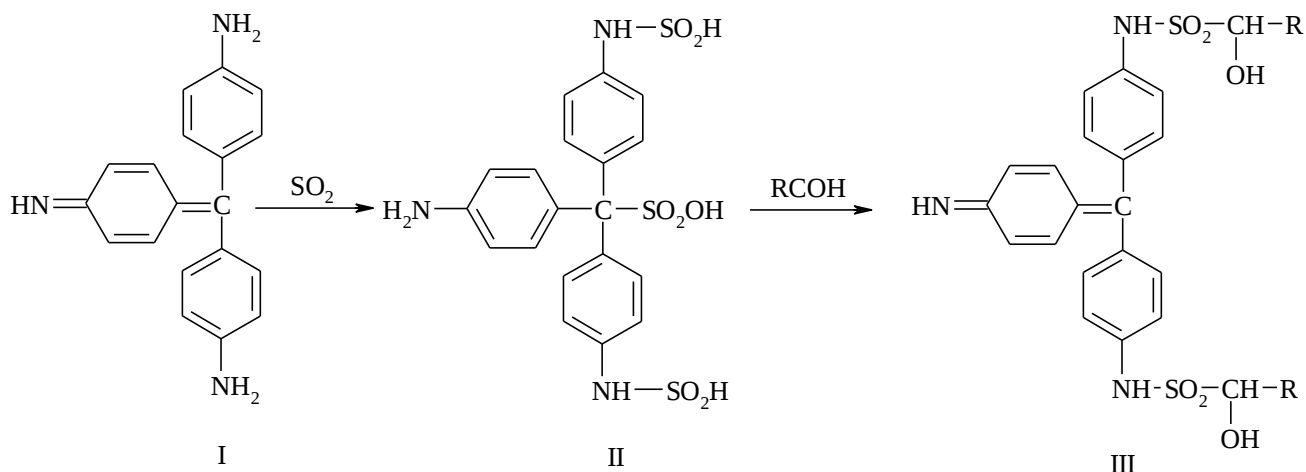
До 5 крапель ацетальдегіду додають 1 мл насиченого розчину натрію гідросульфїту і сильно збовтують суміш. З'являються білі кристали гідросульфїтного похідного:



4. Реакція з фуксинульфїтною кислотою

Усі альдегіди та метилкетони ($\text{CH}_3\text{--CO--R}$) дають кольорову реакцію з розчином фуксинульфїтної кислоти. До 1 мл фуксинульфїтної кислоти додають краплю ацетону та струшують. З'являється інтенсивне рожево-фіолетове забарвлення.

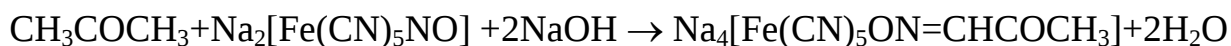
Для приготування фуксинсульфїтної кислоти використовують розчин пара-фуксину (формула I), який має червоне забарвлення. До цього розчину додають водний розчин сульфур (IV) оксиду або пропускають газоподібний SO_2 . При цьому утворюється безбарвна фуксинульфїтна кислота (формула II), яка при взаємодії з альдегідами та метилкетонами утворює хіноїдний барвник (формула III) рожево-фіолетового кольору.



5. Виявлення ацетону за допомогою натрію нітропрусиду (проба Легаля)

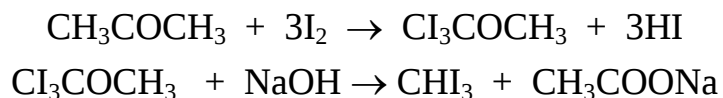
В лужному середовищі ацетон утворює з натрію нітропрусидом червоне забарвлення.

У пробірку вливають 1 мл ацетону, 1-2 краплі 1%-ного розчину натрію нітропрусиду та декілька крапель 10%-ного розчину NaOH. З'являється червоне забарвлення розчину, яке при підкисленні оцтовою кислотою переходить у вишнево-червоне:



6. Утворення йодоформу

До 1-2 мл розведеного розчину речовини, що досліджується (ацетону, ацетальдегіду), додають 1 мл розчину йоду і декілька крапель розчину лугу до зникнення забарвлення. Утворюються жовтий осад йодоформу, який має характерний запах:



Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Які якісні реакції використовують для виявлення альдегідів? Яка особливість хімічної поведінки відрізняє їх від кетонів? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
2. Яке практичне застосування має реакція з натрію гідросульфідом? Чи всім альдегідам та кетонам властива ця реакція?
3. Які гідрокси- і оксопохідні вуглеводнів можна відкрити за допомогою йодоформної проби? Напишіть схему йодоформної реакції на прикладі бутанону.
4. Чи буде заважати проведенню реакції з реактивом Толленса наявність у молекулі активного атома галогену? Кінцевого потрійного зв'язку?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 7

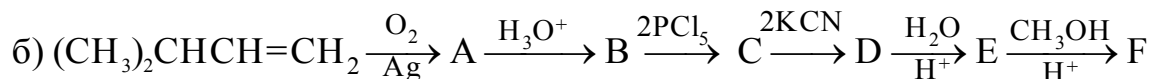
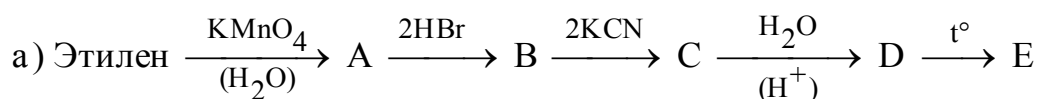
Карбонові кислоти та їх похідні

Насичені одноосновні кислоти. Ізомерія і номенклатура. Природа карбоксильної групи. Лабораторні та промислові методи отримання кислот. Фізичні властивості. Хімічні властивості: утворення солей, ангідридів, галогеноангідридів, амідів, нітрилів, естерів. Механізм реакції естерифікації. Вищі жирні кислоти. Мила. Ненасичені одноосновні кислоти. Поняття про гідрогенізацію жирів. Дикарбонові кислоти. Особливості фізичних і хімічних властивостей кислот: щавлевої, маленової, бурштинової, адипінової. Малоновий ефір, синтези на його основі.

Питання для самостійної роботи

1. Напишіть структурні формули всіх ізомерних кислот складу $C_5H_{10}O_2$, назвіть їх.
2. Отримайте масляну кислоту з а) бромпропану (дві схеми); б) з маленової кислоти; в) за допомогою оксосинтезу; г) зі спирту, д) з альдегіду, е) з алкену, ж) з кетону.
3. Порівняйте кислотні властивості пропанової, 2-хлорпропанової, 2-фторпропанової кислот.
4. З оцтової кислоти отримаєте: а) етилацетат, б) ацетилхлорид, в) оцтовий ангідрид, д) ацетамід, е) маленову кислоту.
5. За допомогою яких реагентів і в яких умовах можна здійснити ланцюг перетворень: етилен $\rightarrow$ етанол $\rightarrow$ брометан $\rightarrow$ нітрil пропіонової кислоти $\rightarrow$ пропанова кислота?
6. Заповніть схему:
$$(CH_3)_2CHCOOH \xrightarrow{Br_2} A \xrightarrow[\text{(спирт)}]{KOH} B \xrightarrow{HBr} C \xrightarrow{KCN} D \xrightarrow{H_2O} E$$
7. Наведіть схеми реакцій взаємодії хлорангідриду оцтової кислоти з а) H_2O , б) CH_3OH , в) NH_3 , г) $CH_3CH_2NH_2$.
8. Складіть рівняння реакції естерифікації пропанової кислоти з 2-пропанолом. Поясніть роль мінеральної кислоти, яка використовується як каталізатор.
9. Наведіть схему лужного гідролізу метилового естеру пропіонової кислоти, розгляньте її механізм.
10. Наведіть схеми одержання акрилової і метакрилової кислот. Напишіть реакції акрилової кислоти з а) Na_2CO_3 , б) Br_2 , в) HBr , г) NH_3 , д) розчином $KMnO_4$.

11. Напишіть формулу жиру, утвореного олеїноюю, стеариноюю і пальмітиноюю кислотами. Наведіть реакцію омилення цього жиру.
12. За допомогою яких реакцій можна розрізнити сполуки: а) HCOOH та CH_3COOH ; б) $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ та $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{COOH}$; в) $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ та $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$?
13. Порівняйте відношення до нагрівання щавлевої, маленової, бурштиноюї, глутаровой та адипіноюї кислот. Назвіть отримані сполуки.
14. Розгляньте будову маленового естеру. Напишіть схеми реакцій взаємодії його з а) H_2O (H^+), б) Na (спирт). Як за допомогою маленового естеру можна отримати масляну кислоту?
15. Здійсніть перетворення:



Лабораторна робота № 7

Властивості карбонових кислот

1. Реакція з гідрокарбонатом натрію

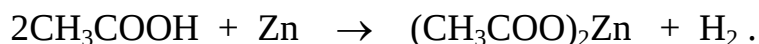
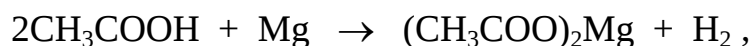
Карбонові кислоти реагують з натрію гідрокарбонатом, при цьому виділяється вуглекислий газ:



У пробірку вливають 1 мл розчину натрію гідрокарбонату і 5 крапель оцтової кислоти – виділяється вуглекислий газ.

2. Утворення солей карбонових кислот

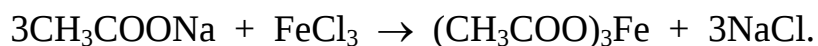
а) Взаємодія кислот з металами. У дві пробірки вливають по 2-3 мл розчину оцтової кислоти. В одну додають шматочок магнієвої стружки, в другу – шматочок цинку:



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

б) Взаємодія солей карбонових кислот з солями мінеральних кислот. До 3 мл розчину натрію ацетату додають 2-3 мл 2%-ного розчину ферум(III)

хлориду. Утворюються сіль ферум(III) ацетату, яка забарвлена у червоно-бурий колір:

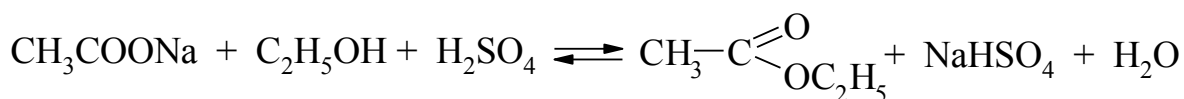


Якщо розчин, який було одержано, прокип'ятити, то утворюється основна сіль, яка випадає у вигляді осаду червоно-бурого кольору:



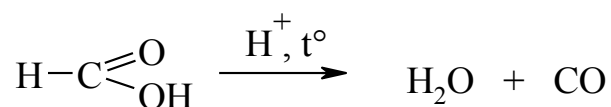
3. Утворення естерів

У суху пробірку вміщують 0,1-0,2 г ацетату натрію та 3-5 крапель етанолу. Додають 2 краплі конц. H_2SO_4 та нагрівають. З'являється приємний запах етилацетату:

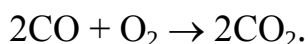


4. Досліди з мурашиною кислотою

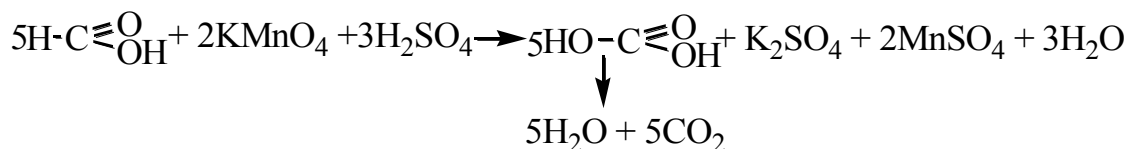
а) Розкладання мурашиної кислоти. У пробірку з газовідвідною трубкою вливають 2-3 мл мурашиної кислоти, додають 1-2 мл конц. H_2SO_4 та нагрівають:



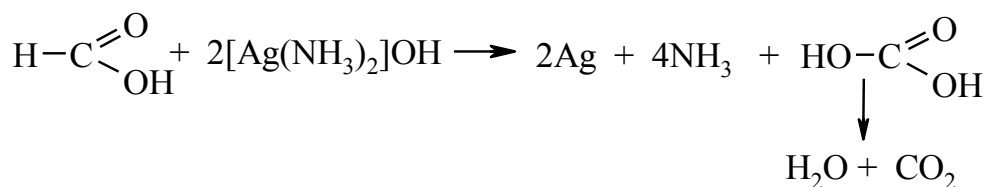
При підпалюванні карбон (II) оксид згоряє блакитним полум'ям до карбон (IV) оксиду:



б) Окиснення мурашиної кислоти KMnO_4 . У пробірку з газовідвідною трубкою вливають 2-3 мл мурашиної кислоти, додають 2 мл 10 %-ного розчину H_2SO_4 та 4-5 мл 5%-ного розчину KMnO_4 . Реакційну суміш нагрівають, вона знебарвлюється - виділяється CO_2 :

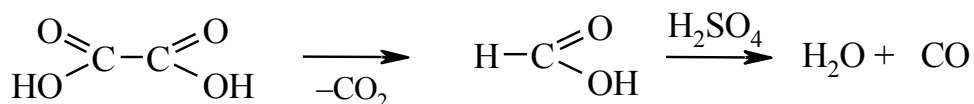


в) Відновлення амоніачного розчину аргентум (I) оксиду. До 2-3 мл свіжовиготовленого амоніачного розчину аргентум (I) оксиду додають приблизно 1 мл мурашиної кислоти. Випадає чорний осад металевого срібла:



5. Розкладання щавлевої кислоти при нагріванні

Нагрівають у пробірці з газовідвідною трубкою 1-2 г щавлевої кислоти. Карбон (IV) оксид, що утворюється, пропускають крізь розчин вапняної води:



Потім виймають трубку з рідини та, продовжуючи нагрівання, підпалюють газ, який виділяється (CO), біля отвору трубки. Він горить характерним блакитним полум'ям.

Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Яка роль сульфатної кислоти в реакції естерифікації? Чому не можна застосовувати надлишок сульфатної кислоти?
2. Чим відрізняється мурашина кислота від її гомологів? Наведіть рівняння відповідних реакцій.
3. Чому при естерифікації мурашиної кислоти (а також щавлевої) не потрібно додавати мінеральні кислоти?
4. За допомогою яких реакцій можна розпізнати наступні речовини:
а) мурашину і оцтову кислоти; б) етилацетат і бутанову кислоту; в) акрилову та пропанову кислоти; г) етилформіат та метилацетат; д) ізомасляну та 2,2-диметилпропанову кислоти; е) щавлеву та малонову кислоти?
5. Які хімічні властивості притаманні карбоновим кислотам?

Варіант модульного контролю № 2

Тема “ Будова, номенклатура, методи отримання та хімічні властивості галогенопохідних вуглеводнів, спиртів та фенолів, альдегідів та кетонів, карбонових кислот та їх похідних.”

№	Питання	Кількість балів
1.	Скільки вторинних бромалканів існує у загальної формули $C_5H_{11}Br$: 2, 3, 4, 5, 6? Наведіть їх структурні формули та назвіть їх.	4
2.	Яку магнійорганічну сполуку слід використати, щоб за допомогою синтезу Гриньяра отримати із мурашиного альдегіду 1-бутанол: 1) CH_3CH_2MgCl ; 2) CH_3MgCl ; 3) $CH_3CH_2CH_2MgCl$; 4) $CH_3CH_2CH_2CH_2MgCl$. Наведіть рівняння реакції, відмітьте механізм.	4
3.	Які з наведених сполук вступають в реакцію альдольно-кратонової конденсації: а) $CH_3-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH}-\overset{\substack{O \\ }}{C}-H$; б) $H-\overset{\substack{O \\ }}{C}-H$; в) $CH_3-CH_2-\overset{\substack{CH_3 \\ }}{C}-\overset{\substack{O \\ }}{C}-H$ г) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\overset{\substack{O \\ }}{C}-H$ Напишіть відповідні рівняння реакцій, відмітьте механізм, назвіть отримані сполуки.	4
4.	За допомогою яких реагентів можна відрізнити фенол та метанол: а) Br_2 (H_2O); б) $KMnO_4$ (H_2O); в) $FeCl_3$; г) $CuSO_4$ ($NaOH$)? Напишіть відповідні рівняння реакцій.	4
5.	З якими з наведених реагентів взаємодіє масляна кислота: а) PCl_5 ; б) $NaOH$ (H_2O); в) H_2O , H^+ ; г) HCl ; д) CH_3OH , H^+ ? Напишіть рівняння відповідних реакцій, назвіть продукти.	4
Всього, бали		20

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 8

Аміни та діазосполуки

Аміни. Будова, ізомерія, класифікація. Первинні, вторинні, третинні аміни аліфатичного і ароматичного рядів. Методи отримання і хімічні властивості. Порівняльна характеристика основності амінів аліфатичного та ароматичного рядів. Реакції алкілювання, ацилювання, реакції з HNO_2 . Діазо- та азосполуки. Реакція діазотування та її механізм. Реакції з виділенням азоту: заміщення діазогрупи на водень, гідроксил, галоген, ціано- і нітрогрупи. Реакції без виділення азоту: реакція азосполучення.

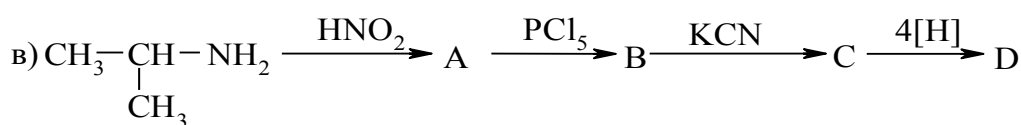
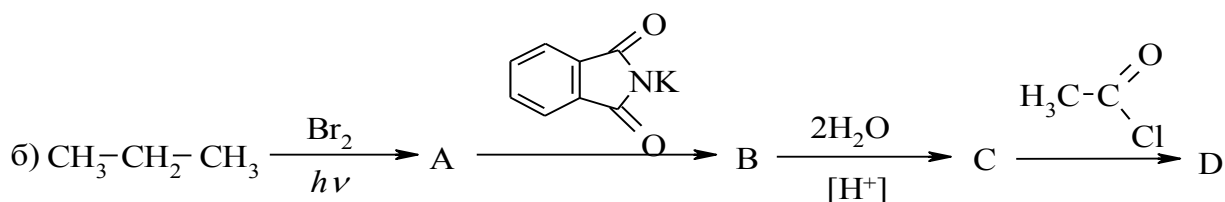
Питання для самостійної роботи

1. Порівняйте основність первинних, вторинних і третинних аліфатичних і ароматичних амінів. Чим обумовлені основні властивості амінів? Напишіть структурні формули: а) аніліну, б) дифеніламіну, в) N, N-диметиланіліну, г) бензиламіну, д) фенілбензиламіну.
2. Наведіть структурні формули всіх ізомерних амінів складу $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$, назвіть їх.
3. Отримайте пропіламін за допомогою фталімідного методу Габріеля. Вкажіть перевагу цього методу в порівнянні з методом алкілювання амоніаку галогеноалканами і спиртами.
4. Отримайте бутиламін алкілюванням амоніаку; фталімідним методом; перегрупуванням Гофмана.
5. Чи будуть наступні аміни: а) етиламин; б) метилетиламін; в) триметиламін реагувати з: 1) HCl , 2) CH_3I , 3) CH_3COCl , 4) HNO_2 ? Напишіть схеми реакцій.
6. Напишіть для аніліну схеми реакцій, що проходять а) за аміногрупою; б) за бензеновим кільцем.
7. Як реагують з HNO_2 : бензиламін, анілін, N-метиланілін, N,N-диметиланілін? Наведіть відповідні рівняння реакцій..
8. Наведіть структурні формули: а) азобензену; б) 4-диметиламіно-4'-хлороазобензену; в) 2,4-дінітрофенілдіазоній хлориду; г) 4-сульфофенілдіазоній броміду.
9. Яку реакцію називають діазотуванням? В яких умовах вона відбувається? Напишіть реакцію діазотування аніліну NaNO_2 в середовищі HCl . Продукт

реакції введіть у взаємодію з фенолом (лужне середовище). Назвіть продукт реакції.

10. Яку реакцію називають азосполученням? Наведіть схеми взаємодії з фенілдіазоній хлориду: а) фенолу; б) диметиланіліну.

11. Заповніть схеми:

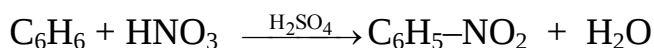


Лабораторна робота № 8

Властивості амінів та діазосполук

1. Добування нітробензену

У пробірку до охолодженої нітруючої суміші приливають по краплях при постійному збовтуванні 1 мл бензену. Вміст пробірки виливають у 10-15 мл води. Нітробензен падає на дно склянки у вигляді важкої маслянистої краплі. Він має своєрідний запах гірко-мігдалю:



2. Досліди з аніліном

а) Реакція з хлорним вапном. Водний розчин аніліну з хлорним вапном утворює фіолетове забарвлення. До декількох мл водного розчину аніліну додають декілька крапель відфільтрованого водного розчину вапна. Фіолетове забарвлення переходить у брудно-фіолетове.

б) Реакція з хромовою сумішшю. До декількох мл водного розчину аніліну додають декілька крапель хромової суміші. Внаслідок реакції окиснення спостерігається поява синьо-чорного або зелено-чорного забарвлення, яке переходить у чорне (утворюється аніліновий чорний барвник).

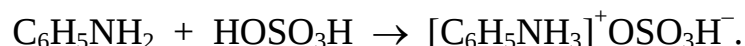
в) Взаємодія аніліну з бромною водою. До 2-3 мл водного розчину аніліну додають по краплях бромну воду. Зникає забарвлення бромної води і з'являється осад триброманіліну:



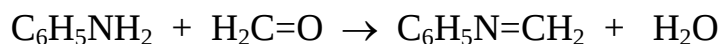
г) Взаємодія аніліну з мінеральними кислотами. У дві пробірки наливають по 0,3 мл аніліну. До однієї додають 10 %-ний розчин HCl, до другої - 10%-ний розчин H₂SO₄. У першій пробірці утворюється прозорий розчин хлориду анілінію:



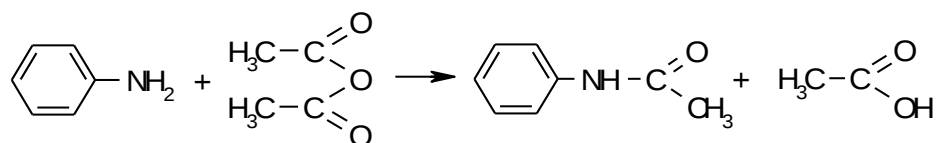
У другій пробірці випадає білий осад важкорозчинної кислої сульфатної солі аніліну:



д) Реакція конденсації аніліну с формальдегідом. Анілін легко вступає у реакцію конденсації з формальдегідом. До 2-3 мл водного розчину аніліну додають такий самий об'єм формальдегіду. При збовтуванні поступово утворюється білий осад – основа Шифа:



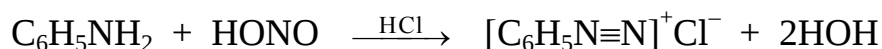
е) Реакція ацилювання. У пробірці змішують 3 мл води і 11 мл чистого аніліну, додають 1 мл оцтового ангідриду і суміш збовтують. Нагрівають до кипіння і вміст пробірки виливають у стакан з 5-6 мл води. Випадає кристалічний осад ацетаніліду:



Ацетанілід раніше використовували у медицині в як жарознижуючий засіб; використовується для синтезу стрептоциду.

3. Реакція діазотування

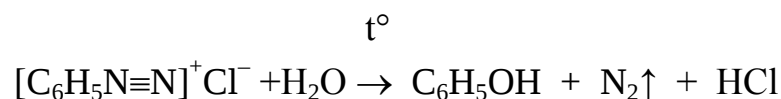
У невеликій конічній колбі готують розчин хлориду анілінію з 1 мл аніліну і 10 мл 10 %-ної HCl до повного розчинення аніліну. Розчин охолоджують сумішшю снігу із сіллю до 5°C. Не виймаючи колби з охолоджуючої суміші, приливають по краплях при перемішуванні 1,5-2 мл 10 %-ного розчину NaNO₂. Закінчення реакції визначають по посинінню йодокрахмального паперу (при надлишку нітритної кислоти виділяється вільний йод, внаслідок чого крохмаль забарвлюється у синій колір):



Одержаний розчин зберігають для наступних дослідів.

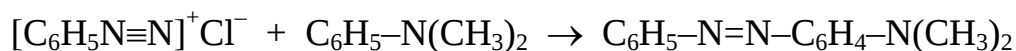
4. Добування фенолу з солі фенілдіазонію

Декілька мл розчину солі діазонію обережно нагрівають у пробірці до початку виділення азоту, яке продовжується далі без нагрівання. Утворюється фенол, присутність якого підтверджується характерним запахом:



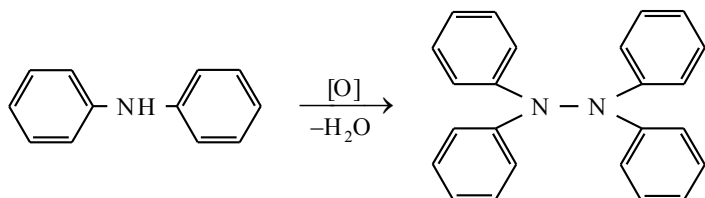
5. Реакція азосполучення. Добування анілінового жовтого (диметиламіноазобензену)

У пробірку наливають 0,5 мл диметиланіліну, 3-4 мл води і по краплях додають 10 %-у HCl до повного розчинення. Суміш охолоджують і додають 3-4 мл розчину солі хлориду фенілдіазонію, який отримано у досліді 3, а після цього 2-3 мл насиченого розчину натрію ацетату для нейтралізації хлоридної кислоти (при надлишку кислоти азосполучення не відбувається):



6. Якісна реакція на дифеніламін

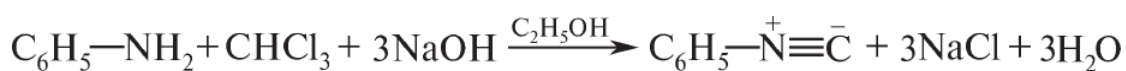
У пробірку вміщують декілька кристаликів дифеніламіну, додають приблизно 1 мл конц. H₂SO₄ і одну краплю розведеного розчину HNO₃. Спостерігається поява синього забарвлення внаслідок окиснення дифеніламіну у тетрафенілгідразин:



який утворює з конц. H₂SO₄ синє забарвлення. Ця реакція використовується у аналітичній хімії для відкриття іона NO₃⁻.

7. Ізонітрильна проба

У пробірку вміщують 1 краплю аніліну, 2-3 краплі 10 %-вого розчину натрію гідроксиду, 2 краплі хлороформу і 10 крапель етанолу. При повільному нагріванні суміші до початку кипіння з'являється характерний, неприємний запах ізонітрилу:



Далі ізонітрил потрібно гідролізувати. У пробірку додають 1 мл 10 %-вого розчину сульфатної кислоти і кип'яють суміш до зникнення характерного запаху:



Контрольні запитання до лабораторної роботи

- Порівняйте відношення наступних сполук до дії нітритної кислоти:
а) метиламін; б) диметиламін; в) триметиламін; г) нітроетан; д) 2-нітропропан; е) 2-метил-2-нітропропан. Напишіть відповідні рівняння реакцій.
- Як первинні аміни взаємодіють з хлороформом в присутності спиртового розчину лугу? Напишіть схему реакції на прикладі етиламіну та наведіть її механізм. Як називається ця реакція в органічній хімії і де використовується?
- Напишіть відповідні рівняння реакцій, за допомогою яких можна відрізнити наступні сполуки: а) диметиламін і триметиламін; б) пропан-1-амін і 1-нітропропан; в) ізопропіламін та діетиламін.

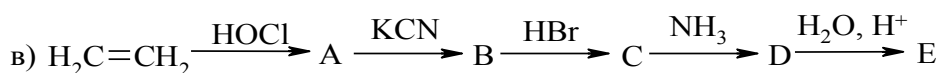
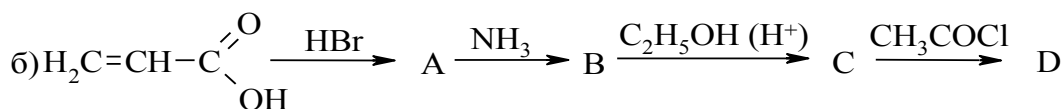
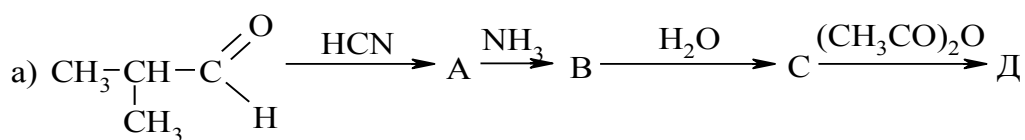
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 9

Амінокислоти, білки

Номенклатура і класифікація амінокислот. Отримання: гідролізом білків і галогенозаміщених кислот, з ціангідринов, з альдегідів. Фізичні та хімічні властивості амінокислот. Поняття про біполярний йон та ізоелектричну точку. Хімічні властивості: реакції аміногрупи, карбоксильної групи, відношення до нагрівання. Дипептиди. Поліпептиди. Поняття про методи синтезу. Використання захисних груп в пептидному синтезі. Білки. Загальна характеристика. Якісні реакції на білок. Поняття про структуру білків.

Питання для самостійної роботи

1. Класифікація амінокислот. Напишіть формули: а) гліцину, б) γ -аміномасляної кислоти; в) α -аміно- β -метилвалеріанової кислоти; г) α -аланіну. Які з них мають просторові ізомери?
2. Вкажіть будову амінокислоти в нейтральному, кислому і лужному середовищі.
3. Напишіть рівняння реакцій, що характеризують властивості обох функціональних груп амінооцтової кислоти.
4. Напишіть рівняння реакцій: а) аланіну з гідроксидом натрію; б) α -амінопропіонової кислоти з ацетилхлоридом; в) гліцину з оцтовим ангідридом; г) аланіну з соляною кислотою; д) аланіну з етанолом (в присутності мінеральної кислоти). Напишіть рівняння реакцій цих амінокислот з нітритною кислотою.
5. З карбонільних сполук через оксинітрили отримаєте: а) 2-аміно-2-метилбутанову кислоту; б) 2-аміно-3,3-диметилбутанову кислоту.
6. Піддайте нагріванню α -, β - і γ -аміновалеріанові кислоти. Проведіть реакцію β -аміновалеріанової кислоти з а) HNO_2 , б) PCl_5 . Назвіть продукти реакцій.
7. Наведіть схеми утворення двох можливих дипептидів з молекули лейцину (α -аміноізокапронової кислоти) і молекули гліцину. Назвіть дипептиди. Які групи потрібно захистити в лейцині і гліцині, щоб отримати тільки один дипептид: Gly-Leu.
8. Напишіть схеми освіти двох можливих дипептидів з молекули гліцину та молекули аланіну. Назвіть дипептиди. Як отримати тільки один дипептид: Ala-Gly?
9. Здійсніть перетворення:



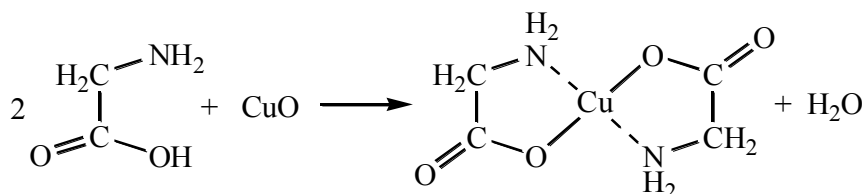
Лабораторна робота № 9

Властивості амінокислот та білків

1. Якісні реакції на гліцин

а) Реакція на лакмус. До свіжоприготовленого розчину гліцину додають декілька крапель водного розчину лакмусу. Зміна кольору лакмусу не спостерігається.

б) Утворення комплексної солі купрум(II). У пробірку з розчином гліцину додають 1 г купрум(II) оксиду, кип'ятять декілька хвилин. Утворюється синій комплекс комплексної солі гліцину.



2. Якісні реакції на білкові речовини

а) Коагуляція білків при нагріванні. У пробірку наливають 2-3 мл свіжоприготовленого розчину яєчного білка і обережно нагрівають у полум'ї пальника. Спостерігають помутніння розчину і утворення осаду білка. Коагуляція білків при нагріванні - процес необоротний.

б) Осадження білків солями важких металів. У дві пробірки наливають по 1-2 мл розчину білка і по краплях додають в одну пробірку 5%-ний розчин купрум(II) сульфату, а в другу - 5%-ний розчин плюмбум(II) ацетату. Утворюються пластівчасті осадки, які розчиняються у надлишку реактивів.

в) Осадження білків мінеральними кислотами. У три пробірки наливають по 1 мл концентрованих кислот - HNO_3 , H_2SO_4 , HCl . В кожну з них обережно по стінках наливають по 1 мл розчину білка. На межі кислота - білок спостерігають утворення білого осаду білка. При збовтуванні сумішей, коли є

надлишок H_2SO_4 і HCl , осад розчиняється, у пробірці з HNO_3 осад не розчиняється.

г) Висолювання білків. До розчину білка додають насичений розчин амонію сульфату. Спостерігають помутніння і випадіння осаду. При додаванні води осад білка знов розчинюється.

д) Кольорові реакції на білок. Ксантопротеїнова реакція. 3-4 мл розчину білка нагрівають з 1-2 мл конц. HNO_3 . Випадає осад. Жовте забарвлення обумовлено нітруванням ароматичного ядра білкових молекул і утворенням нітросполук. Після охолодження суміші обережно по краплях додають до рідини надлишок конц. NaOH (1-2 мл). Жовте забарвлення переходить у помаранчеве. Ксантопротеїнова реакція обумовлена наявністю у білках залишків таких ароматичних амінокислот як фенілаланін, тирозин, триптофан.

Біуретова реакція. 2-3 мл розчину білка нагрівають з 2 мл 10%-ного розчину NaOH і декількома краплями 2%-ного розчину CuSO_4 . Рідина забарвлюється у червоно-фіолетовий колір. Біуретова реакція обумовлена наявністю у молекулі білка пептидних груп.

Реакція на наявність Сульфур у білках. До 0,5 мл 1%-ного розчину плюмбум (II) ацетату додають по краплях 10%-ний розчин NaOH до розчинення плюмбум (II) гідроксиду, який утворюється. До розчину додають 2-3 мл білка, струшують і обережно нагрівають до кипіння протягом 2-3 хв. Поява бурого, а згодом чорного забарвлення вказує на утворення плюмбум (II) сульфід, тобто на наявність Сульфур у білку.

Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Опишіть будову амінокислоти в нейтральному, кислому та лужному середовищі. Що таке «біполярний» йон («цвіттер-йон»)?
2. Чому амінокислоти називають амфотерними сполуками?
3. Які продукти утворюються при нагріванні α -, β - і γ -аміномасляних кислот? Назвіть їх, напишіть рівняння відповідних реакцій.
4. Напишіть схеми утворення двох можливих дипептидів з молекули гліцину та молекули аланіну. Назвіть їх. Яким чином можна отримати тільки один з можливих ізомерів?
5. Перелічіть основні якісні реакції на білок. Які функціональні групи в них вступають?

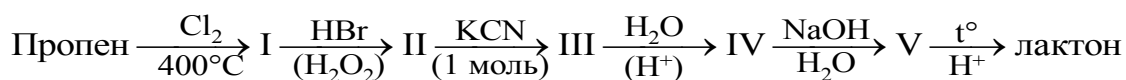
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 10

Гідроксикислоти та вуглеводи

Класифікація, ізомерія та номенклатура гідроксикислот. Способи отримання, хімічні властивості. Оптична активність, залежність числа оптичних ізомерів від числа асиметричних атомів вуглецю в молекулі. Діастереоізомери. Моносахариди (монози). Вуглеводи як особлива група гідроксиальдегідів та гідроксикетонів. Їх значення в природі та промисловості. Класифікація. Будова моноз: карбонільна та циклічна напівацетальна форма. Стереохімія. Явище мутаротації. Хімічні властивості: алкілювання і ацилювання, окислення, відновлення. Дисахариди. Класифікація дисахаридів. Їх будова; відновлюючі та невідновлюючі дисахариди: мальтоза, целлобіоза, лактоза, сахароза. Полісахариди: крохмаль, глікоген, клітковина. Поширення в природі. Реакції гідролізу. Естери целюлози.

Питання для самостійної роботи

1. Напишіть структурні формули кислот: 3-гідроксибутанової, винної, молочної. Яка основність та атомність у кожної з цих кислот? Отримайте 2-гідроксибутанову кислоту: із пропаналю, із α -хлоромасляної кислоти, із α -аміномасляної кислоти.
2. Напишіть реакції молочної кислоти з: а) PCl_5 , б) HBr , в) CH_3OH (H^+), г) NH_3 .
3. На прикладі оксимасляних кислот охарактеризуйте відношення їх до нагрівання. Назвіть отримані продукти.
4. Здійсніть перетворення:



5. Наведіть проєкції Фішера природних моноз: а) D-глюкози, б) D-галактози, в) D-маннози, г) D-фруктози. Скільки можливих стереоізомерів може мати кожна з цих речовин?
6. Наведіть піранозні циклічні формули (формули Хеуорса) D-глюкози та D-галактози. Що таке α - та β -аномери? Які сполуки називають епімерами? Наведіть приклади.
7. Наведіть схеми цикло-ланцюгового таутомерного перетворення D-глюкози в водних розчинах. Яке явище називають мутаротацією?

8. Наведіть хімічні реакції, які доводять наявність в молекулі глюкози: а) альдегідної групи; б) п'яти гідроксигруп; в) полуацетального гідроксилу.
9. Напишіть реакції глюкози з: а) Br_2 (H_2O), б) HNO_3 , в) H_2 (кат.), г) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, д) HCN , е) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$, ж) $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$, з) CH_3OH (H^+), и) CH_3I (Ag_2O). В якій формі реагує глюкоза в кожній реакції?
10. Напишіть реакції D-глюкози і D-фруктози з фенілгідрaziном, узятим в надлишку. Чому утворюється один і той же Оззон?
11. Проведіть гідроліз мальтози. Чому мальтоза називається відновлюючим дисахаридом? За допомогою якої реакції можна відрізнити мальтозу від сахарози?
12. Напишіть схему реакції гідролізу сахарози. Чому сахароза називається невідновлюючим дисахаридом? В чому полягає явище інверсії сахарози? Що таке інвертний цукор?
13. Напишіть структурні формули дисахаридів, які утворюються при неповному гідролізі: крохмалю, целюлози.
14. Охарактеризуйте промислово важливі похідні целюлози: ацетилцелюлозу, нітроцелюлозу. Напишіть схеми реакцій їх отримання.

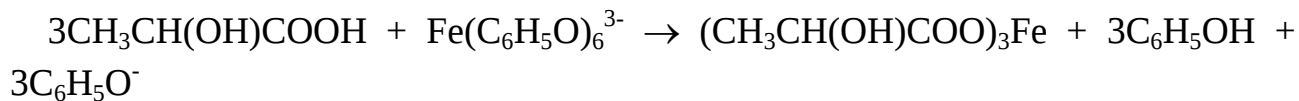
Лабораторна робота № 10

Властивості гідроксикислот та вуглеводів

1. Якісна реакція α -гідроксикислот з ферум (III) хлоридом

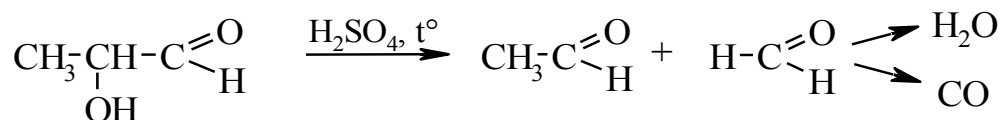
У дві пробірки вливають по 0,5 мл розчину ферум (III) хлориду і додають по одній краплі розчину фенолу. Розчин у пробірках забарвлюється у темно-фіолетовий колір. До одної пробірки додають 2 мл розчину молочної кислоти, а у другу – стільки ж оцтової кислоти. Пробірка з молочною кислотою забарвлюється у яскраво-жовтий колір, інколи з зеленим відтінком, який є характерним для α -гідроксикислот. Оцтова кислота такого забарвлення не утворює.

Вихідний колір ферум (III) хлориду є коричнево-жовтим, тому для більш чіткого переходу забарвлення доцільно застосовувати фіолетовий його розчин, який містить ферум (III) фенолят. α -Оксикислота, зв'язуючи ферум (III), руйнує фенолят і фіолетове забарвлення переходить у жовте.



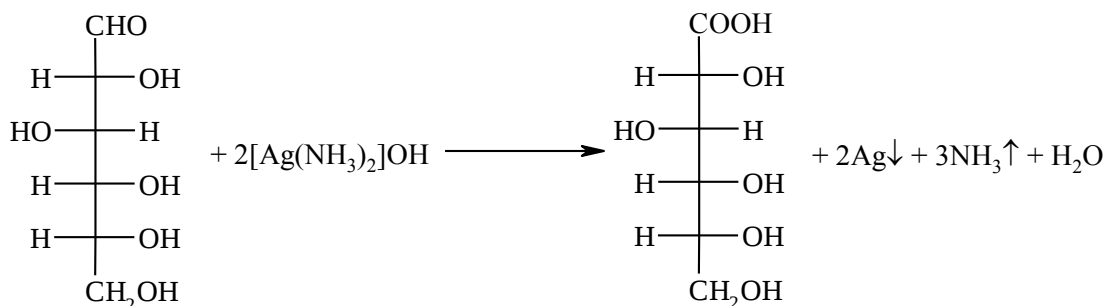
2. Розкладання молочної кислоти при нагріванні з H_2SO_4

У пробірку вливають 2 мл молочної кислоти і 3 мл конц. сульфатної кислоти, закривають пробкою з газовідвідною трубкою. Реакційну суміш нагрівають до кипіння. Молочна кислота розкладається на оцтовий альдегід та мурашину кислоту, яка у свою чергу розкладається на карбон (II) оксид та воду:



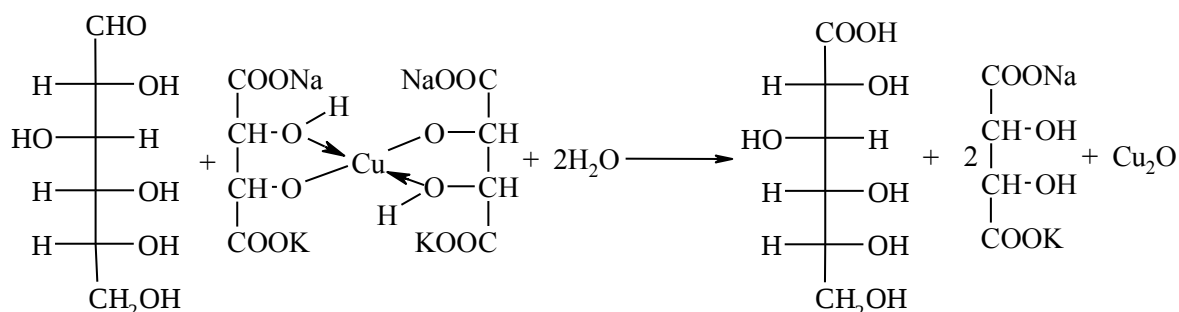
3. Взаємодія вуглеводів з амоніачним розчином аргентум (I) оксиду (реактивом Толленса)

До 1 мл 1-2% розчину глюкози додають 1 мл амоніачного розчину аргентум (I) оксиду, і пробірку вміщують на кілька хвилин у гарячу воду. Якщо пробірка була чиста, то металеве срібло, яке виділяється при окисненні сахариду, осаджується на стінках пробірки у вигляді дзеркального шару, у іншому випадку випадає чорний осад:



4. Реакція глюкози з реактивом Фелінга

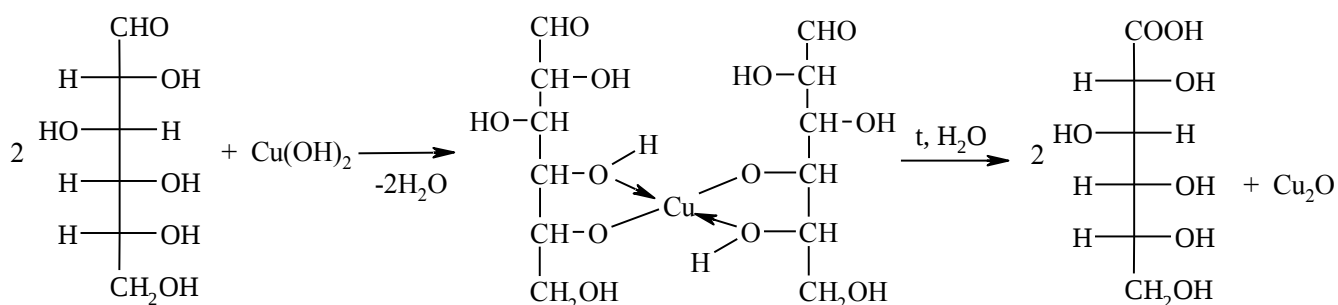
У пробірку вливають 1-2 мл фелінгової рідини, додають 1%-ного розчину глюкози, нагрівають у полум'ї газового пальника. Спостерігається зміна забарвлення рідини, виділення жовтого осаду, який переходить у червоний осад купрум (I) оксиду; глюкоза окислюється у глюконову кислоту. Реактив Фелінга, як і амоніачний розчин аргентум (I) оксиду, використовують для виявлення альдегідної групи в вуглеводах.



5. Взаємодія глюкози з гідроксидом купруму (проба Троммера)

До 2-3 мл розчину глюкози додають 1 мл розведеного розчину NaOH та 2-3 краплі розчину CuSO_4 . Осад купрум (II) гідроксиду, який виділяється, при струшуванні розчиняється, а рідина забарвлюється у інтенсивний синій колір. При цьому глюкоза, яка містить у своєму складі гідроксильні групи, розташовані поряд, утворює з купрум (II) гідроксидом комплексні сполуки, розчинні у лугах.

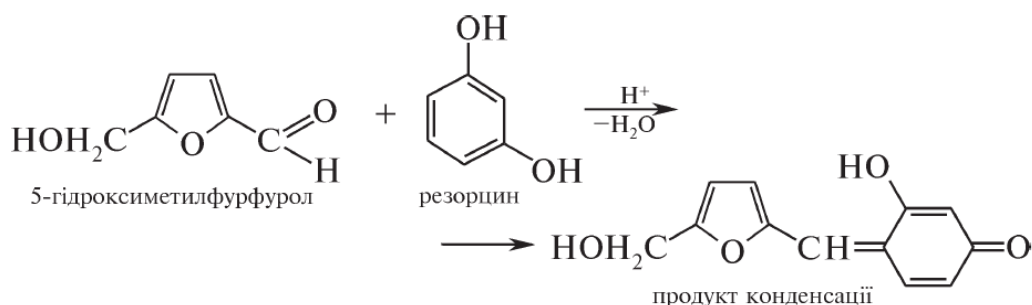
Обережно нагрівають у полум'ї пальника верхню частину рідини до початку кипіння і спостерігають зміну забарвлення розчину - глюкоза окиснюється у глюконову кислоту.



6. Реакція Селіванова на кетози

Характерною реакцією на кетогексози є утворення червоного забарвлення при нагріванні їх з хлоридною кислотою у присутності резорцину. Реактив Селіванова – це розчин 0,001 г резорцину у суміші 10 мл води та 10 мл HCl .

До 2-3 мл розчину фруктози приливають 2 мл реактиву Селіванова і нагрівають на водяній бані. У ході реакції при нагріванні гексоз із хлоридною кислотою утворюється 5-гідроксиметилфурфурол, який конденсується з резорцином з утворенням забарвленого продукту:



Кетози в умовах дослідів перетворюються в 5-гідроксиметилфурфурол у 15-20 разів швидше, ніж альдоза, що й зумовлює швидкість появи забарвлення і його інтенсивність у розчині фруктози. Альдогексози в цих умовах лише при тривалому кип'ятінні набувають слабо-рожевого забарвлення.

7. Якісна реакція на сахарозу

До 2-3 мл розчину сахарози додають декілька крапель розчину сульфату кобальту та надлишок розчину NaOH. З'являється фіолетове забарвлення. Реакція дуже чутлива.

Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. За допомогою яких реакцій можна розпізнати наступні речовини:
а) гліколеву та оцтову кислоти; 2) молочну та саліцилову кислоти?
2. Чи здатні наведені сполуки відновлювати амоніачний розчин аргентум оксиду (проба Толленса): а) *D*-глюкоза; 2) *D*-рибоза; 3) *D*-фруктоза? Відповідь поясніть.
3. В чому проявляються особливі властивості напівацетального (глікозидного) гідроксилу в порівнянні зі спиртовими гідроксилами? Напишіть схеми взаємодії (в присутності HCl як каталізатора): а) α -*D*-глюкопіранози з етиловим спиртом; б) β -*D*-фруктофуранози із ізопропіловим спиртом.
4. Поясніть, чи здатні свіжовиготовлені розчини α -мальтози, α -целобіози, α -лактози до мутаротації. Як буде в цих розчинах змінюватись оптичне обертання з часом?
5. Наведіть схеми якісних реакцій, що підтверджують відновні властивості мальтози. Чи можна за допомогою цих реакцій відрізнити мальтозу від лактози? Відповідь поясніть.
6. Чи можна за допомогою проби Троммера відрізнити: а) сахарозу від продуктів її гідролізу; б) лактозу від продуктів її гідролізу; в) лактозу від сахарози? Напишіть відповідні рівняння реакцій.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 11

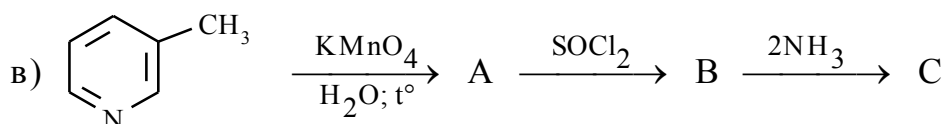
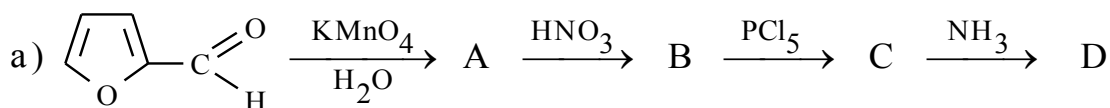
Гетероциклічні сполуки

П'ятичленні гетероцикли. Будова, ароматичний характер і взаємні перетворення фурану, тіофену, піролу. Фуран, фурфурол, властивості, застосування в органічному синтезі. Тіофен, його властивості. Пірол, його властивості. Поняття про хлорофіл та гемін. Поняття про гетероцикли з декількома гетероатомами. Шестичленні гетероцикли. Піридин, його властивості. Реакції електрофільного та нуклеофільного заміщення. Піперидин. Нікотинова кислота. Піримідин. Піримідинові підстави. Пуринові основи. Поняття про нуклеїнові кислоти, їх значення.

Питання для самостійної роботи

1. Фуран, пірол і тіофен в реакції електрофільного заміщення вступають легше, ніж бензол, проте фуран і пірол (але не тіофен) для проведення цих реакцій вимагають використання спеціальних модифікованих реагентів (ацетилнітрат, піридинсульфотриоксид). Поясніть цей факт. Наведіть реакції фурану і піролу з зазначеними реагентами.
2. В якій сполуки – фурані, піролі чи тіофені – більш сильно виражені властивості дієну з кон'югованими подвійними зв'язками? Напишіть для цієї сполуки реакції приєднання бромів і хлору та реакцію Дільса-Альдера з малеїновим ангідридом.
3. Порівняйте електронну будову піридину і бензолу. Чому при відновленні ядра піридину дипольний момент змінюється? Як саме? Яка сполука ряду бензену найбільше нагадує піридин за своїм відношенням до електрофільних агентів?
4. Порівняйте взаємодію піридину і піролу з сильними кислотами на холод. Чому для піридину не спостерігається осмолення, характерного в цих умовах для піролу?
5. Розташуйте в порядку зростання реакційної здатності в реакціях електрофільного заміщення: бензен, нафтален, тіофен, піридин. Напишіть схеми реакцій бромовання кожної речовини, вкажіть умови їх проведення.
6. З якими сполуками ряду бензену можна порівнювати фуран і пірол з точки зору їх здатності вступати в реакції електрофільного заміщення?
7. Як отримати фуран з фурфуролу, тіофен – з ацетилену?

8. Напишіть рівняння реакцій взаємодії піролу з наступними речовинами:
 а) HCl, б) K (мет.), в) NH₂Na, г) CH₃MgI.
9. Напишіть рівняння реакцій взаємодії: а) 5-метилфурфуролу та KOH (конц.) (реакція Канніццаро); б) фурфуролу та KCN (бензоїнова конденсація); в) 5-метилфурфуролу та аніліну.
10. Здійсніть перетворення:



Лабораторна робота № 11

Хімічні властивості гетероциклічних сполук

1. Кольорові реакції на фурфурол

а) Реакція з аніліном. На предметному склі змішують рівні об'єми (по декілька крапель) аніліну і льодяної оцтової кислоти. Цією рідиною змочують кусочок фільтрувального паперу і поміщають на нього краплю розчину фурфуролу. З'являється фіолетово-червоне забарвлення.

б) Реакція з амоніачним розчином оксиду срібла (див. лаб. роботу № 6, дослід 2б).

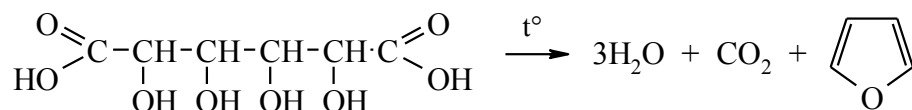
в) Реакція з фуксинсірчистою кислотою (див. лаб. роботу № 6, дослід 4).

2. Кольорова реакції на пірол

У пробірці кип'ятять 2-3 мл піролу. Соснову скіпочку змочують конц. HCl і тримають її у парах киплячого піролу. Скіпочка забарвлюється у інтенсивно червоний колір. Ця реакція характерна і для похідних піролу.

3. Кольорова реакції на фуран

У сухій пробірці нагрівають до початку розкладання 0,3-0,5 г слизової кислоти і, продовжуючи нагрівання, вносять у верхню частину пробірки змочену розчином HCl соснову скіпочку. Вона забарвлюється фураном, що виділяється, у зелений колір, який з часом блідніє.



4. Реакції піридину

Змішують 1 мл піридину і 5 мл води. Відзначають характерний запах піридину. Краплю розчину піридину вміщують на індикаторний папір. Відмічають рН.

а) До 1 мл розчину ферум (III) хлориду приливають 0,5 мл розчину піридину. Піридин зв'язує хлоридну кислоту, яка виділяється внаслідок гідролізу ферум (III) хлориду. При цьому утворюється осад $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

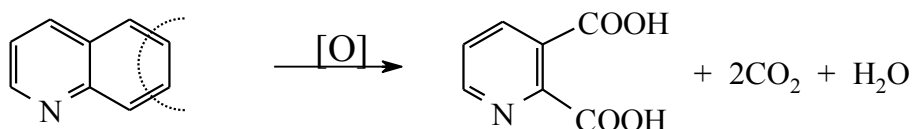
б) Стійкість піридину до окиснення. До розчину піридину доливають такий же об'єм розчину KMnO_4 і ретельно перемішують. Розчин не змінює забарвлення ні при кімнатній температурі, ні при кип'ятінні. Це вказує на міцність зв'язків у піридиновому ядрі.

5. Реакції хіноліну

Струшують 1 мл хіноліну з 4-5 мл води, відзначають характерний запах, розчинність хіноліну у порівнянні з піридином. Після відстоювання важких крапель хіноліну зливають водний розчин у другу пробірку і використовують його для інших дослідів.

а) При взаємодії з FeCl_3 лужні властивості хіноліну виявляються дуже слабо.

б) Розчин KMnO_4 у лужному середовищі при нагріванні швидко знебарвлюється, що обумовлено легкою здатністю до окиснення бензенного ядра конденсованої біциклічної молекули хіноліну (утворюється 2-, 3-піридинкарбонова кислота):

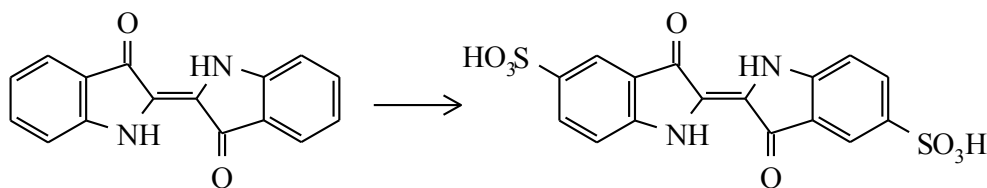


6. Відношення індиго до розчинників

У 4 пробірки вміщують по декілька кристаликів індиго, розтертого у порошок. В одну додають трохи води, в другу - розведену HCl або H_2SO_4 , у третю- розчин NaOH , у четверту - 2,3 мл аніліну або нітробензену. Навіть при нагріванні на киплячій водяній бані індиго розчинюється тільки у четвертій пробірці.

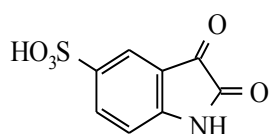
7. Сульфування індиго

До 0,1 г порошку індиго додають 2-3 мл H_2SO_4 і нагрівають до кипіння. Індиго перетворюється у індигосульфофокислоту (індигокармін):



Індигокармін як барвник менш стійкий ніж індиго.

8. Окиснення індигокарміну



Добутий індигокармін розбавляють 2-3 мл води, додають декілька крапель конц. HNO_3 . Спостерігають зміну забарвлення рідини. При дії сильних окиснювачів (HNO_3 , H_2O_2) індигокармін перетворюється у ізатинсульфофокислоту (індиго – у ізатин), які у твердому стані забарвлені у червоний колір, а у розчинах – у жовтий.

Контрольні запитання до лабораторної роботи

1. Фуран, пірол і тіофен в реакції електрофільного заміщення вступають легше, ніж бензен, але деякі з них (які?) для проведення цих реакції потребують використання спеціальних модифікованих реагентів (ацетилнітрат, піридинсульфотриоксид). Поясніть цей факт. Наведіть реакції фурану і піролу з цими реагентами.
2. Порівняйте результат взаємодії піридину і піролу з сильними кислотами на холоді. Чому для піридину не спостерігається осмолення, характерного в цих умовах для піролу?
3. Порівняйте електронну будову піридину і бензену. Чому при відновленні ядра піридину дипольний момент змінюється? Як саме?

Варіант модульного контролю № 3

Тема Будова, номенклатура, методи отримання та хімічні властивості гідроксикислот, амінів, амінокислот та вуглеводів

№	Питання	Кількість балів
1.	Яка з наведених проекційних формул Фішера відповідає D-фруктозі? Скільки стереоізомерів має D-фруктоза: 2, 4, 8, 16?	4
2.	За допомогою яких реагентів можна відрізнити лактозу від сахарози? а) HCl; б) CH ₃ I; в) (CH ₃ CO) ₂ O; г) реактив Фелінга; д) NaOH. Відповідь поясніть.	4
3.	З якими сполуками реагує діізопропіламін? а) HBr; б) NaNO ₂ (в присутності HCl); в) NaOH; г) CH ₃ COCl. Напишіть можливі рівняння реакцій.	4
4.	Скільки дипептидів утворюється при взаємодії лейцину та тирозину: 2, 3, 4, 5, 6. Як отримати тільки один дипептид: Туг-Leu? Яку групу треба захистити в молекулі тирозину та яку – в молекулі лейцину? Наведіть схеми відповідних перетворень.	4
5.	Здійсніть перетворення, дайте назви проміжним і кінцевому продукту. $\text{CH}_3-\text{CH}=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{HBr}} \text{A} \xrightarrow{\text{KCN}} \text{B} \xrightarrow{4[\text{H}]} \text{C} \xrightarrow{\text{HNO}_2} \text{D}$	4
Всього, бали		20

Список використаної літератури

1. Загальний практикум з органічної хімії: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. III-IV рівнів акредитації / В. П. Черних, І. С. Гриценко, М. О. Лозинський [та ін.] – Харків: Вид-во НФаУ; Золоті сторінки, 2003. – 592 с.
2. Руководство к лабораторным занятиям по органической химии: Учебное пособие для вузов / Н. Н. Артемьева, В. Л. Белобородов, С. Е. Зурабян и др.; под ред. Н. А. Тюкавкиной. – М: Дрофа, 2003. – 384 с.
3. Грандберг И. И. Органическая химия. Практические и лабораторные занятия / И. И. Грандберг – М.: Дрофа, 2001. – 352 с.
4. Органикум: в 2-х т. Т.1: Пер. с нем. – М.: Мир, 1992. – 487 с.
5. Черних В. П. Органічна хімія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. П. Черних, Б. С. Зіменковський, І. С. Гриценко. – Харків: Вид-во НФаУ, 2008.- 752 с.
6. Ластухін Ю. О. Органічна хімія. Підручник для вищих навчальних закладів / Ю. О. Ластухін, С. А. Воронов – Львів: Центр Європи, 2006. – 864 с.
7. Грандберг И. И. Органическая химия / И. И. Грандберг – М.: Дрофа, 2002. – 672 с.
8. Терней А. Современная органическая химия / А. Терней – М.: Мир, 1981. – Т.І. 67 с.; Т. II. 651 с.
9. Моррисон Р. Органическая химия / Р. Моррисон, Р. Бойд – М.: Мир, 1974. – 1132 с.
10. Глинская Л. Я. Введение в органическую химию: учебное пособие / Л. Я. Глинская – Одесса: Астропринт, 2006. – 200 с.

Навчальне видання

Федько Надія Федорівна

Ведута Віра Василівна

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

**Методичні вказівки до лабораторного практикуму
для студентів I і II курсів (денного і заочного відділення)
біологічного факультету**

Рівень освіти – перший (бакалаврський)
спеціальність – 091 Біологія;
162 Біотехнології та біоінженерія

В авторській редакції

Підп. до друку. 15.11.2021. Формат 60x84/16.

Умов.-друк. арк. 3,26. Тираж 12 пр.

Зам. № 2359.

Видавець і виготовлювач

Одеський національний університет

імені І. І. Мечникова

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.

Україна, 65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12

Тел.: (048) 723 28 39. E-mail: druk@onu.edu.ua